



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Instituto de Geografia

Vanessa Ingrid Carvalho Saraiva

**Distribuição da Cobertura Pedológica e Mapeamento de Solos Aplicada ao  
Manejo dos Solos em Silva Jardim**

Rio de Janeiro

2021

Vanessa Ingrid Carvalho Saraiva

**Distribuição da Cobertura Pedológica e Mapeamento de Solos Aplicado ao Manejo dos Solos em Silva Jardim**

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Gestão e Estruturação do Espaço Geográfico.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Soares da Silva

Rio de Janeiro

2021

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S243 Saraiva, Vanessa Ingrid Carvalho.  
Distribuição da Cobertura Pedológica e Mapeamento de Solos Aplicado ao  
Manejo dos Solos em Silva Jardim / Vanessa Ingrid Carvalho Saraiva. – 2021.  
295 f. : il.

Orientador: Antonio Soares da Silva.  
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de  
Geografia.

1. Geografia humana – Solos – Silva Jardim (RJ) – Teses. 2. Solos –  
Levantamentos – Silva Jardim (RJ) – Teses. 3. Solos argilosos – Pedologia –  
Teses. 4. Agricultura de Precisão – Aspectos socioeconômicos – Teses. 5. Uso  
e ocupação do solo – Teses. 6. Solos – Manejo – Teses. I. Silva, Antonio Soares  
da. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Geografia. III.  
Título.

CDU 911.3(815.3)

Bibliotecária responsável: Fernanda Lobo / CRB-7: 5265

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese,  
desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Vanessa Ingrid Carvalho Saraiva

**Distribuição da Cobertura Pedológica e Mapeamento de Solos Aplicado ao Manejo dos Solos em Silva Jardim - Rio de Janeiro**

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Gestão e Estruturação do Espaço Geográfico.

Aprovada em 27 de julho de 2021.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Soares da Silva

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Antonio Teixeira Guerra

Departamento de Geografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Monica dos Santos Marçal

Departamento de Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Francisco de Assis Dourado da Silva

Instituto de Geologia - UERJ

---

Prof. Dr. Thiago Gonçalves Pereira

Instituto de Geografia - UERJ

Rio de Janeiro

2021

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta tese a todos os cientistas brasileiros que lutam bravamente para manterem suas pesquisas ativas; à Universidade do Estado do Rio de Janeiro, que me abraçou em todos meus momentos de vida; e, aos mestres que tive ao longo de minha formação e à minha família.

## AGRADECIMENTOS

Começo pelos agradecimentos formais, aos órgãos de fomento e infraestrutura, bases necessárias à qualquer pesquisa. Assim. Agradeço ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, à Universidade do Estado do Rio de Janeiro, ao Instituto de Geografia UERJ e ao Programa de pós-Graduação em Geografia da UERJ, e ao PPGG (UFRJ), e, seus funcionários, que lutam na base para que possamos concluir nossa pesquisa, incluo desde os funcionários de limpeza, segurança, administrativo, técnicos e professores e pesquisadores envolvidos nesta pesquisa.

Assim sendo, aprendi com meu amado Prof. Dr Miguel Ângelo Ribeiro (IBGE / IGEO-UERJ) em sua disciplina de metodologia de pesquisa, que tão importante quanto a elaboração da sua justificativa de pesquisa, é o espaço de agradecimento, elaborado para que, de acordo com a vontade do próprio autor, ele fale de forma aberta sobre sua gratidão e o sobre o que movimenta um pesquisador em sua pesquisa.

Aprendi com Rafael Straforini, André Novaes e Hugo Soares quando ainda faziam sua própria tese, que tese não se termina, se abandona. Sim, é verdade, a vontade é de eternamente depurar o texto e fazer novas análises. Ao mesmo tempo temos prazos, questões financeiras, e o desejo do novo grau, todos estes fatores muito misturados em um balaio. Gratidão professores, pois esta tese, enquanto tese, é abandonada, mas já ganhou corpo como projeto de pesquisa do próprio Instituto de Geografia (UERJ) e do Grupo de Estudo de Solos Tropicais (GESOLT-UERJ). Portanto, fecho este momento para que os novos olhares possam seguir com o projeto.

A gratidão maior, é à geografia, seu escopo de ensino e aos trabalhadores rurais. Apesar de trabalhar com dados de solos, não fazia ideia do que era lidar na ponta, com o produtor e o trabalhador rural. Essa pesquisa trouxe alento a produtores, gerou debates com pessoas sequer alfabetizadas, com o campo filosófico, com o método científico puro, e, com a prática do dia a dia do campo. Isso gerou uma proximidade emocional, sem igual, com a temática dos solos, da segurança alimentar, da própria geografia e por fim, do nosso papel como cientistas naturais. Espero sair melhor cientista, melhor professora, espero poder seguir em debates com trabalhadores rurais, profissionais técnicos e Professores Doutores.

Venho de família imigrante do interior do Ceará, meu avô, viveu e morreu cuidado da sua terra e dos seus gados. E, a este campo retorno, tendo nascido no Rio de Janeiro. Que caminhos a vida tem... Que eu faça honras ao meu legado familiar e científico do entendimento da natureza e dos solos, enquanto geógrafa, no Brasil.

Agradeço ao Universo, Deus e vida, por me guiar por caminhos que eu não compreendo, mas, sempre me levam a glorificar tamanha beleza, de nosso país, e, de nosso mundo. Obrigada família por tentar entender, abrigar, ou enlouquecer comigo, nessa viagem que é fazer ciência no Brasil. Cito nomes, pois a eles cabem todas as linhas que foram escritas da tese: Sávio (pai), Vera e Pereira (mãe e padrasto), Hyeres (sogra), Manoel (sogro), Jefferson (marido, e co-leitor da tese, aulixar emocional e teórico da minha vida), Raisia (irmã), Iris (cunhada), Paula (cunhada), Thiago (cunhado), Alexandre (Cunhado), Vanessa (cunhada), Daniel (cunhado).

Aos amigos de alma, que escolheram estar ao meu lado, por vontade própria: Bruna (comadre), Tiago (compadre), Denise (comadre), Shaula (Irmã de alma), Carol (comadre), Antonio (compadre, parte amigo de alma, parte orientador), Monica Marçal (primeira a acolher, no papel de orientadora, minha maternidade) , amigos gerais (sim, estou falando dos amigos do GESOLT-UERJ) e amigos do Templo Espiritualista Saint Martin de Tours (sempre uma enorme torcida). E por fim falo de minha filha, pois não há patamar, para agradecer, a maior razão de eu viver, ao meu maior amor. Aquela que trouxe toda complexidade de ser cientista, pós-graduanda e mãe. Obrigada filha, e, mais uma vez, obrigada base de apoio, por me ajudar, nessa dinâmica financeira e logística que é ser mãe cientista no Brasil, em especial, ao meu marido, mais uma vez, pela parceria e desconstrução do seu papel de homem e pai . Queria agradecer ao corpo técnico que cuidou da minha saúde física e mental, em especial Layla e Adriano e Bernardo que estiveram comigo nos bons e maus momentos deste templo carnal que habito.

Agradeço ao meu orientador Antonio Soares pelo cuidado, carinho e esforço comigo durante a construção da temática, por embarcar comigo no campo e no amor pela Geografia e Ciência do Solo, a minha orientadora simbólica de coração, Monica Marçal, que me disse que eu poderia ser a pesquisadora que eu quisesse (mesmo eu estando grávida). Eliane Guedes (MUSEU NACIONAL – UFRJ) que dividiu comigo os amores e sabores de ser mãe cientista. Ao corpo do LAGEFIS, (Laboratório de Geografia Física – UERJ), ao Prof. Dr. Francisco, da Geologia e Talissa (grande pesquisadora), pela ida a campo e empréstimo nas sondagens de GPR (Groun Raddar Penetretion), que veio a mil reuniões tendo paciência para me explicar os resultados. Aos meus orientandos pela confiança que depositam na continuação deste projeto (Luciana, Roberto e Giuliano). Ao professor Thiago Pereira (Geografia UERJ) pelo levantamento dos dados aeroespaciais. Por fim, agradeço, ao Grupo PET (Programa de Educação Territorial – MEC) por me tornar a geógrafa ávida pelo saber que eu sou, um salve

ao tutor Miguel Ângelo Ribeiro, nossas leituras de Alberto Lamago e Milton Santos junto a todos os amigos da época.

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.

*Madre Teresa de Calcutá*

## RESUMO

SARAIVA, Vanessa Ingrid Carvalho. **Distribuição da Cobertura Pedológica e Mapeamento de Solos aplicadas a Agricultura e Manejo dos Solos em Silva Jardim - Rio de Janeiro**. 2021. 295 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

A maior parte dos solos do mundo foram desenvolvidos sob cobertura florestada, mas a partir do final de 1700 (revolução industrial) a queima de carvão provocou uma modificação nas formas de se utilizar os solos, agora escavados, minerados e ocupados. Com o crescimento das cidades se tornou necessária a intensificação do desmatamento, a fim de ceder novas áreas para estas cidades (BLUM, 2018). O objetivo geral do presente trabalho foi identificar e mapear os tipos de solos, a partir de topossequências, em uma fazenda, situada no município de Silva Jardim, elaborando mapa de solos (1:10.000) e mapa de unidades produtivas. Para isto foi escolhida a fazenda Dom Bosco, onde foram analisadas sequências de solos a partir de um transecto, com a abertura de 9 trincheiras de solo, respeitando as posições de topo de vertente, meio da vertente e base da vertente. A caracterização morfométrica, imageamento foi realizado por VANT e GNSS, o que possibilitou a elaboração de uma série de mapas de caracterização. O ortofotomosaico gerado apresentou alta resolução, nele foi possível identificar culturas agrícolas e usos. Os estudos acerca dos diferentes usos da fazenda são complexos, toda esta área inicialmente foi desmatada, se estabelecendo a cultura de cítricos, posteriormente estas áreas cedem espaço para o estabelecimento de pastagens, muitas vezes degradadas. A caracterização da morfometria da fazenda revela colinas suave onduladas, de altitude entre 3 metros e 65 metros, com 88% da declividade variando entre 3% até 45%. Pode ser observado as áreas de planície, influenciadas pelo esquema da drenagem local até a Represa de Juturnaíba. Interessante observar também que 32% das áreas apresenta a declividade de 20% a 45%, ou seja, apesar de serem de baixa altimetria, uma parte destas colinas apresentam uma declividade mais elevada, o que requer um entendimento e tratamento diferenciado nestas áreas que somados aos solos do tipo Argissolos se tornam altamente suscetíveis a erosão. Quando a curvatura das vertentes, a maior parte desta (60%) apresentam padrão retilíneo. Os solos da fazenda seguem o padrão claro de sequência de Argissolos e solos hidromórficos na base de suas vertentes se estendendo até as planícies. A micromorfologia apontam para horizontes A de conteúdos misturados com materiais subsuperficiais, sendo conceituado como Horizonte Ap. A presença de cutãs foi notada em diversos horizontes Bt. O mapa de solos mostra a predominância de Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Amarelos e Gleissolos. Foram definidas e mapeadas 7 unidades produtivas que substituem o esquema de glebas de produção, antes adotado na fazenda. Espera-se que o mapeamento de unidades produtivas possa auxiliar a gestão das produções agrícolas, bem como o manejo dos solos, evitando sua degradação. Assim esta área de estudo pode ser um exemplo para outras áreas da região.

Palavras-chave: Levantamento de Solos. Agricultura de Precisão. Mapa de Solos. Pedologia, Silva Jardim, Argissolos

## ABSTRACT

SARAIVA, Vanessa Ingrid Carvalho. **Distribution of Pedological Coverage and Soil Mapping applied to Agriculture and Soil Handling at Silva Jardim - Rio de Janeiro.** 2021. 295 f.. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

Most of the soils in the world were developed under forest cover, but from the end of the 1700s (industrial revolution) the burning of coal caused a significant change in the way to use the soils, now excavated, mined and occupied. With the cities growing, it became necessary to intensify deforestation in order to provide new areas for these cities (BLUM, 2018). The general objective of the present work was to identify and map the types of soils, using toposesquences, in a farm, located in the city of Silva Jardim, preparing soil mapping (1:10.000) and productive units mapping. For this, the Dom Bosco farm was chosen, where soil sequences from a transect were analyzed, with the opening of 9 soil trenches, respecting the positions of slope top, slope middle and slope base. Morphometric data and agricultural use were collected from the use of UAV and GNSS; which made possible to create a series of characterization maps. The orthophotomosaic generated has presented high resolution, it was possible to identify different agricultural cultures and uses. Studies on the different uses of the farm are complex, this entire area was initially deforested, with citrus culture being established, and later these areas gave up space to pasture, much of them degraded. The farm morphographic characterization reveals gently undulating hills, with an altitude between 3 meters and 65 meters, with 88% of the declivity varying from 3% to 45%. Plain areas can be observed, influenced by the local drainage scheme up to the Dam of Juturnaíba. It is interesting to note also that 32% of the areas have a slope of 20% to 45%, meaning that despite of being considered low altitude, a part of these hills have a higher slope, which requires an understanding and differentiated treatment in these areas that together to Argisil-type soil become highly susceptible to erosion. As per the slopes curve, most of it (60%) presents a straight pattern. The farm's soils follow the clear sequence pattern of Ultisols and hydromorphic soils at the base of their slopes extending to the plains. Micromorphology points to A horizons with contents mixed with subsuperficial materials, being called Ap horizon. Cutan presence was noted at several Bt horizons. Soil mapping shows predominancy of RO mapa de solos mostra a predominância de Red-Yellow argisil, yellow argisil and gleisil. It were defined and mapped 7 productive units that replace the production tract scheme, previously used at the farm. It is expected that the productive units mapping carried out may help agricultural production management, as well as soil handling, avowing its degradation. This way, this study area can be set as an example for other areas in the region.

Keywords: Soil Survey. Precision agriculture. Soil Map.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Mapa de localização da área de estudo.....	33
Figura 2 –	Fotos da região hidrográfica Lagos – São João.....	35
Figura 3 –	Mapa da fazenda Dom Bosco.....	37
Figura 4 –	Fotos da fazenda Dom Bosco.....	38
Figura 5 –	Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira.....	40
Figura 6 –	Seção estrutural da orogenia Ribeira.....	41
Figura 7 –	Mapa geológico da região hidrográfica Lagos – São João.....	45
Figura 8 –	Mapa de Geomorfologia da região hidrográfica Lagos – São João.....	47
Figura 9 –	Perfil topográfico no domínio suave colinoso.....	48
Figura 10 –	Mapa de solos da região hidrográfica Lagos – São João.....	52
Figura 11 –	Mapa de solos com destaque da área colinosa.....	53
Figura 12 –	Distribuição das precipitações na região hidrográfica Lagos - São João...	55
Figura 13 –	Dados de pluviosidade da estação Gaviões - Silva Jardim.....	56
Figura 14 –	Dados de pluciosidade da estação Defesa Civil - Silva Jardim /RJ.....	57
Figura 15 –	Mapa de uso e ocupação das terras.....	62
Figura 16 –	Imagem de satélite do ano de 2005 da fazenda Dom Bosco.....	64
Figura 17 –	Imagem de satélite do ano de 2018 para fazenda Dom Bosco.....	65
Figura 18 –	Treinamento da AGROBALI com catadores e recicladores.....	66
Figura 19 –	Topossequência fazenda Marambaia.....	79
Figura 20 –	Implantação das tradagens ao longo de um Topossequencia.....	80
Figura 21 –	Exemplos de imagens obtidas em microscopia, em luz polarizada.....	84
Figura 22 –	Exemplo de um dos primeiros mapeamentos de solos brasileiros.....	87
Figura 23 –	Comparação entre as escalas 1:100.000 e 1:250.000 na sub-bacia do Córrego do Riachão – Rio de Janeiro.....	89
Figura 24 –	Mapa de Produtividade; mapa do tamanho dos frutos ; e lotes e quadras georreferenciadas .....	95
Figura 25 –	Distribuição espacial do acréscimo da altura da planta (cm), para parcela I, silvicultura de precisão, referente ao intervalo de um ano (01/03/03 a 01/03/04).....	97
Figura 26 –	Mapa de produtividade.....	98

Figura 27 – Imagem de divulgação de documentário sobre a importância do solo e de repensar a agricultura.....	98
Figura 28 – Isolinhas de argila no experimento da Guiana Francesa.....	100
Figura 29 – Tipos de fotografias aéreas.....	104
Figura 30 – Fluxograma das etapas metodológicas.....	107
Figura 31 – Localização do perfil traçado na fazenda Dom Bosco e seus seguimentos.....	110
Figura 32 – Perfil topográfico e a localização das trincheiras.....	111
Figura 33 – Exemplo do padrão das trincheiras abertas, imagem da trincheira 6.....	112
Figura 34 – Trincheira de número 1 com os horizontes e suas transições demarcadas em campo.....	113
Figura 35 – VANT em operação na fazenda.....	115
Figura 36 – Marcação dos Pontos utilizados no aparelho GNSS.....	115
Figura 37 – Exemplo de uma imagem realizada pelo VANT na fazenda.....	116
Figura 38 – Análise de granulometria (método da pipeta) no Laboratório de Geografia Física – UERJ.....	122
Figura 39 – Coleta de amostra de micromorfologia no solo estudado na trincheira 5..	123
Figura 40 – Imagem das lâminas da trincheira 1, após digitalização.....	124
Figura 41 – Análise das lâminas delgadas no Laboratório de Petrografia UERJ.....	125
Figura 42 – Campo de verificação e validação dos dados de solos da Fazenda Dom Bosco em julho de 2020.....	131
Figura 43 – Distribuição dos pontos do campo de averiguação e validação dos dados.....	132
Figura 44 – Levantamento aéreo realizado pelo VANT.....	138
Figura 45 – Gráfico de usos e cultivos na área da fazenda Dom Bosco para o ano de 2005.....	141
Figura 46 – Mapa de usos e cultivos 2005.....	142
Figura 47 – Gráfico de percentual de ocupação das classes de uso e cultivo no ano de 2020.....	144
Figura 48 – Mapa de usos e cultivos de 2020.....	146
Figura 49 – Exemplo de um perfil topográfico no segmento 1 da fazenda.....	148
Figura 50 – Gráfico da representatividade espacial de cada classe de altimetria.....	150
Figura 51 – Mapa de altitude da fazenda Dom Bosco.....	151

Figura 52 –	Mapa de curva de nível da fazenda Dom Bosco.....	152
Figura 53 –	Gráfico da distribuição em % das classes de declividade da fazenda Dom Bosco.....	154
Figura 54 –	Mapa de declividade da fazenda Dom Bosco (%).....	155
Figura 55 –	Representatividade espacial do padrão de vertente da fazenda Dom Bosco.....	157
Figura 56 –	Mapa de padrão de vertente (curvatura) da fazenda Dom Bosco.....	158
Figura 57 –	Gráfico da média de temperatura e total de precipitação (ano de 2016) – estação do caju, Silva Jardim.....	160
Figura 58 –	Gráfico da média de temperatura e total de precipitação (ano de 2017) – estação do caju, Silva Jardim.....	161
Figura 59 –	Gráfico da média de temperatura e total de precipitação (ano de 2018) – estação do caju, Silva Jardim.....	162
Figura 60 –	Gráfico média de temperatura e total de precipitação (ano de 2019) – estação do caju, Silva Jardim.....	163
Figura 61 –	Mapa de orientação de vertentes da fazenda Dom Bosco.....	164
Figura 62 –	Gráfico de orientação das vertentes da fazenda Dom Bosco.....	165
Figura 63 –	Mapa de exposição solar (ano de 2019) da fazenda Dom Bosco.....	167
Figura 64 –	Perfil Topográfico com a identificação das trincheiras, topossequências e segmentos na fazenda Dom Bosco.....	201
Figura 65 –	Perfis identificados nas trincheiras de solos ao longo da seção transversal na fazenda Dom Bosco.....	202
Figura 66 –	Topossequência de solos da fazenda Dom Bosco.....	209
Figura 67 –	Imagens das lâminas da trincheira 1.....	211
Figura 68 –	Imagens das lâminas da trincheira 2.....	215
Figura 69 –	Imagens das lâminas da trincheira 4.....	218
Figura 70 –	Imagens das lâminas da trincheira 5.....	222
Figura 71 –	Imagens das lâminas da trincheira 6.....	226
Figura 72 –	Imagens das lâminas da trincheira 8.....	230
Figura 73 –	Imagens das lâminas da trincheira 9.....	233
Figura 74 –	Mapa de Solos da Fazenda Dom Bosco.....	238
Figura 75 –	Gráfico de distribuição dos solos na fazenda Dom Bosco.....	239
Figura 76 –	Fotos de exemplos em áreas de Argissolo Vermelho-Amarelo.....	246
Figura 77 –	Fotos de exemplos em áreas de Argissolos.....	249
Figura 78 –	Fotos de exemplos em áreas de Gleissolos.....	251

Figura 79 –	Fotos de exemplos em áreas de Gleissolos Melânicos.....	252
Figura 80 –	Distribuição dos pontos de validação do Mapa de Solos da Fazenda 2000.....	256
Figura 81 –	Reunião final de definição das unidades produtivas.....	258
Figura 82 –	Gráfico de distribuição das Unidades produtivas.....	259
Figura 83 –	Área de Argissolos Amarelos – fazenda Dom Bosco (ano de 2020).....	260
Figura 84 –	Mapa de Unidade produtiva da fazenda Dom Bosco.....	262
Figura 85 –	Oficina de sufocalda sob orientação da EMATER-RIO.....	264

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Tipos de mapeamentos e faixas de observação por área.....	88
Quadro 2 –	Unidades básicas de referência em mapeamento de solos.....	91
Quadro 3 –	Escala dos níveis de organização pedológica.....	91
Quadro 4 –	Dados elaborados a partir do levantamento via VANT e GNSS.....	117
Quadro 5 –	Unidades de mapeamento agrícola.....	118
Quadro 6 –	Classes de declividade utilizadas para os mapeamentos de solo da EMBRAPA.....	119
Quadro 7 –	Classificação da curvatura.....	120
Quadro 8 –	Cálculo da orientação da vertente.....	121
Quadro 9 –	Quadro de camadas e siglas adotadas para identificação das camadas....	126
Quadro 10 –	Exemplo da legenda do mapa de solos.....	130
Quadro 11 –	Unidades produtivas da fazenda Dom Bosco.....	136
Quadro 12 –	Tabela de dados climáticos gerais por ano e média – Estação Caju (Silva Jardim).....	159
Quadro 13 –	Descrição morfológica da trincheira 1.....	170
Quadro 14 –	Descrição por perfil do solo da trincheira 2.....	173
Quadro 15 –	Descrição morfológica da trincheira 3.....	176
Quadro 16 –	Descrição morfológica da trincheira 4.....	179
Quadro 17 –	Descrição morfológica da trincheira 5.....	183
Quadro 18 –	Descrição morfológica da trincheira 6.....	187
Quadro 19 –	Descrição morfológica trincheira 7.....	190
Quadro 20 –	Descrição morfológica trincheira 8.....	193
Quadro 21 –	Descrição morfológica trincheira 9.....	197
Quadro 22 –	Camadas identificadas na topossequência 1.....	203
Quadro 23 –	Camadas identificadas na topossequência 2.....	205
Quadro 24 –	Camadas identificadas na topossequência 3.....	206
Quadro 25 -	Camadas identificadas na topossequência 4.....	207
Quadro 26 –	Micromorfologia da trincheira 1, primeira parte.....	212
Quadro 27 –	Micromorfologia da trincheira 1, segunda parte.....	213
Quadro 28 –	Micromorfologia da trincheira 1, terceira parte.....	214

Quadro 29 –	Micromorfologia da trincheira 2.....	217
Quadro 30 –	Micromorfologia da trincheira 4, primeira parte.....	220
Quadro 31 –	Micromorfologia da trincheira 4, segunda parte.....	221
Quadro 32 –	Micromorfologia do trincheira 5, primeira parte.....	224
Quadro 33 –	Micromorfologia da trincheira 5, segunda parte.....	225
Quadro 34 –	Micromorfologia da trincheira 6, primeira parte.....	228
Quadro 35 –	Micromorfologia da trincheira 6, segunda parte.....	229
Quadro 36 –	Micromorfologia da trincheira 8.....	232
Quadro 37 –	Micromorfologia da trincheira 9, primeira parte.....	235
Quadro 38 –	Micromorfologia da trincheira 9, segunda parte.....	236
Quadro 39 –	Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco – Argissolos Vermelho-Amarelos (parte 1 – continua).....	241
Quadro 40 –	Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco – Argissolos Vermelho-Amarelos (parte 2 – continua).....	245
Quadro 41 –	Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco – Argissolos Amarelos, primeira parte.....	247
Quadro 42 –	Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco – Argissolos Amarelos, segunda parte.....	248
Quadro 43 –	Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco – Gleissolos, primeira parte.....	250
Quadro 44 –	Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco – Gleissolos, segunda parte.....	250
Quadro 45 –	Pontos de observação extra versus o observado no mapeamento (Continua).....	254
Quadro 46 –	Principais características levantadas para cada unidade produtiva.....	261
Quadro 47 –	Indicações produtivas e de manejo de cada unidade produtiva da fazenda Dom Bosco.....	267
Quadro 47 –	Quadro de descrição das camadas da topossequência identificadas nas trincheiras.....	320

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Área das classes de uso identificadas em imagem de satélite para o ano de 2005.....	36
Tabela 2 –	Área das classes de uso identificadas em imagem de satélite para o ano de 2005.....	140
Tabela 3 –	Classes de Usos e Cultivos na fazenda Dom Bosco (2020).....	143
Tabela 4 –	Classes de altitude da fazenda Dom Bosco.....	149
Tabela 5 –	Classes de declividade e suas áreas mapeadas na fazenda Dom Bosco....	153
Tabela 6 –	Padrão de vertente (curvatura) da fazenda Dom Bosco.....	156
Tabela 7 –	Dados físico-químicos trincheira 1.....	171
Tabela 8 –	Dados físico-químicas trincheira 2.....	174
Tabela 9 –	Dados físico-químicos trincheira 3.....	177
Tabela 10 –	Dados físico-químicos trincheira 4.....	180
Tabela 11 –	Dados físico-químicos trincheira 5.....	184
Tabela 12 –	Dados físico-químicos trincheira 6.....	188
Tabela 13 –	Dados físico-químicos trincheira 7.....	191
Tabela 14 –	Dados físico-químicos trincheira 8.....	194
Tabela 15 –	Dados físico-químicos trincheira 9.....	198

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABA	Associação Brasileira de Aerodelismo
ABIO	Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro
AgROBALI	Associação dos Agricultores Orgânicos das Baixadas Litorâneas e Adjacências do Estado do Rio de Janeiro
ANA	Agência Nacional das Águas
AP	Agricultura de Precisão
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Proteção Permanente
ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
DGPS	<i>Differential Global Positioning System</i>
EMATER-RIO	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio de Janeiro
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia e Ambiente
GESOLT	Grupo de Estudos em Solos Tropicais
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
IAC	Instituto Agrônomo de São Paulo
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGEOG	Instituto de Geografia
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INEPAC	Instituto Estadual do Patrimônio Cultural
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
IPP	Instituto Pereira Passos
IWGSM	Grupo de Trabalho Internacional sobre Micromorfologia do Solo
LAGESOLOS	Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos
LGPA	Laboratório de Geológico de Processamento de Amostra
PPP	Posicionamento de Ponto Preciso
PronaSolos	Programa Nacional de Solos do Brasil

RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas
RJ	Rio de Janeiro
SEBRAE-RJ	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio de Janeiro
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SLCS	Sociedade Latinoamericana de Ciência do Solo
SiBICS	Sociedade Brasileira de Solos
SP	São Paulo
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UNIRIO	Universidade Federal do Estado Rio de Janeiro
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
>	Maior que
<	Menor que
Ca <sup>2+</sup>	Cálcio
Mg <sup>2+</sup>	Ion de Magnésio
K <sup>+</sup>	Potássio
H <sup>+</sup>	Cátion de Hidrogênio
H <sub>2</sub> O	Molécula da água
K <sub>2</sub> O	Óxido de Potássio
M <sup>2</sup>	Metros quadrados
Km <sup>2</sup>	Kilometros quadrados
°	Graus
dam	Decâmetro
mL	Mililitro
cm	Centímetro
cm <sup>3</sup>	Centímetros cúbicos
mm	milímetros
µm	Micrometro

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	23
1	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	29
2	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	31
2.1	<b>Objetivos específicos</b> .....	31
3	<b>ÁREA DE ESTUDO</b> .....	32
3.1	<b>Situação, limites e localização</b> .....	32
3.2	<b>Caracterização Ambiental e do uso das terras</b> .....	39
3.2.1	<u>Contexto geológico</u> .....	39
3.2.2	<u>Contexto geomorfológico</u> .....	46
3.2.3	<u>Distribuição e características pedológicas</u> .....	50
3.2.4	<u>Aspectos climáticos gerais</u> .....	54
3.2.5	<u>Características Gerais e histórico de Ocupação e Uso da Terra</u> .....	57
3.2.5.1	Uso e ocupação das terras da região hidrográfica Lagos - São João .....	58
3.2.6	<u>Breve histórico da ocupação da fazenda Dom Bosco e sua relação com o início da produção orgânica na região</u> .....	63
4	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	68
4.1	<b>Evolução dos conhecimentos pedológicos</b> .....	68
4.1.1	<u>Solos como objeto de estudo</u> .....	68
4.1.2	<u>Sistemas pedológicos e solos tropicais</u> .....	71
4.1.3	<u>Relação solo e relevo</u> .....	74
4.1.4	<u>Análise da cobertura pedológica</u> .....	78
4.2	<b>Micromorfologia de solos e suas aplicações para estudos pedológicos</b> .....	83
4.3	<b>Evolução dos mapeamentos de solos</b> .....	86
4.4	<b>Mapeamento de solos na agricultura de precisão e suas aplicações</b> .....	93
4.5	<b>Uso das geotecnologias e sensoriamento remoto no mapeamento de solos e levantamento topográfico</b> .....	100
5	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	106
5.1	<b>Levantamento de campo e coleta de solos</b> .....	108
5.1.1	<u>Área de estudo: seleção, desenho do transecto e coleta de solos</u> .....	108
5.1.1.1	Escolha da área de pesquisa, transecto e trincheiras de solos levantadas.....	108

5.1.2	<u>Descrição e coleta de dados de solos nas trincheiras.....</u>	112
5.2	<b>Levantamento Topográfico e Imageamento via VANT e GNSS combinados.</b>	114
5.2.1	<u>Levantamento de dados em campo.....</u>	114
5.2.2	<u>Processamento de dados em laboratório.....</u>	116
5.2.3	<u>Levantamento do uso e ocupação do solo adaptado para propriedades rurais – Mapa de Uso e Cultivo do Solo</u>	118
5.2.4	<u>Extração de dados morfométricas: Declividade e Modelo de Curvatura.....</u>	119
5.2.5	<u>Geração dos mapeamentos de orientação da vertente e exposição solar.....</u>	120
5.3	<b>Análises físico-químicas das amostras coletadas.....</b>	121
5.4	<b>Análises micromorfológicas das amostras coletadas: preparação e interpretação.....</b>	123
5.5	<b>Elaboração da topossequência de solos.....</b>	125
5.6	<b>Mapeamento dos solos.....</b>	126
5.6.1	<u>Mapeamento de solos – fase 1.....</u>	126
5.6.2	<u>Mapeamento de solos – fase 2.....</u>	130
5.7	<b>Construção e elaboração das Unidades produtivas.....</b>	133
6	<b>RESULTADOS.....</b>	137
6.1	<b>Levantamento geoespacial.....</b>	137
6.1.1	<u>Imageamento por VANT.....</u>	137
6.1.2	<u>Usos e cultivos da fazenda Dom Bosco.....</u>	139
6.1.3	<u>Levantamento da morfometria da fazenda Dom Bosco.....</u>	147
6.2	<b>Análise das principais variáveis climáticas locais na fazenda Dom Bosco.....</b>	159
6.2.1	<u>Análise das principais variáveis climáticas locais na fazenda Dom Bosco: análise da temperatura e pluviosidade.....</u>	159
6.2.1.1	Análise das principais variáveis climáticas locais na fazenda Dom Bosco: orientação da vertente e exposição solar.....	159
6.3	<b>Descrição dos solos e análises físicoquímicas.....</b>	168
6.4	<b>Topossequências de Solos.....</b>	199
6.4.1	<u>Topossequência de solos da fazenda Dom Bosco: descrição e caracterização das camadas identificadas.....</u>	203
6.5	<b>Micromorfologia de solos.....</b>	210
6.6	<b>Mapa de Solos.....</b>	237
6.6.1	<u>Apresentação e descrição do mapa de solos da fazenda Dom Bosco.....</u>	237

6.6.2	<u>Acuidade e validação do mapa de solos.....</u>	253
6.7	<b>Mapa de Unidades produtivas .....</b>	257
6.7.1	<u>Apresentação e caracterização das unidades produtivas.....</u>	257
6.7.2	<u>Produção agrícola e manejo das unidades produtivas orgânicas.....</u>	263
7	<b>DISCUSSÃO DOS DADOS GERADOS.....</b>	268
7.1	<b>Discussão do levantamento Geoespacial.....</b>	268
7.2	<b>Discussão dos Solos: levantamento em perfil, topossequência e micromorfologia dos solos da fazenda Dom Bosco.....</b>	270
7.3	<b>Mapeamento de Solos e Unidades produtivas: potencialidades e desafios.....</b>	272
8	<b>CONCLUSÕES.....</b>	274
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	277

## INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural de grande importância para os seres humanos e fundamental para atender as necessidades do contínuo crescimento populacional. Apesar de ser um recurso natural único, normalmente nossa sociedade não pensa muito sobre o terreno que os sustenta (GEOGHEGAN-QUINN e PIEBALGS, 2015). De acordo com a Sociedade Latinoamericana de Ciência do Solo (SLCS) existe uma falta de conhecimento geral dos cidadãos, tanto no que se refere aos recursos naturais da América Latina, quanto ao valor dos mesmos (ORIHUELA e SÁNCHEZ, 2015).

Quando observado em escalas de detalhe, até mesmo uma pequena porção de solo possui expressiva heterogeneidade mineral e biológica, em processo dialético, este movimento recicla e transforma os nutrientes originados nos substratos minerais. Permitindo assim que o solo desempenhe a função de grande substrato de sustentação a existência da vida, desde as formas microscópicas, até a megafauna e flora.

Os mecanismos associados à formação dos solos possuem relevante papel na preparação do material mineral, para que os organismos possam de fato evoluir na sua plenitude, disponibilizando nutrientes, e preparando o meio físico poroso. Permitindo desenvolvimento de um ecossistema singular (AZEVEDO *et al.*, 2007).

O papel do solo na produção de biomassa foi reconhecido desde os primórdios pela humanidade. O conhecimento sobre solos começou durante a transição entre a sociedade coletores e caçadores e as sociedades que basearam seu desenvolvimento na agricultura. Na idade do Bronze (entre 3.000 AC e 1.200 AC) surgiram as primeiras ferramentas mais elaboradas para o auxílio na lida com a terra, tais como a invenção do arado (BLUM *et al.*, 2018).

O solo teve e tem centralidade para a humanidade no desenvolvimento econômico de grandes cidades, dentre as civilizações mais antigas, o solo é venerado como importante entidade, neste sentido, as tentativas de mapeamento e categorizações dos tipos de solos se iniciaram há 4.000 anos (GONG *et al.*, 2003; AZEVEDO *et al.*, 2007). Porém, o histórico de degradação dos solos é intenso, sobretudo com o advento da revolução industrial e crescimento das cidades. De acordo com Montgomery *et al.* (2007), a principal lição histórica é simples e clara: a sociedade moderna corre o risco de repetir os erros que apressaram o fim de civilizações passadas quando não respeita seus solos (MONTGOMERY, 2007).

Dados sobre a perda e poluição dos solos ao redor do mundo são cada vez mais alarmantes (BLUM, 2018). A maior parte dos solos foram desenvolvidos sob cobertura florestada, mas a partir do final de 1700 (revolução industrial) a queima de carvão provocou uma modificação significativa nas formas de se utilizar os solos, agora escavados e minerados. Com o crescimento das cidades se tornou necessária a intensificação do desmatamento, a fim de ceder novas áreas para estas cidades (BLUM, 2018). Para alguns teóricos, estas mudanças configuram uma das chaves do chamado “Antropoceno”, uma nova divisão geológica onde o papel humano nas mudanças do ambiente natural é fundamental (CRUTZEN, 2002; LUZ E MARÇAL, 2016).

Cálculos feitos por Pimentel (1998), sobre a perda de solos, estimam que, todos os anos, cerca de  $12 \times 10^6$  ha de terras aráveis são incapacitadas de utilização agrícolas e/ou pastoris. Lepsch (2007) avaliou que, para o ano de 2001, foram transportados, apenas pela erosão hídrica, cerca de 1 bilhão de toneladas de materiais provenientes de áreas agrícolas.

Esta perda se torna preocupante quando relacionada com a necessidade alimentar básica humana, pois para fornecer alimentos com qualidade para a humanidade é necessário, em média, 0,5 ha per capita de área disponível (agricultável). Portanto é indispensável manter a produtividade e longevidade das culturas, a partir do manejo dos solos já em utilização (PIMENTEL, 1998).

Dentro deste debate entre a perda de solos e a necessidade de produzir alimentos, se deu início a preocupação com a qualidade e disponibilidade dos solos no futuro, estabelecendo e popularizando o termo “Segurança Alimentar”.

A erosão dos solos acelerada inclui, não somente, aspectos da capacidade produtiva dos solos, mas também seu impacto e degradação completa de solos e ambientes onde estes estão inseridos. Dentro desta perspectiva, buscando compreender a erosão, mecanismos de mitigação, e seu impacto no ambiente, sobretudo no Brasil, Guerra e Jorge (2021) mostram a importância deste debate, onde se tem o Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos (LAGESOLOS) completando 25 anos de estudos de erosão no Brasil (desde 1994 até 2019).

O papel dos solos, bem como, da erosão destes, nas emissões de gás carbônico mundiais, vem sendo amplamente debatida. Lal (2004) salienta que os solos tem gerado um incremento de gás carbônico na atmosfera. E, já que, em média, o solo possui 3 vezes mais de gás carbônico  $\text{CO}_2$ , do que, a atmosfera, para este autor, a observação e mudança dos padrões

de produção agrícolas atuais são fundamentais no debate do aumento do gás carbônico na atmosfera.

Conhecer os solos, seu funcionamento, e manutenção da qualidade, se torna fundamental. Apesar de todo esse debate, o mapeamento dos solos caminha lentamente em toda América Latina. Os levantamentos de solos em maior escala de detalhe, são capazes de elucidar a distribuição e o comportamento dos solos em nível local para cada país, cidade ou área estudada. Porém, dados do projeto Euroclima, para os solos da América Latina, apontam que somente Cuba, de todos os países que compõem a América Latina, possui todo seu território mapeado na escala de 1:25.000 (GARDI *et al.*, 2015). A realidade dos demais países é de um mapeamento dos solos mais escasso, focado na maior parte das vezes, em algum tipo de mapeamento de detalhe das áreas agrícolas (GARDI *et al.*, 2015).

No Brasil, em termos de mapeamento dos solos, se destacam os mapeamentos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) nos levantamentos de solos dos estados: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima e Tocantins. Este órgão segue disponibilizando outros mapeamentos em escala de 1:100.000, até Brasil ao Milionésimo, que podem ser acessados em seu site “[www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia.html](http://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia.html)”. Um programa se destaca, neste sentido, num esforço da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), foi elaborado um portal *online* chamado PronaSolos (Programa Nacional de Solos do Brasil) que reúne um acervo de 30.000 registros, entre artigos, teses, livros folhetos, mapas, atlas, periódicos nacionais e internacionais (<https://www.embrapa.br/pronasolos>).

Para o estado do Rio de Janeiro, se tem mapeamento de solos em escala de 1:250.000 (CARVALHO FILHO *et al.*, 2003). Este tipo de levantamento, atende demandas de planejamentos regionais para o estado, mas é inapropriado para análises e planejamentos locais (cidades, propriedades, ou parques das diversas categorias). Dentro deste contexto a capital, cidade do Rio de Janeiro, possui mapa de solos na escala de 1:50.000, disponibilizados pelo Instituto Pereira Passos – IPP. No entanto, outros municípios, inclusive os que apresentam maior importância na atividade agropecuária, contam na maior parte das vezes com mapa de solos na escala de 1:250.000, no geral.

Algumas áreas em especial, possuem levantamento de solos em maior detalhe, quando comparada a dados do estado, como por exemplo as cartas de solos de Silva Jardim e Casemiro de Abreu (na escala 1:100.000), tratando inclusive do problema da erosão (LUMBRERAS *et al.*, 2003). O intuito deste mapeamento incluiu fornecer subsídios a futuros projetos de

agricultura ou pecuária, de acordo com os tipos de solos da região. A área em si é favorável à mecanização (área de padrão de relevo colinoso de baixa amplitude) e possui disponibilidade hídrica para irrigação (Represa de Juturnaíba). Porém, o levantamento dos solos para esta região (LUMBRERAS *et al.*, 2001, SARAIVA *et al.*, 2018); mostrou que a maior parte dos solos da bacia possuem alto grau de acidez, baixa fertilidade e elevado potencial de erosão, sendo sua utilização possível, mediante manejo criterioso.

Os solos se distribuem ao longo de diversas paisagens apresentando alguns padrões e assumindo particularidades. A escala de observação varia de acordo com o objetivo, sendo possível encontrar relações entre solo e relevo, ou solo e clima, ou solo e geologia. Análises integradas beneficiam o entendimento e distribuição dos solos em determinada paisagem. Assim os estudos de solos devem contemplar os materiais geológicos de origem, as superfícies geomórficas onde estão inseridos, bem como os fatores paleoambientais que lhe deram origem (PENNOCK e VELDCAMPO, 2006; VIDAL-TORRADO *et al.*, 2005).

As principais concepções atribuídas à organização dos solos foram desenvolvidas em áreas de climas temperados, onde se desenvolveram pioneiramente a ciência do solo (Europa e parte da Ásia). Porém, quando estas concepções são observadas nas áreas tropicais passaram a ser questionadas, pois não respondiam uma série de questões. No tocante a relação de dependência direta dos solos e a disposição do relevo, ou seja, na relação solo e relevo, a dinâmica tropical é diferenciada (ESPINDOLA, 2010).

Os meios tropicais são dotados de ampla complexidade pedológica, principalmente devido à grande diversidade de temperatura, pluviosidade e organismos. Buscando aprofundar o entendimento da distribuição dos solos nos meios tropicais se estabelece a análise tridimensional dos solos (QUEIROZ NETO, 2002). Surge um caminho que rompe a visão estática, bidimensional e isolada dos solos, adicionando uma abordagem detalhada dos mecanismos de distribuição dos horizontes dos solos, ao longo de uma encosta. O método trouxe importantes respostas nos meios tropicais (GODOY *et al.*, 2018; QUEIROZ NETO, 2003), principalmente nos estudos de mapeamento de solos em escala de detalhe e manejo dos solos para aplicação agrônômica.

As cartas de Silva Jardim e Casemiro de Abreu (LUMBRERAS *et al.*, 2001, SARAIVA *et al.*, 2018) estão inseridas no contexto da região hidrográfica Lagos – São João. Esta região hidrográfica é composta por uma rede fluvial de (maior parte) padrão detrítico, tendo como principais drenagens: rio São João, Una e Sistema Lagunar Costeiro das Baixadas Litorâneas.

Na região hidrográfica Lagos – São João o domínio geomorfológico de padrão suave colinoso compõe um dos principais domínios morfológicos do estado do Rio de Janeiro. Quando observado na região hidrográfica Lagos - São João, ele assume predominância espacial. Este domínio geomorfológico se insere nas denominadas “Superfícies Aplainadas do Estado do Rio de Janeiro” descrito por Dantas *et al.* (2001) como colinas de morfometria de suave onduladas, de variação, do topo até a base, em média de 50 metros de altura. Em geral, na base das colinas suave onduladas, se encaixam drenagens (intermitentes ou não).

Toda região hidrográfica dos Lagos – São João foi área alvo de diversas obras de engenharia ao longo da história, sobretudo drenagem das planícies contíguas às zonas colinosas. Inclusive diversos rios da bacia do rio São João foram drenados por grandes obras de engenharia desde 1950 até 1985 (CUNHA, 1995). As obras foram: retificação de canais, abertura de novos canais, drenagem de antigas planícies de inundação (CUNHA, 1995). Além destas obras, uma intervenção de grande porte ocorreu com a construção da barragem de Juturnaíba, com objetivo de melhorar o abastecimento de água da região (CUNHA, 1995). Hoje a Represa é alvo de estudos de risco de rompimento em nível nacional. Cunha (1995) já apontava para a problemática do assoreamento dos canais e a quantidade de sedimentos carreados aos corpos hídricos da área, problemas de cheia na região são constantes inclusive o INEA emite alertas para a população se abrigar em zonas seguras.

Estudos do Grupo de Estudos em Solos Tropicais (GESOLT- UERJ) se debruçaram em toda a região hidrográfica em suas pesquisas, desde o ano de 2010, concluindo que a degradação dos solos da área, principalmente no setor suave colinoso da região hidrográfica era forte, com a presença de erosão lâminar severa (SARAIVA *et al.*, 2018). Tornando toda a região propensa à degradação ambiental e assoreamento dos corpos hídricos.

O comitê responsável pela região hidrográfica (Comitê Lagos – São João) tem buscado promover projetos a fim de compreender melhor a dinâmica ambiental desta bacia. Movimentos sociais autônomos têm ganhado força buscando medidas práticas para a promoção do desenvolvimento de uma forma mais racional e sustentável para toda área. Um município que tem sediado algumas iniciativas é o município de Silva Jardim. Nesta cidade nasceu um movimento denominado “Silva Jardim Sustentável”, do qual participam de reuniões e projetos a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), A Universidade do Estado do Rio de Janeiro (via GESOLT) e a *University of Applied Sciences*, situada em Breda, na Holanda.

A fazenda Dom Bosco, situada neste município foi uma das áreas precursoras desses movimentos, sediando reuniões e contribuindo para a organização de agricultores locais,

sobretudo os interessados em produção orgânica certificada. A fazenda foi adquirida em 2011, antes era utilizada como pastagem (mais expressivo tipo de uso de toda área suave colinosa da região hidrográfica Lagos – São João). Destaca-se que esta propriedade foi a primeira propriedade rural orgânica (certificada) no município de Silva Jardim. Sendo a área selecionada como recorte espacial do presente estudo, visando entendimento da gênese e distribuição dos solos no ambiente suave colinoso. E compreender como as características naturais dos solos e da paisagem podem auxiliar os agricultores, com enfoque principal no planejamento em escala local.

A área de estudo apresenta a fisiografia presente na paisagem do domínio suave colinoso, afetado por erosões lâminares de diferentes níveis. Os solos da área, descritos por Lumbreras *et al.* (2001), são: Argissolos Amarelos, Vermelho-Amarelos eventualmente, e Latossolos Amarelos com solos hidromórficos nos vales. Conformação do domínio suave colinoso como um todo, por isso sendo escolhida como área piloto deste estudo.

A Fazenda Dom Bosco possui 100 hectares de área e fica a cerca de 3 quilômetros do centro de Silva Jardim, sendo seu principal acesso pela Rodovia São Vicente de Paula, RJ-140, situada nas coordenadas 22°39'15" S e 42°21'35" O. Está inserida na sub-bacia do rio Capivari, próximo a sua foz e ao lado da Represa de Juturnaíba. Seus produtos principais: são mandioca e seus subprodutos (goma de tapioca, farinha de mandioca), palmito, tomates eventualmente, batata doce, quiabo, laranja, manga, bananas, maracujá, milho (fubá e canjiquinha), feijões, algumas verduras como ora-pro-nóbis, algumas ervas aromáticas como manjeriço, capim limão e erva doce. Vale destacar que a área selecionada vem sofrendo com sérios problemas relacionados à produtividade de seus solos, o que impacta a manutenção da propriedade e desenvolvimento dos projetos que visam produção alimentícia e desenvolvimento ambiental racional para pequenos e médios produtores.

## 1 JUSTIFICATIVA

Os estudos e levantamentos pedológicos possibilitam um melhor entendimento da dinâmica ambiental, um melhor planejamento do uso do solo a partir de um uso racional e sustentável. A escassez de estudos deste tipo, sobretudo em escala de detalhe ou ultra detalhe, restringe a utilização de dados de solos, tanto para produtividade agrícola, como para manejo e planejamento do uso da terra.

Este estudo buscou contribuir com um levantamento detalhado dos solos, em área representativa do domínio geomorfológico suave colinoso, que representa o relevo de grande parte da região hidrográfica Lagos – São João, buscando o entendimento da dinâmica solo e relevo na área, visando a manutenção da qualidade dos solos da área. A utilização racional dos solos tem sido de constante preocupação de pesquisadores e aprofundar sua análise possibilita produzir dados que podem ser utilizados por diferentes iniciativas, inclusive as que buscam reduzir a degradação dos solos.

O estado do Rio de Janeiro, bem como quase todo o Brasil, apresenta baixa densidade de mapeamento de seus solos em escala de detalhe. No município de Silva Jardim a erosão dos solos se tornou um importante vetor de degradação ambiental. A racionalização do recurso para as atividades agropecuárias, e mesmo para os demais fins, depende sobretudo de seu entendimento. Neste sentido, o presente trabalho produz dados fundamentais para a geração de um banco de dados dos estudos pedológicos em grandes escalas de mapeamento. Aplicando os métodos desenvolvidos na Sociedade Brasileira de Solos (SiBCS) para levantamento e apresentação dos dados, bem como sua futura disponibilização para o projeto PronaSolos (Programa Nacional de Solos do Brasil – EMBRAPA), afinando os resultados com as iniciativas nacionais de produção e integração de dados de solos.

A atuação da universidade com parcerias locais potencializa a utilização dos dados gerados, em âmbito acadêmico, pela população e poder público local. Apoiando iniciativas de inovação e contribuição com projetos que busquem manter a qualidade ambiental auxilia gestores na promoção da economia e meio ambiente, sobretudo em cidades de menor porte. O acompanhamento da equipe do GESOLT (UERJ) oferecendo suporte técnico, participando de reuniões com agricultores, atuando principalmente em campo, na fazenda, estabelecendo uma relação diretamente produtores e trabalhadores rurais, aproximando a academia (professores,

estudantes de pós-graduação e graduação do Instituto de Geografia, especificamente) com a população e foi bem recebido nas experiências obtidas neste trabalho.

## 2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho foi identificar e mapear os tipos de solos, a partir, de topossequências, em uma área de estudo situada no município de Silva Jardim, contribuindo para a melhoria da produtividade e manejo dos solos.

### 2.1 Objetivos específicos

- a) Compreender a dinâmica entre solos e relevo no domínio suave colinoso do município de Silva Jardim (RJ).
- b) Analisar a distribuição da cobertura pedológica identificando a distribuição e organização dos horizontes pedológicos ao longo das topossequências.
- c) Compreender as características físicoquímicas dos solos na dentro de quatro topossequências estabelecidas transversalmente à área de estudo.
- d) Gerar dados de mapeamento de solos em escala de 1:10.000.
- e) Avaliar os potenciais naturais do solo para a produtividade agrícola avaliando parâmetros da fertilidade de horizontes superficiais e subsuperficiais;
- f) Subsidiar a criação de unidades espaciais produtivas agrícolas (Unidades produtivas) de acordo com as características naturais da paisagem, possibilitando o aumento da produtividade e a manutenção da qualidade dos solos.

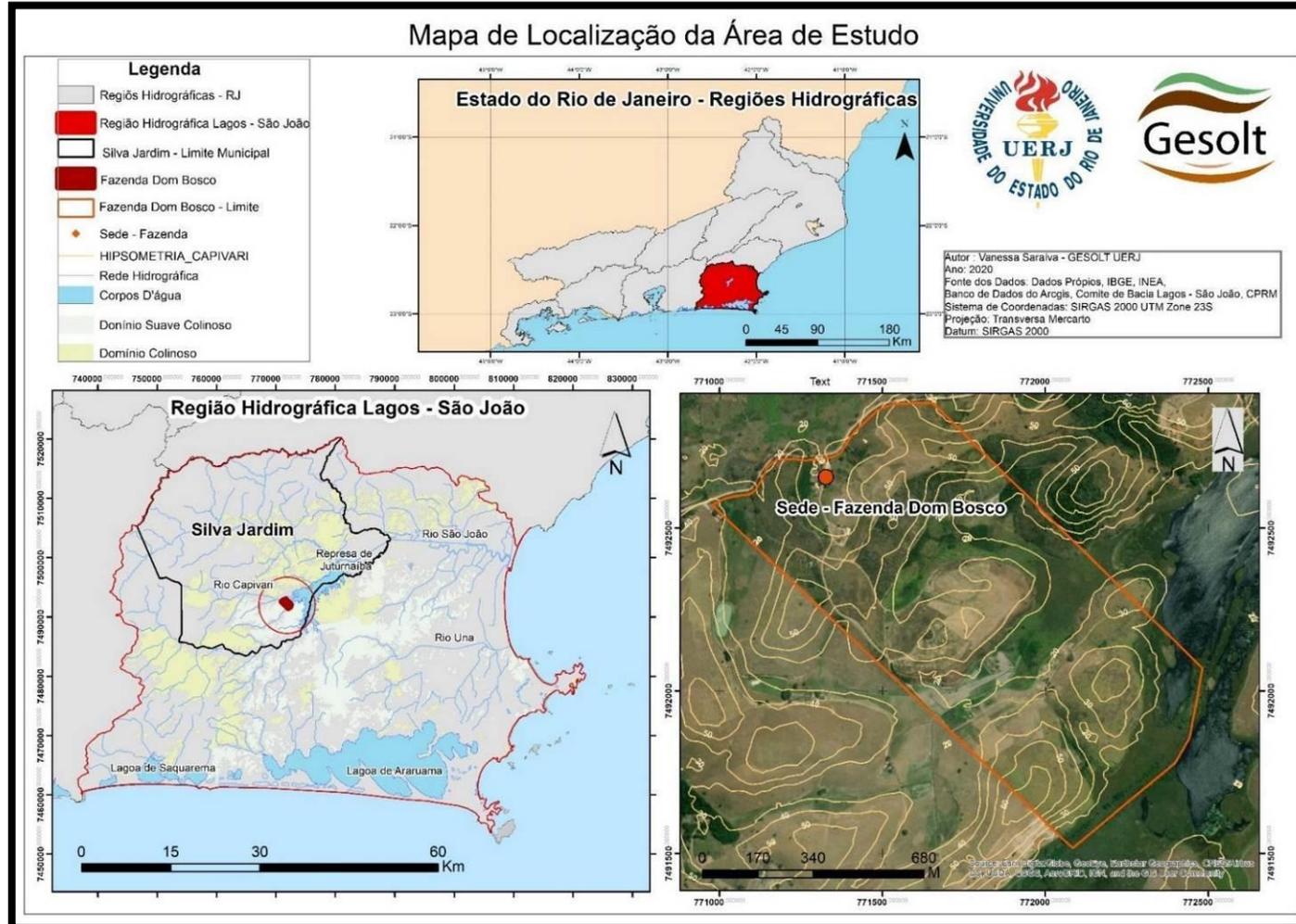
### **3 ÁREA DE ESTUDO**

Para o entendimento da paisagem, se faz necessário um levantamento detalhado de suas diversas características, tanto as naturais, quanto os processos históricos de uso e ocupação. Este é o objetivo deste capítulo onde são apresentadas e descritas a localização, e vias de acesso a área selecionada, bem como, uma apresentação geral da geologia regional e local, geomorfologia, solos, contexto climático, e de uso e ocupação da terra. Sempre partindo da escala regional, contextualizando, e aprofundando o entendimento das características locais da área de estudo, em cada tópico analisado.

#### **3.1 Situação, limites e localização**

A Fazenda Dom Bosco fica localizada no município de Silva Jardim, fazendo parte da região hidrográfica Lagos – São João, especificamente ligado a sub-bacia do rio Capivari, situado sobre o domínio suave colinoso, como se pode observar na Figura 1. Nesta figura se pode ver o estado do Rio de Janeiro, com destaque para a região hidrográfica Lagos – São João; mostrando a região colinosa, e por último, a Fazenda Dom Bosco especificamente, com as curvas de nível e a sede desta, evidenciando a leve sinuosidade de seu relevo.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: A autora, 2021.

Os domínios colinosos da região hidrográfica somam o segundo mais representativo domínio geomorfológico da região, somente atrás das áreas de planícies. Em geral sua fisiografia é de colinas suaves de altitude média entre 30 – 60 metros, podendo apresentar vertentes retilíneas, côncavas ou convexas. Este domínio será detalhadamente descrito no item relativo à geomorfologia da área. Em termos da geologia local, se destaca que esta área se assenta sobretudo sobre rochas do Domínio Tectônico de Cabo Frio (SHIMIDT *et al.*, 2004), e possui em geral solos empobrecidos quimicamente; dentre os tipos de solo se destaca como classe de maior representatividade os Argissolos, em geral amarelos ou vermelho-amarelos.

Cabe destacar que a fazenda Dom Bosco está em contato com parte da Represa de Juturnaíba. Sendo ela próxima à foz da sub-bacia do Capivari, afluente do rio São João. O histórico ambiental desta área é interessante e tem sido estudado por diferentes linhas de pesquisa (FEEMA, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2018). A antiga Lagoa, que hoje é Represa de Juturnaíba, apesar de importância para abastecimento de água, de toda a região, e, da chamada “Região dos Lagos”, foi classificada pela Agência Nacional das Águas (ANA) como alto risco de rompimento, entre as represas do Brasil.

Toda a bacia do rio São João foi estudada por Cunha (1995), onde analisou o impacto da construção da represa de Juturnaíba na dinâmica fluvial do rio São João e seus afluentes, bem como das obras de engenharia, que visavam sobretudo drenar suas planícies, retificando seus rios, inclusive o próprio rio São João.

Estudos geológicos analisaram não só a importância da região em termos do Domínio Tectônico de Cabo Frio, como também a influência das regressões e transgressões marinhas em toda a região, principalmente por ser uma área de planícies muito próximas ou em nível do mar, onde essa dinâmica costeira ganha força. Em termos de uso e ocupação, toda a área que era vegetada por variações da Mata Atlântica tem sua cobertura vegetal substituída por campos, principalmente pastagens.

Na Figura 2 buscou-se apresentar uma ampla visão da região hidrográfica, bem como, de sua paisagem, trazendo uma visão desde sua porção costeira, até a interiorana, passando por suas planícies, em destaque, na circulado pela cor vermelha, se observa um dos principais tipos de degradação dos solos da bacia, a erosão dos solos.

Figura 2 - Fotos da região hidrográfica Lagos – São João.



Fonte: Fotos de Antonio Soares e Natalia Barbosa Ribeiro.

A fazenda foi adquirida no ano de 2010, quando se iniciou o trabalho de reflorestamento e adaptação para a produção agrícola. Anteriormente a fazenda era área de produção de cítricos e posteriormente, pastagem de gado bovino. Possui uma área de 96 hectares, considerada uma propriedade de tamanho médio, que é dividida em 17 glebas, sendo 10 hectares de sua área total destinados a Reserva Legal. A Figura 3 traz o mapa da propriedade, com enfoque para a divisão das glebas atuais.

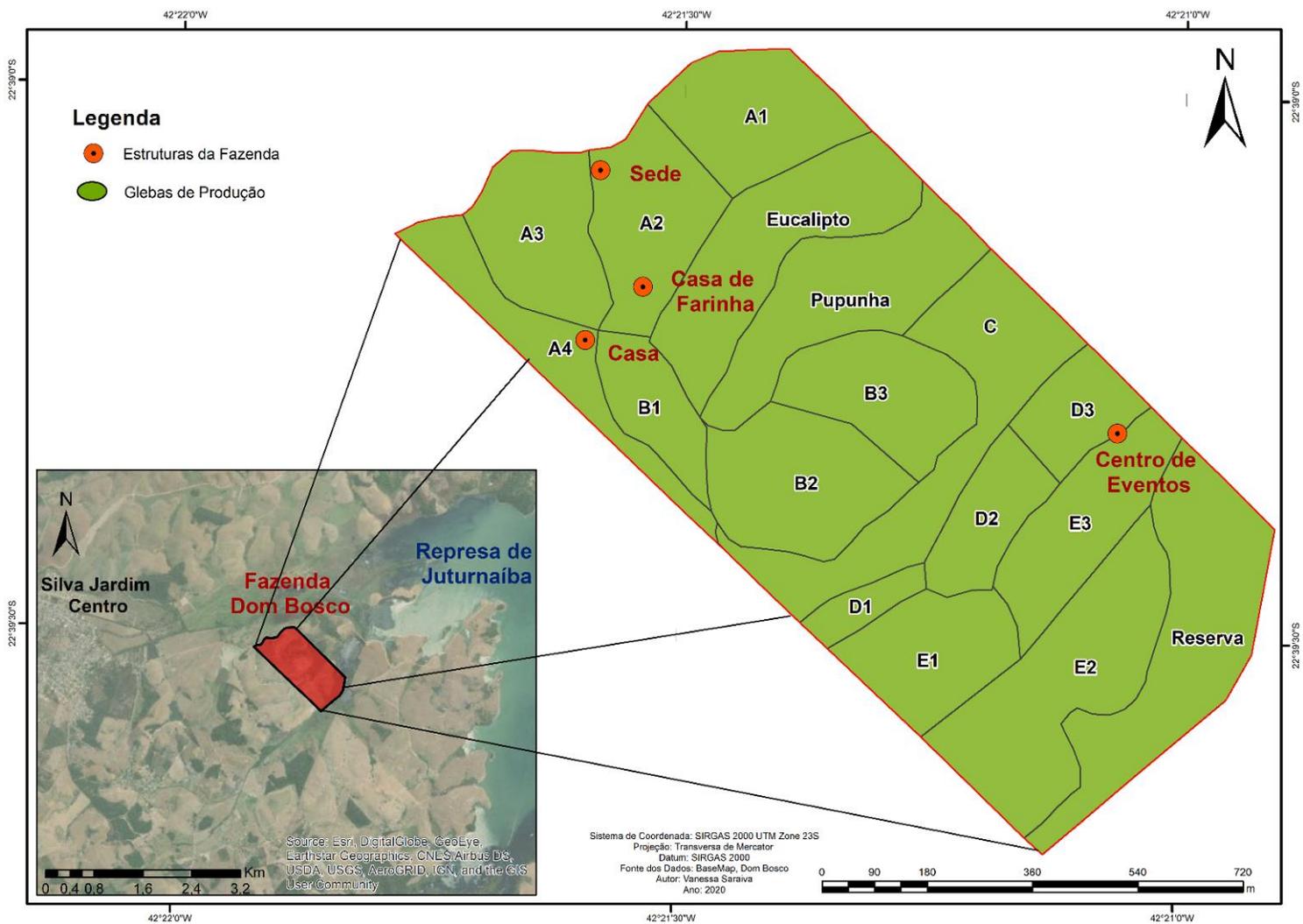
As glebas são fundamentais para o ritmo de plantio da fazenda, definem as áreas que serão plantadas e as áreas que estarão em pousio, as únicas culturas fixas são as áreas de eucalipto, pupunha e a reserva legal. As áreas denominadas por A, B, C, D e influenciam variam de plantio para época do ano e gestão da fazenda. Na Figura 3 estão dispostas fotos da fazenda mostrando suas construções, plantações, paisagens e a feira onde é tradicionalmente vendido os produtos da fazenda (Figura 4).

Tabela 1 - Áreas produtivas (glebas) Fazenda Dom Bosco.

Nome	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)
A1	56.581	6
A2	57.259	6
A3	53.248	5
A4	44.427	4
B1	29.853	3
B2	66.330	7
B3	53.516	5
C	86.975	9
D1	12.744	1
D2	32.896	3
D3	28.406	3
E1	49.165	5
E2	94.486	9
E3	54.067	5
Eucalipto	79.034	8
Pupunha	73.537	7
Reserva	96.644	10

Fonte: Fazenda Dom Bosco, 2021.

Figura 3 – Mapa da fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

Figura 4 – Fotos da fazenda Dom Bosco.



Fonte: Acervo de Vanessa Saraiva (fotos entrada da fazenda, sede, Galpão da sede, Plantação de Couve); Acervo Fazenda Dom Bosco (foto da feira); Acervo de Antonio Soares (vista da Gleba B2, vista da Gleba D2, e Vista do Centro de Eventos).

## 3.2 Caracterização Ambiental e de uso e ocupação das terras

A seguir são apresentadas as principais características ambientais e de uso e ocupação das terras da área de estudo, sempre partindo do contexto geral da região hidrográfica Lagos – São João, para o domínio suave colinoso e finalizando com o contexto local da Fazenda Dom Bosco. A multiescalaridade é fundamental a fim de não se perder o contexto ambiental no presente trabalho trazendo uma maior complexidade geográfica.

### 3.2.1 Contexto geológico

O contexto geológico regional da bacia Lagos-São João é bastante diverso, na megaescala se encontra situado na Província da Mantiqueira. O Sistema Orogênico Mantiqueira (Figura 5) se estende do sul da Bahia ao Uruguai, totalizando uma área de 700.000 km<sup>2</sup>. Este sistema é constituído pelos orógenos Araçuaí, Ribeira, Bom Feliciano e São Gabriel, além da zona de interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira (HEILBRON *et al.*, 2000).

A denominada Faixa Ribeira representa um Domínio do Complexo Orogênico que se estende por mais de 1.400 km ao longo da margem sul do oceano Atlântico, sua continuação ao norte é denominada Faixa Araçuaí (PEDROSA-SOARES e WIEDMANN-LEONARDOS, 2000), com estrutura composta por sucessões sedimentares e eventos colisionais.

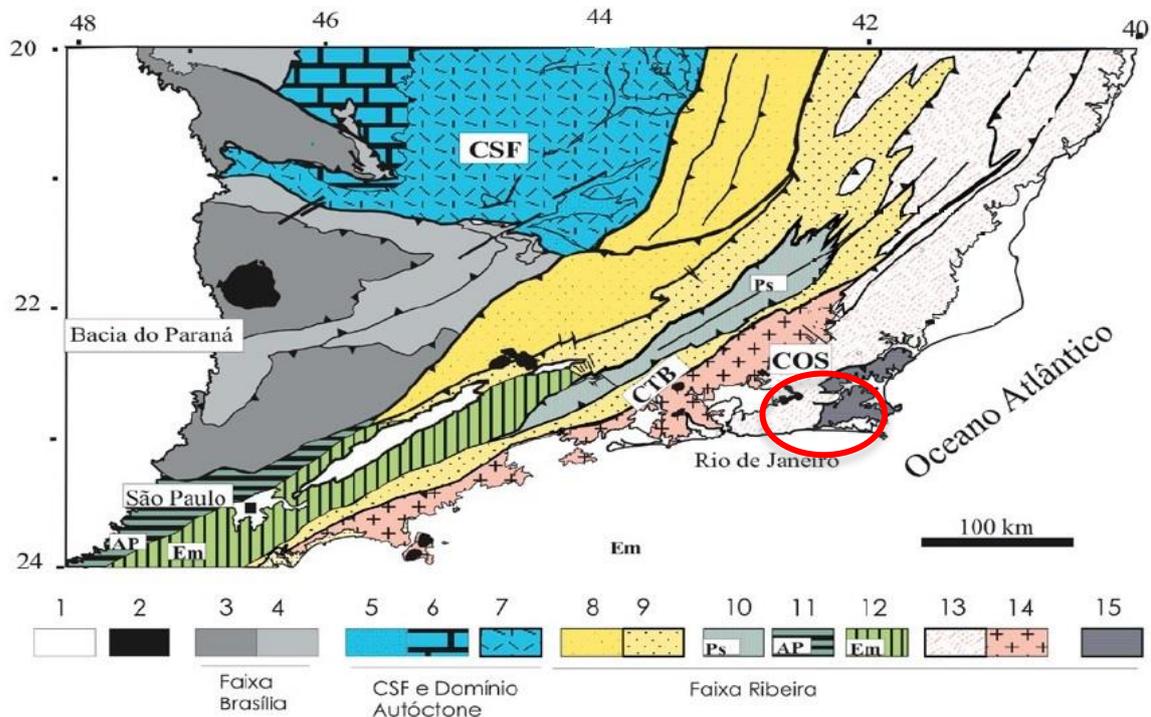
A Faixa Ribeira pode ser dividida em quatro principais domínios tectônicos (HEILBRON *et al.*, 2000):

- a) Terreno Ocidental: localiza-se a NW, sendo organizado em três domínios: Autóctone, Andrelândia e Juiz de Fora.
- b) Klippe Paraíba do Sul: terreno constituído de metassedimentos granulíticos (pós 1,8 Ga) e seu embasamento Paleoproterozóico, empurrado sobre o Terreno Ocidental.
- c) Terreno Oriental: composto de uma zona de cisalhamento, de mais de 200 km mergulhando 35° NW, e a Faixa Oriental contendo três unidades: Domínio Costeiro, Ortognaisses e rochas intrudidas.

- d) Domínio Cabo Frio: sobrepõe-se ao Terreno Oriental através de uma zona de cisalhamento de alto ângulo, no sentido sudeste, gerada por uma falha de empurrão.

A área de estudo situa-se no Domínio Tectônico Cabo Frio (SCHMITT *et al.*, 2004) e no Terreno Oriental (TUPINAMBÁ *et al.*, 2000), domínios estes divididos por uma falha de empurrão (HEILBRON e MACHADO, 2003), e que podem ser observados em perfil na Figura 19.

Figura 5 - Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira.



Legenda: 1-Coberturas Fanerozóicas; 2- Rochas Alcalinas do K/Eoceno; 3 a 4: Faixa Brasília: 3-Domínio Externo, 4- Domínio Interno; 5 a 7: Cráton do São Francisco e Domínio autóctone: 5- Megassequência Andrelândia autóctone, 6- Supergrupo Bambuí, 7- Embasamento cratônico; 8 a 15: terrenos da Faixa Ribeira: 8- Terreno Ocidental/Domínio Andrelândia, 9- Terreno Ocidental/Domínio Juiz de Fora, 10- Terreno Paraíba do Sul, 11- Terreno Apiaí, 12- Terreno Embú, 13- Terreno Oriental: Ca- Domínio Cambuci, IT- Klippe Italva, Cos-Domínio Costeiro, 14- Terreno Oriental/Arco magmático Rio Negro, 15- Terreno Cabo Frio. Em vermelho a porção compreendida pela Bacia Lagos-São João.

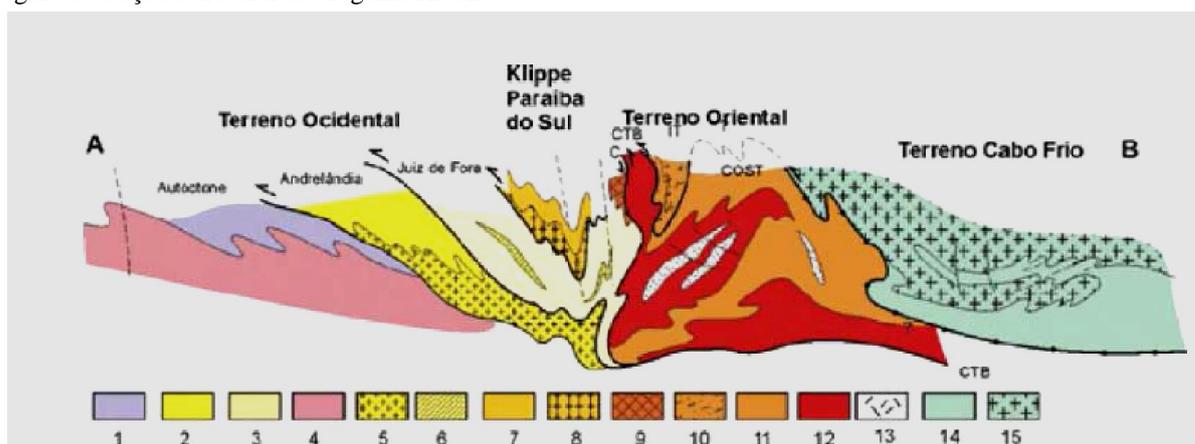
Fonte: Heilbron *et al.*, 2004.

O Orogênio Ribeira apresenta um *trend* estrutural no sentido NE-SW, resultante da interação entre o Cráton do São Francisco e outras placas e/ou miniplacas e/ou arcos de ilha situados a sudeste deste Cráton (HEILBRON *et al.*, 2000).

As colisões na Faixa Ribeira ocorreram entre 590 e 520 Ma (HEILBRON *et al.*, 2004), sendo um dos mais jovens produtos da colagem Pan-Africano-Brasiliano, com eventos colisionais que ocorreram desde o final do NeoProterozóico, passando pelo Paleozoico e terminando no Ordoviciano-Siluriano.

O Terreno Cabo Frio (Figura 6) foi acrescido tardiamente ao Terreno Oriental (Figura 6), em um evento tectonometamórfico, sendo este processo evidenciado por uma falha de empurrão, de idade cambriana. Este Terreno é composto basicamente por Ortognaisses de idade Paleoproterozóica (2.03-1.96 Ga) de composição granítica a granodiorítica (Unidade Região dos Lagos). Também cortados por diques de Ortoanfilitos, de idade ainda não definida (SCHMITT *et al.*, 2004).

Figura 6 - Seção estrutural da orogenia Ribeira.



Legenda: 1-Coberturas Fanerozóicas; 2- Rochas Alcalinas do K/Eoceno; 3 a 4: Faixa Brasília: 3-Domínio Externo, 4- Domínio Interno; 5 a 7: Cráton do São Francisco e Domínio autóctone: 5- Megassequência Andrelândia autóctone, 6- Supergrupo Bambuí, 7- Embasamento cratônico; 8 a 15: terrenos da Faixa Ribeira: 8- Terreno Ocidental/Domínio Andrelândia, 9- Terreno Ocidental/Domínio Juiz de Fora, 10- Terreno Paraíba do Sul, 11- Terreno Apiaí, 12- Terreno Embú, 13- Terreno Oriental: Ca- Domínio Cambuci, IT- Klippe Itálva, Cos-Domínio Costeiro, 14- Terreno Oriental/Arco magmático Rio Negro, 15- Terreno Cabo Frio.

Fonte: Heilbron e Machado, 2003.

Podem-se definir duas principais unidades estratigráficas (SCHMITT, 2004):

- a) ortognaisses Paleoproterozóicos (ca. 1.9 Ga) com intrusões de anfilitos (SCHMITT *et al.*, 2004).
- b) Conjunto Metassedimentar de alto grau composta de paragnaisses pelíticos a psamíticos com lentes de anfilitos e calcissilicáticas.

Schmitt *et al.* (2012) defende que o Terreno Cabo Frio colidiu com a faixa entre 530 e 510 Ma. Referindo a este episódio de colisão como orogenia Búzios (SCHMITT *et al.*, 2004) e gerou importantes estruturas de baixo ângulo no Terreno Cabo Frio, destacando as grandes dobras isoclinais (HEILBRON *et al.*, 2004). Este último episódio tectônico também resultou na superposição de dobramentos e zonas de cisalhamento distrais que afetaram todos os terrenos previamente amalgamados (Oriental, Paraíba do Sul, Embu e Ocidental).

Em toda a área da bacia registra-se também um magmatismo alcalino félsico que se apresenta como complexos plutônicos alcalinos e diques. Este magmatismo faz parte da Província Serra do Mar (ALMEIDA, 1983) e são encontradas inúmeras intrusões. Fazem parte destas intrusões a Ilha de Cabo Frio, Maciço Tanguá, Morro Cabo Frio, Maciço Rio-Bonito e Morro do São João (ALMEIDA, 1987).

Na Figura 7 encontra-se a configuração geológica da bacia Lagos – São João, nota-se o destaque para a ampla cobertura do Complexo Região dos Lagos, composto principalmente dos litotipos Metagranodiorito e Metagranitos. Esta unidade representa 43% de toda a área mapeada, sendo a unidade de mapeamento de maior ocorrência, este é associado ao Domínio Tectônico Cabo Frio ocupando plenamente este domínio. A seguir se apresenta uma breve descrição das unidades de mapeamento presentes na Figura 7, para maiores informações a respeito destas consulte a bibliografia dos mapeamentos publicadas pela CPRM (ALMEIDA *et al.* 2012; GERALDES *et al.* 2012; SCHMITT *et al.* 2012; e TUPINAMBÁ *et al.* 2012), seguindo a coloração dos mapeamentos de CPRM (2010). Cabe destacar que este mapeamento foi agrupado e reinterpretado para a área da região hidrográfica em parceria com a pesquisadores do Museu Nacional - UFRJ:

- a) Unidade Granito Sana; litotipo: granito
- b) Unidade Granito Silva Jardim; litotipo: granito
- c) Grupo Barreiras; litotipo 1: arenito conglomerático, argilito arenoso. Litotipo 2: siltito, conglomerado, arenito, argilito
- d) Corpo Complexo Alcalino Ilha do Cabo Frio e diques associados; litotipo: sienito.
- e) Corpo Complexo Alcalino Ilha do Cabo Frio e diques associados: corpos pirocláticos suportado por clastos e matriz; litotipo: rocha vulcânica piroclástica.

- f) Corpo Maciço Alcalino Morro dos Gatos e diques associados; litotipo: fenocristais de feldspato alcalino e fragmentos de minerais de feldspato alcalino, quartzo, biotita, anfibólio e fragmentos líticos de traquito.
- g) Corpo Maciço Alcalino Morro do São João e diques associados; litotipo: pseudoleucita sienito, pseudoleucita fonolito, biotita gabro, nefelina sienito, fonolito.
- h) Complexo Tinguí; litotipo: ortognaisses
- i) Complexo Trajano de Moraes/ litotipo: ortognaisse, metadiorito, metagranitóide.
- j) Suíte Cordeiro; litotipo: gnaisse
- k) Unidade Búzios; litotipo: gnaisse, xisto, rocha calcissilicática, kinzigito, Litotipo 2: anfibolito, quartzito.
- l) Unidade Palmital; litotipo 1: paragnaisse, rocha calcissilicática. Litotipo 2: quartzito feldspático.
- m) Unidade Forte São Mateus; litotipo: gnaisse, granada anfibolito, rocha metaultramáfica.
- n) Unidade São Fidélis (a); litotipo 1: Gnaisse. Litotipo 2: quartzito, rocha calcissilicática, Metraultramafico, Gondito.
- o) Unidade São Fidélis (b); litotipo 1: gnaisse. Litotipo 2: rocha calcissilicáticas.
- p) Complexo Região dos Lagos; litotipo: metagranodiorito, metagranito, ocupando uma área de 1.230km<sup>2</sup>, 42% de toda a área mapeada, destacamos aqui a grande expressão deste Complexo.
- q) Unidade Araruama; litotipo: metagranito.
- r) Suíte José Gonçalves; litotipo: granada anfibolito.
- s) Depósitos eólicos litorâneos, litotipo: sedimentos de areia.
- t) Depósitos litorâneos; litotipo: sedimentos de areia e argila
- u) Depósito de marinhos e/ou lagunares; litotipo: sedimento siliciclástico.
- v) Depósito colúvio-aluvionar; litotipo: sedimento coluvionar, sedimento aluvionar.
- w) Depósito fluviomarinhos; litotipo: Sedimentos compostos de Silte, Areia, Argila.

O Domínio Tectônico Cabo Frio e os Depósitos Quaternários recobrem cerca de 80% da região hidrográfica Lagos – São João. Na Figura 6, a porção oeste da bacia não pode ser visualizada devido à falta de dados.

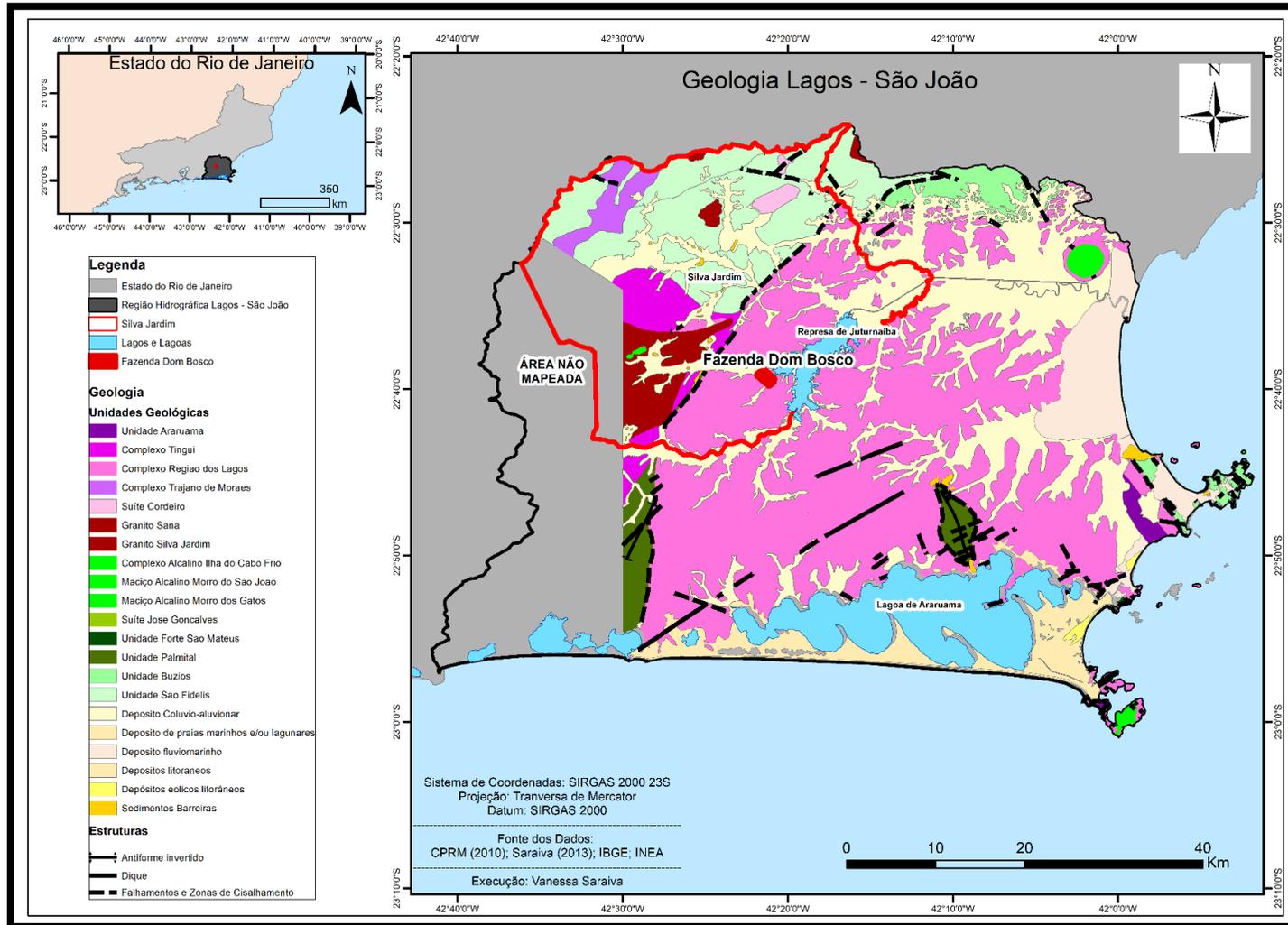
A área de estudo situa-se no Terreno Cabo Frio, bem como, a maior parte do domínio suave colinoso, assim, este será descrito com mais detalhamento. Os litotipos encontrados no Terreno Cabo Frio e suas características geoquímicas são fundamentais no entendimento das características dos solos sob ele desenvolvido. Solos mais ácidos e pobres comumente ocorrem junto à uma geologia de mesma característica.

Viana *et al.* (2008) analisando a geoquímica especificamente dos litotipos que compõem o Terreno Cabo Frio identificou a presença da hornblenda-biotita e gnaisses de composição granodiorítica a monzogranítica, leucognaisses de composição granítica e biotita gnaisses tonalítico e monzogranítico. Ainda foram identificados corpos anfibolíticos, boudins, corpos tabulares e diques dobrados. Esses corpos ocorrem como enclaves e são caracterizados petrograficamente como biotita-anfibolitos foliados e hornblenda anfibolitos maciços, derivados de protólitos ígneos básicos (VIANA *et al.*, 2008).

As análises químicas revelam que os ortognaisses são subalcalino e calcioalcalinos compondo dois grupos de gnaisses, um gnaisses de composição intermediária e teores de álcalis e K<sub>2</sub>O (óxido de potássio) mais baixos, abrangendo hornblenda-biotita gnaisses e biotita gnaisses, de composições variadas; e gnaisses de composição ácida, com teores mais altos de álcalis e K<sub>2</sub>O (óxido de potássio), constituídos, em sua maioria, de leucognaisses graníticos.

Neste estudo de Vianna *et al.* (2008), os pontos amostrados e descritos não incluem o município de Silva Jardim, distribuídos principalmente ao longo da Lagoa de Araruama. Assim não se pode detalhar em litologia local, porém fragmentos de rocha foram coletados dentro dos solos, em caso de necessidades futuras de análises.

Figura 7 - Mapa geológico da região hidrográfica Lagos - São João.



Fonte: A autora, 2021.

### 3.2.2 Contexto Geomorfológico

O contexto geomorfológico do estado do Rio de Janeiro envolve grandes alinhamentos serranos e grabens, além de grandes porções colinosas que marcam áreas de transição entre a serra e a planície propriamente dita (DANTAS *et al.*, 2001). Na região hidrográfica Lagos – São João também se expressa extensas planícies costeiras, seguindo a faixa litorânea, e planícies fluviais, ligadas ao rio Una e São João principalmente, a Figura 7 apresenta o mapeamento geomorfológico adaptado para a região hidrográfica, seguindo a padronagem de cores próximas ao mapeamento original de Dantas *et al.* (2001).

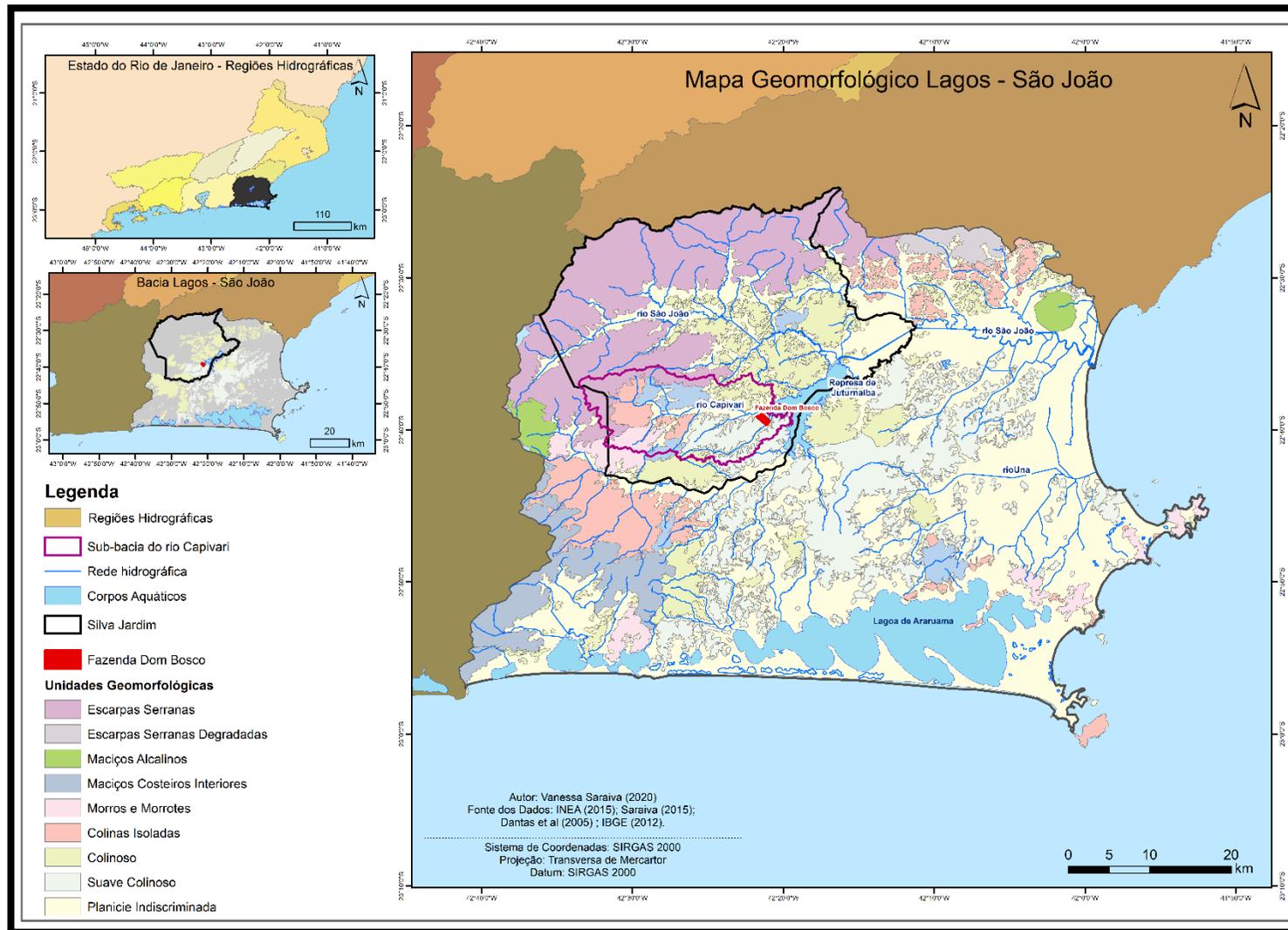
As planícies representam cerca de 45% da área total da região (SARAIVA *et al.*, 2018). O setor colinoso concentra-se sobretudo colinoso se concentra sobretudo na porção central, principalmente, no entorno da Represa de Juturnaíba, e representa cerca de 30% da área (SARAIVA, 2016).

A região serrana, assinala os divisores de água da bacia do rio São João com a bacia dos rios Macacu e Macaé, é marcada por alinhamentos que podem atingir mais de 1.600 metros de altitude. O mapa de geomorfologia da área é apresentado na Figura 7 a fim de oferecer uma ideia do contexto da área, demonstrando a expressividade espacial de cada domínio, explanações mais detalhadas podem ser encontradas nos trabalhos de Dantas *et al.* (2000) e no mapeamento gerado por Saraiva (2015).

Este trabalho se concentra no entendimento aprofundado da dinâmica dos solos e da morfologia no setor suave colinoso da bacia por ser uma área especialmente suscetível ambientalmente. Trabalhos anteriores (SARAIVA *et al.*, 2018) apontam a degradação dos solos da região, sobretudo com a ocorrência de erosão laminar severa em colinas de baixa declividade, este material é transportado para a drenagem da área, assoreando os cursos d'água.

Estima-se que a represa de Juturnaíba possua cerca de 12 metros de material (classificado como terra) na barragem oriundos da erosão dos solos na região hidrográfica do Rio São João. Assim, um maior entendimento da dinâmica solo e relevo nesta área, assim como projetos que visem uma produtividade agrícola ou pastoreia com manejo dos solos são potencialmente auxiliares na mitigação deste processo que degrada a paisagem como um todo e representa risco à população e ao ambiente.

Figura 8 - Mapa de geomorfologia da região hidrográfica Lagos - São João.



Fonte: A autora.

As colinas se concentram na parte central da bacia Lagos – São João, especificamente no setor sudoeste da Represa de Juturnaíba. A área suave colinosa que se inicia neste setor, prossegue no sentido centro-sul de toda a bacia, até as lagoas da Região dos Lagos, como a Lagoa de Araruama e as da orla de Cabo Frio. Este setor se encontra descrito por Dantas *et al.* (2001) como pertencente às Superfícies Aplainadas da Região dos Lagos, que estará incluída na unidade geomorfológica do domínio morfoescultural das Superfícies Aplainadas das Baixadas Litorâneas, marca um importante divisor geológico do Domínio Tectônico de Cabo Frio, que foi especificado no subcapítulo do contexto geológico da área. Uma ideia do padrão topográfico, em perfil, deste setor suave colinoso pode ser visualizado na Figura 9.

Figura 9 - Perfil topográfico no domínio suave colinoso.



Legenda: Círculo em vermelho destacando a linha do perfil topográfico, abaixo em rosa claro o perfil topográfico gerado pelo Google Earth).

Fonte: a Autora, 2021.

A Superfície Aplainada das Baixadas Litorâneas (DANTAS *et al.*, 2001) se apresenta como extensa zona colinosa dividida em colinas isoladas, setor colinoso e setor suave colinoso. A topografia no geral é relativamente uniforme e os topos nivelados, apresentam baixa amplitude de relevo, em cotas que variam de 50 a 120 metros de altitude (cabe ressaltar que as cotas mais altas são reservadas ao setor colinoso).

Se concentram no setor uma suave dissecação de pediplanos e pedimentos mais recentes, processo que teria sido fundamental na elaboração deste modelado de colinas e ombreiras em cotas mais baixas, principalmente junto à baixada do rio Una e Capivari (DANTAS *et al.*, 2001). Uma planície fluvial de cerca de 1km de largura surge associada à

drenagem do rio Capivari, junto às colinas suaves onduladas com planícies aluviais estreitas de rios de menor porte.

No contexto fluvial a área de estudo está localizada no baixo curso da sub-bacia do rio Capivari, que faz parte da bacia do rio São João (médio curso), porém desaguam no sistema da Represa de Juturnaíba. A bacia do rio São João está inserida na bacia do Atlântico Sudeste, na sub-bacia Costeira do Sudeste, seu maior rio é o rio São João, que possui 120 km.

O Reservatório de Juturnaíba está localizado entre os municípios de Silva Jardim e Araruama no Estado do Rio de Janeiro, a barragem que originada de uma Lagoa começou a ser construída em 1978 (CUNHA, 1995), a cerca de 78 km a jusante de uma das suas nascentes, em área dos municípios de Silva Jardim e Araruama (AFONSO E CUNHA, 1989; MENDONÇA, 2004). Antes de ser transformada em barragem, a lagoa original apresentava formato retangular, com área de 6 km<sup>2</sup>, volume de 20 milhões de metros cúbicos e 4 m de profundidade máxima (BIDEGAIN, 2003). O reservatório possui de um volume médio de 100 milhões de metros cúbicos e profundidade máxima de 8 m (AMADOR, 1985). Os principais rios contribuintes do reservatório são os rios São João, Capivari e Bacaxá (BIDEGAIN, 2003).

A construção desta represa teve o objetivo de formar um reservatório capaz de armazenar grande volume de água, que serviria para abastecer os municípios da Região dos Lagos, beneficiar a agricultura de áreas do entorno, a partir de projetos de irrigação, e ainda auxiliar no controle de enchentes nas áreas baixas do vale do Rio São João (FEEMA, 1997).

A construção da barragem começou em 1978, tendo o enchimento do reservatório se iniciado em 1982 e terminado em 1984. A represa submergiu inteiramente a Lagoa de Juturnaíba, seus brejos e matas ribeirinhas, parte de 24 fazendas, além de trechos de seus rios contribuintes: 13,6 km do São João; 8 km do Bacaxá; e 5,3 km do Capivari e totalmente o rio Onça. A construção da represa produziu impactos nos ecossistemas naturais da área de influência do reservatório, no pH da água, fauna e flora, e aumentou a sedimentação dentro da represa (BIDEGAIN, 2003).

### 3.2.3 Distribuição e características pedológicas

Nas áreas de relevo montanhoso e escarpado, predominam Neossolos Litólicos e Cambissolos, algumas vezes em associações com Latossolos não muito profundos. Nos sopés e anfiteatros locais predominam formações coluvionares, onde se desenvolvem Latossolos mais espessos.

Nas áreas de morros e morrotes se apresentam Latossolos junto a Argissolos em matizes vermelho-amareladas, podendo ocorrer associações com Cambissolos, nas porções mais declivosas. Na porção de colinas isoladas, situadas entre as planícies do rio São João e as zonas montanhosas, ocorrem Argissolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos.

O compartimento suave colinoso os solos variam de acordo com a pluviosidade e o afloramento do lençol freático local. Nos topos das colinas predominam Argissolos em sua maior parte amarelados, podendo estar, ou não, associado à Latossolos ou outros tipos de Argissolos, no sopé destes domínios se apresentam Planossolos, associados a Argissolos, e, localmente a Gleissolos.

Contíguos às planícies fluviais ocorrem os Neossolos Flúvicos, comumente presente nestas associações ocorrem associações Gleissolos. Já nas porções das baixadas fluviolagunares presentes quando se aproxima da linha de costa da bacia, situam-se amplas zonas de Gleissolos que variam em texturas e tipo de argila. Nas extensas planícies costeiras e áreas de dunas ocorrem associações de Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos.

De maneira geral, os solos possuem texturas médias a arenosas em seus horizontes A, e horizontes B de alto conteúdo de argila, porém uma argila de baixa atividade, apresentando estes solos a característica distrófica em sua maior parte, suas cores em maior parte são amareladas (LUMBRERAS *et al.*, 2001). Estas características evidenciam a forte relação dos solos da bacia com o material de origem, mais empobrecido, originário das rochas metamórficas presentes no Domínio Cabo Frio.

Cabe ressaltar que esta foi apenas uma apresentação generalizada dos solos da bacia, pois devido à diversidade de ambientes os estudos já realizados, tanto da Embrapa Solos (LUMBRERAS *et al.*, 2001) quanto de Saraiva *et al.* (2016) identificaram variações nas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas dos solos de grande amplitude.

O mapa de solos elaborado a partir de dados de Lumbreras *et al.* (2001) e Saraiva *et al.* (2016) é apresentado na Figura 10. Neste se verifica a predominância de Argissolos, sobretudo Argissolos Amarelos, as unidades que representam os diferentes Argissolos, que representam cerca de 1503.479 km<sup>2</sup>, 42% de todas as associações mapeadas, o que evidencia a importância deste solo na bacia, sobretudo nas zonas centrais.

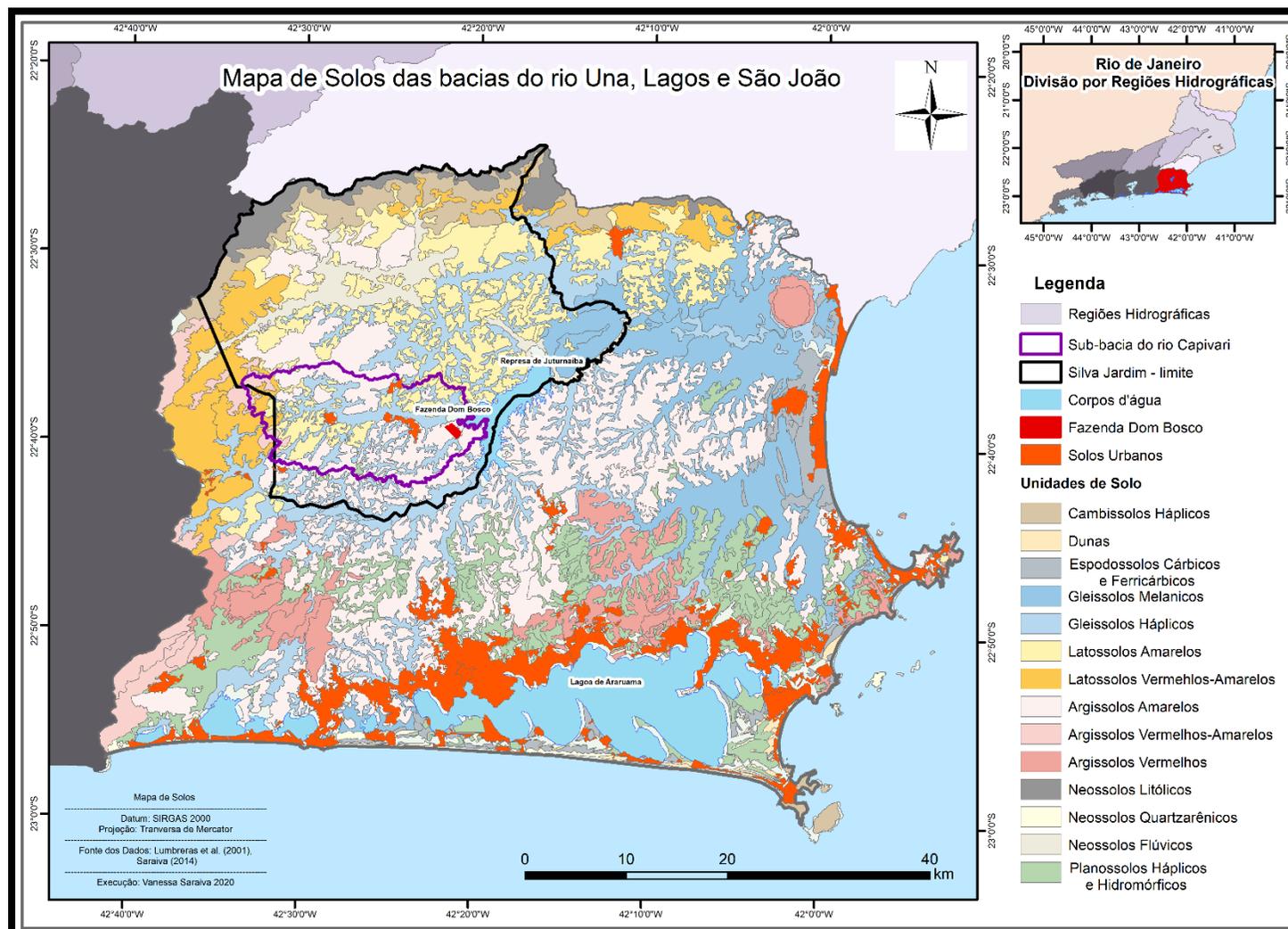
Estas unidades de Argissolos são descritas como PAd (LUMBRERAS *et al.*, 2001) caracterizadas por Argissolos Amarelos distróficos típicos, em conjunto com Latossolos Vermelhos-Amarelos argissólicos ou Argissolos Vermelhos-Amarelo eutrófico típico principalmente, a textura dos solos é em geral média a argilosa. Comumente estão combinadas com unidades de Gleissolos, estes podem ser Gleissolos Melânicos ou Háplicos que se combinam e podem ocorrer junto aos Planossolos Hidromórficos eutrófico flúvico que são solos comuns em planícies fluviais.

A fazenda Dom Bosco situada no domínio suave colinoso, próximo a represa de Juturnaíba está inserida na unidade de mapeamento de solos denominada PAd2 (Figura 10) que é composta pelo Argissolo Amarelo distrófico típico, Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico e Latossolo Amarelo Distrófico latossólico, segundo o mapeamento de Lumbreras *et al.* (2001).

Observa-se na Figura 11 a correspondência do domínio colinoso e sua relação com as unidades de Argissolos, sobretudo as de predominância de Argissolo Amarelo, no trabalho de Saraiva *et al.* (2018) esta combinação foi um dos principais fatores para a suscetibilidade à erosão alta desta área, assim como para o número de erosões encontrados na área, quando se combinam essas características pedogeomorfológicas ao uso de pastagem ou áreas agrícolas não manejada.

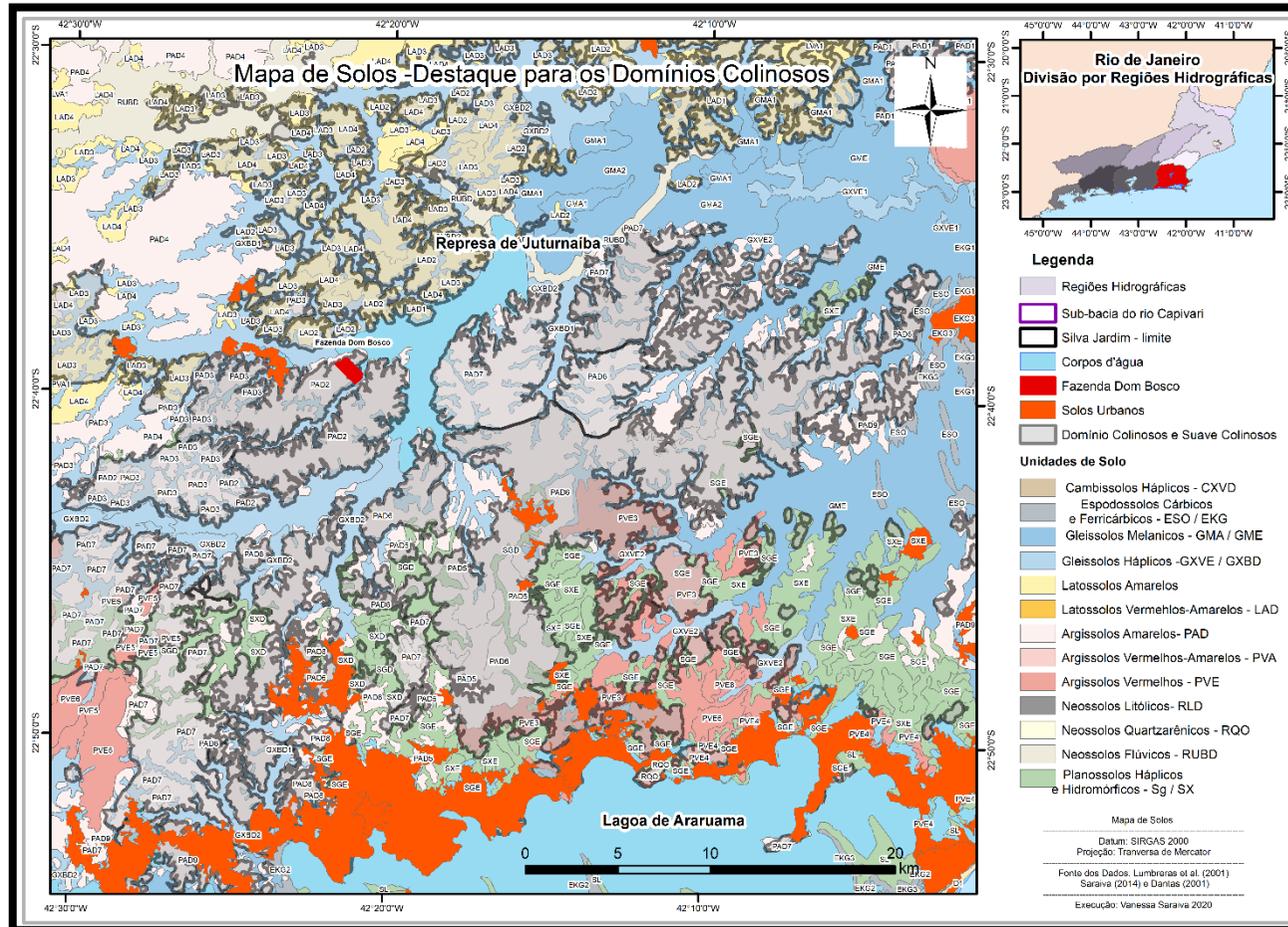
Espera-se que este trabalho possa contribuir no sentido de elucidar as relações entre os solos e o relevo da área, assim como propostas de produções agrícolas combinadas com manejo. Uma grande parte da Represa de Juturnaíba inclusive está circundada por este tipo de domínio pedogeomorfológico, o que aumenta a importância da manutenção destes solos.

Figura 10 - Mapa de solos da região hidrográfica Lagos - São João.



Fonte: A autora, 2021.

Figura 11 - Mapa de solos com destaque da área colinosa.



Fonte: A autora, 2021.

### 3.2.4 Aspectos climáticos gerais

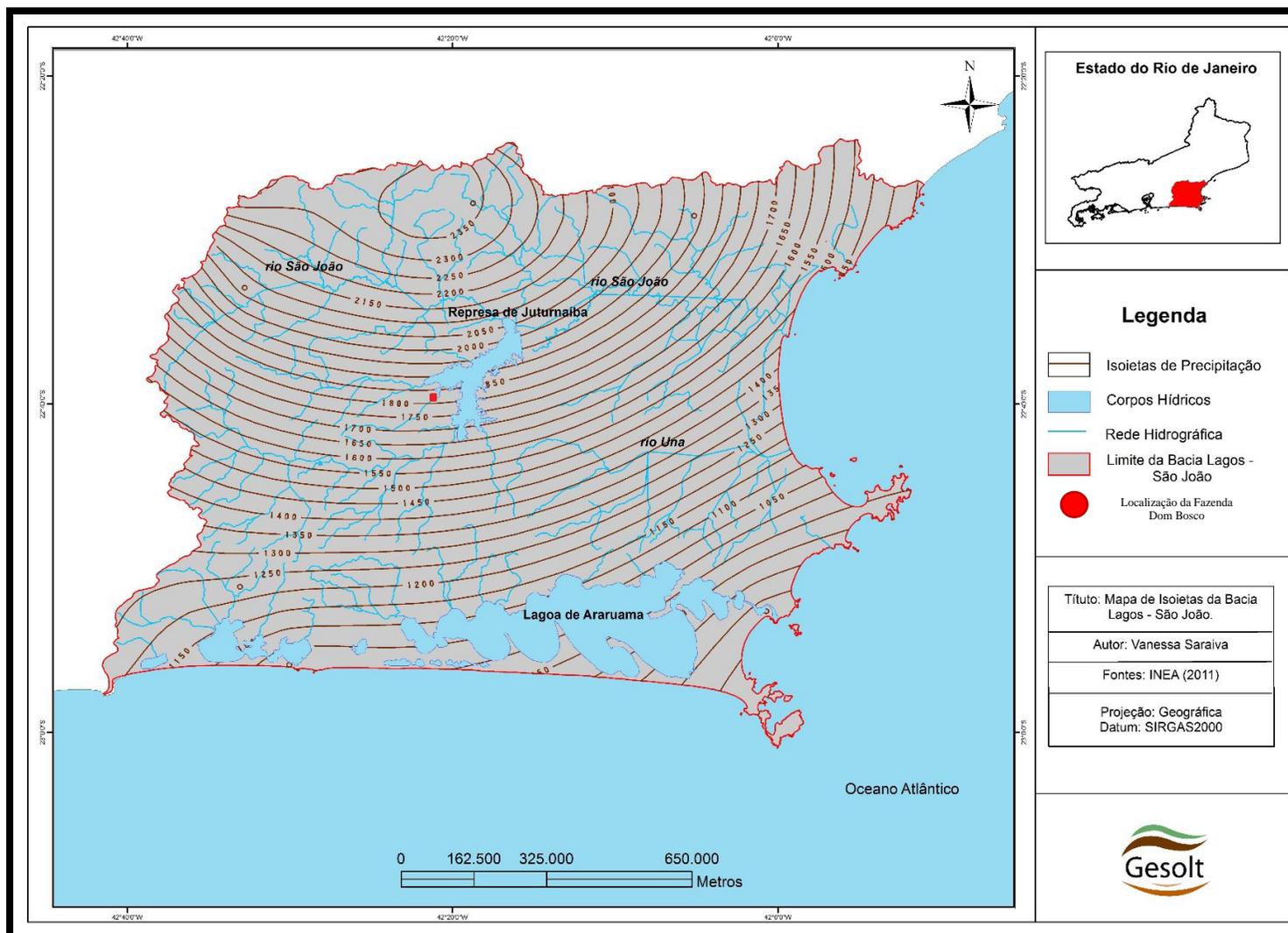
Predomina no estado do Rio de Janeiro os climas tropicais (nas baixadas) e tropical de altitude (nos planaltos), a região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro (capital) é caracterizada como o clima tropical úmido, com chuvas abundantes no verão. Quando o recorte se volta na região hidrográfica Lagos – São João surgem diversos microclimas que se distribuem desde o litoral até a porção interiorana.

A presença da Serra do Mar (limite superior principal da região hidrográfica) provoca chuvas orográficas no interior da bacia que apresenta esse aspecto da umidade em coberturas florestais densos, como na região de Aldeia Velha (distrito de Silva Jardim). Enquanto no litoral, o fenômeno da ressurgência, que atinge desde Cabo Frio a Arraial do Cabo, promove a diminuição da precipitação na porção litorânea. Juntos, estes dois fatores podem ser apontados como os principais motivadores de tamanha diversidade climática encontrada na bacia, sobretudo quando se observa o padrão de precipitação.

A precipitação varia de 770 mm/ano, no município de Cabo Frio, até cerca de 2.400mm/ano, no município de Silva Jardim (porção montanhosa), que apesar de ser um nível alto, é extremamente concentrado nas áreas serranas do município. Analisando as médias de precipitação anual fica evidente a diferenciação da região de Cabo Frio em relação a precipitação, quando comparada às médias anuais de outras regiões da bacia Lagos – São João e do estado do Rio de Janeiro (COE E CARVALHO, 2013). Enquanto que no estado do Rio de Janeiro, as médias de precipitação foram acima de 1.110 mm/ano, a média de Cabo Frio foi similar às médias de regiões da Caatinga brasileira (COE E CARVALHO, 2013).

Essa diferenciação climática tem consequências principalmente na biota da bacia, onde na porção interiorana se estabelece floresta de maior densidade, em vista do clima mais úmido e úmido e quente, se desenvolvendo nestas áreas solos mais espessos e lixiviados. Nas porções litorâneas, predominam vegetações de menor porte, sendo considerada por Ab'Saber (2003) um enclave fitogeográfico devido à semelhança com áreas secas do Brasil. A Figura 12 apresenta as isoietas da bacia, nota-se esta diferenciação da distribuição das chuvas.

Figura 12- Distribuição das precipitações na região hidrográfica Lagos - São João.

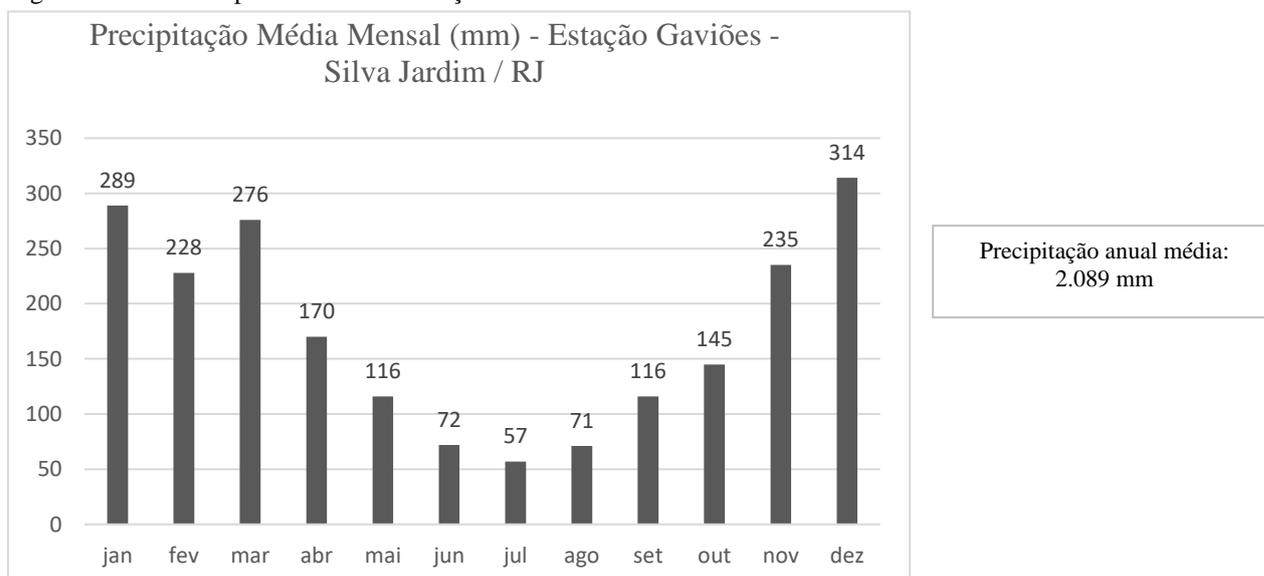


Fonte: A autora, 2021.

O município de Silva Jardim se encontra sob influência da Massa Tropical Atlântica, apresentando média de temperatura, no verão, de 25° Celsius, e, de 20° Celsius, no inverno, a precipitação média é de 1.800 mm/ano. O domínio bioclimático da região, de acordo com INEA (2010), é o domínio Região dos Lagos, onde predominava originalmente uma floresta semidecidual de terras baixas, neste tipo de domínio ocorre um clima estacional, marcada por uma seca nos períodos de inverno e de chuvas intensas no verão (IBGE, 2010). Quanto ao regime de chuvas, fundamental no entendimento da dinâmica pedológica da área, existem duas estações com dados disponíveis para serem analisados quanto aos dados pluviométricos.

A estação de Gaviões (Figura 13) se localiza no interior do município, latitude 22°32'52" e longitude 42°32'46" próximo ao setor serrano, onde se situam as nascentes de parte das drenagens da bacia do rio São João. Dados de Parracho (2012) foram tabulados mostrando um total de pluviosidade de cerca de 2.000 mm/ano, média mais próxima das regiões serranas do estado do Rio de Janeiro.

Figura 13- Dados de pluviosidade da estação Gaviões - Silva Jardim.

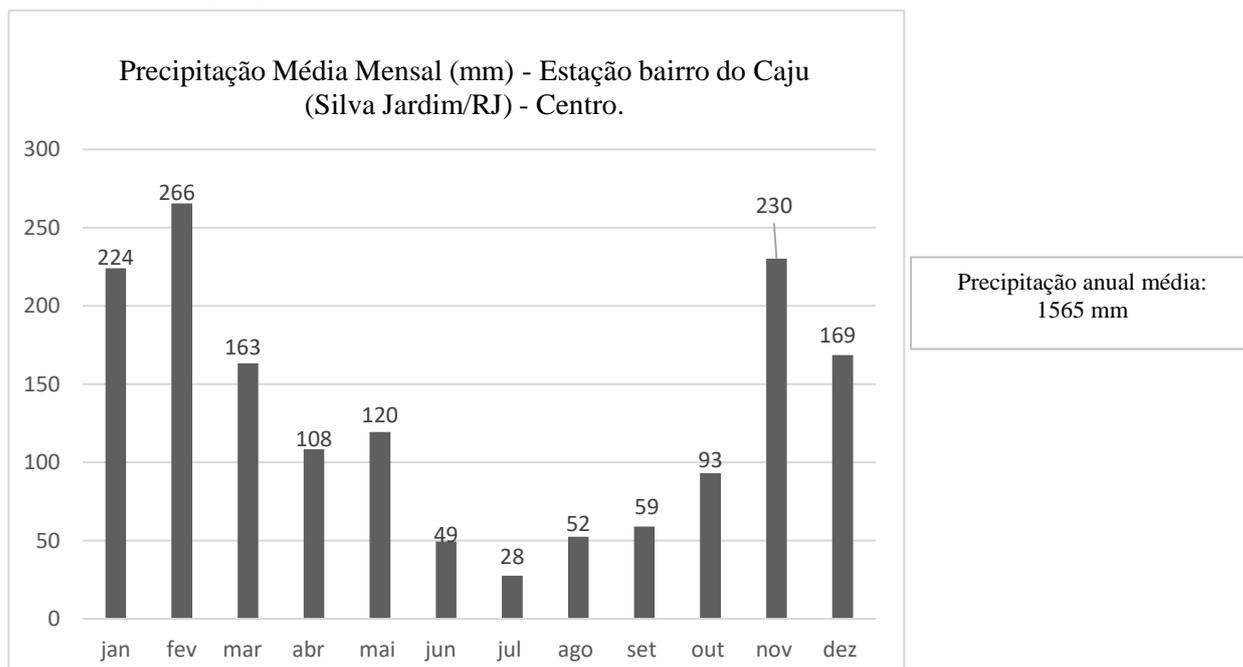


Fonte: Parracho, 2012.

A estação da Defesa Civil, localizada no bairro do Caju, se situa próximo ao centro de Silva Jardim, latitude 22°39'00" Sul e longitude 42° 24'00". Estando mais próxima da área de estudo é a estação de melhor representatividade do domínio Suave Colinoso em Silva Jardim apesar de ser uma estação recente (coleta dados contínuos de precipitação a partir de 2015). O total de pluviosidade anual é de 1.565 mm/ano (Figura 14), um total menor comparação à

estação de Gaviões. Vale ressaltar que por meio das entrevistas informais registradas nos cadernos de campo a questão da chuva sempre foi mencionada como fator limitante da produtividade da área da fazenda, especificamente em propriedades localizadas no contexto do entorno da Represa de Juturnaíba.

Figura 14 – Dados de precipitação da estação Defesa Civil - Silva Jardim /RJ.



Fonte: A autora, 2021.

### 3.2.5 Características Gerais e histórico de Ocupação e Uso da Terra.

O entendimento da dinâmica de uso e ocupação da região hidrográfica Lagos – São João evidencia impactos e mudanças ambientais, que tem ocorrido ao longo da ocupação humana nesta área do estado do Rio de Janeiro, o foco posterior no município de Silva Jardim e na área de estudo em específico é fundamental para o entendimento dos padrões e qualquer mudança notada no ambiente.

### 3.2.5.1 Uso e ocupação das terras da região hidrográfica Lagos - São João

O uso do solo da área da região hidrográfica do rio São João é muito diversificado, visto que esta bacia se compõe de 13 municípios. A bacia apresenta áreas densamente ocupadas e urbanas, como Arraial do Cabo (175,55hab/km<sup>2</sup>), Cabo Frio (453,75hab/km<sup>2</sup>) e, áreas de ocupação mais esparsas, como o exemplo do município de Silva Jardim (22,77hab/km<sup>2</sup>).

A população residente, nos municípios totalmente inseridos na região hidrográfica, apresenta uma média de densidade habitacional de 245,31hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Nos períodos de férias e feriados o total de população aumenta (PRIMO E VOLCKER, 2004) devido a seu litoral denominado Região dos Lagos do Rio de Janeiro.

O rio São João foi durante muito tempo a via natural de comunicação e de escoamento da produção proveniente das áreas interioranas, sendo utilizado até o século XIX, para transporte de madeira, produtos de lavoura, café produzido no setor serrano e alto vale da bacia do rio das Velhas, e o açúcar produzido nos terrenos ondulados e colinosos (LAMEGO, 1946). Com a abolição da escravatura ocorreu uma perda de importância econômica desta região. Mais tarde, passaram a serem cultivados nestas áreas, as frutas cítricas e a prática da pecuária extensiva de gado (LAMEGO, 1946), ambas muito presentes em Silva Jardim e em toda a história de ocupação do setor suave colinoso.

O litoral, até a década de 50, esteve ligado à pesca artesanal, exportação de carvão e da fabricação de artefatos pesqueiros. A condição local, de porto marítimo fluvial, deu origem à localidade de Barra de São João.

As áreas de relevo montanhoso e acidentado mantiveram-se com sua cobertura florestal originária (BASTOS E NAPOLEÃO, 2011). Havendo em pequenas porções, atualmente, usos agrícolas e de pecuária em pequena escala. Nos municípios situados na porção interiorana e montanhosa, podem-se destacar as atividades ligadas a agropecuária, mineração (pontualmente) e o turismo agrorural, em expansão. Nesta área nascem os três principais rios da bacia, os rios São João, Bacaxá e Capivari, o que torna essa área muito vulnerável a impactos de ordem ambiental (BASTOS E NAPOLEÃO, 2011).

Nas áreas de colinas suaves a atividade principal atual é a pecuária (SARAIVA, 2018), tomadas pelo capoeirão e lavouras de subsistência, destacando que esta ocupação é antiga, principalmente por sua melhor acessibilidade. Atualmente, desenvolvem-se nesta área atividades agrícolas e de pecuária. O mau uso de técnicas agrícolas e pisoteio do gado nestas áreas, acabam por desencadear processos de erosão laminar carreando grande quantidade de

material sedimentar para a bacia (CUNHA, 1995). Das atividades agropecuárias, a criação de gado bovino extensivo é a mais importante, tanto para corte quanto para leite. Ainda se destacam a piscicultura e a carcinicultura.

A Figura 14 apresenta a distribuição do uso e ocupação das terras na região hidrográfica. A principal lavoura é a citricultura (com ênfase nas culturas de limão e laranja), seguida da cana-de-açúcar, arroz, mandioca, banana, coco, feijão, inhame, mamão, maracujá e milho. Havendo nessas áreas irrigação à montante da represa de Juturnaíba, presente nas lavouras de olericulturas e cítricos, e a jusante da represa, arroz, cítricos e cana-de-açúcar (IBGE, 2010). Os vales não possuem atividades agropecuárias devido à abundância de áreas brejosas e suscetíveis a alagamentos periódicos. As atividades econômicas nos municípios situados à costa de maior destaque são a construção civil, o turismo, a exploração do petróleo off shore e a atividade pesqueira (IBGE, 2010).

Os municípios litorâneos atraem milhares de turistas, com destaque para a alta temporada, nos meses de férias e calor (verão), essa atividade foi grande impulsionadora de crescimento populacional e como consequência gerou uma especulação imobiliária e problemas advindos da falta de regulamentação fundiária e ambiental das moradias (PRIMO, 2005).

A extração de sal é uma atividade de grande potencial no litoral, sendo de fato, durante muito tempo, uma atividade de grande destaque nos municípios costeiros, tais como Cabo Frio e São Pedro da Aldeia. Hoje. Porém, se encontra em decadência, sendo praticada apenas no entorno da Lagoa de Araruama. Um dado importante a respeito do uso do solo são as áreas protegidas dentro da bacia (BASTOS e NAPOLEÃO, 2011).

Na categoria de Parques e Reservas Ecológicas a área de estudo possui em seu território: Parque Estadual dos Três Picos, Parque Estadual das Dunas, Reserva Ecológica de Massambaba, Reserva Ecológica de Jacarepiá, Parque Ecológico Municipal do Mico-Leão Dourado, Parque Municipal da Boca da Barra, Parque Municipal de Dunas, Parque Municipal da Praia do Forte, Parque Municipal da Gamboa, Parque Municipal da Praia do Forno, Reserva Ecológica da Ilha de Cabo Frio, Parque da Caixa d'Água e o Monumento Natural dos Costões Rochosos. Na categoria de Reservas Biológicas encontra-se inserida em seu território: Reserva Biológica de Poço das Antas, Reserva Biológica União e a Reserva Biológica das Orquídeas. Na categoria de Área de Proteção Ambiental encontra-se na área de estudo: APA do Rio São João/Mico-Leão Dourado, APA de Massambaba, APA da Serra da Sapiatiba, APA do Pau Brasil, APA da Lagoa do Iriri, APA Azeda/Azedinha, ARIE de Itapebussus, ARIE das Ilhas da Lagoa de Araruama. Ainda como unidades de conservação ou de proteção tem-se a Reserva

Extrativista Marinha de Arraial do Cabo (IBAMA), Áreas Tombadas Dunas de Cabo Frio e Arraial do Cabo (INEPAC), Área Tombada da Serra do Sambe e Área de Preservação Ambiental Municipal.

As Reservas Privadas encontradas são: RPPN Três Morros, RPPN Serra Grande, RPPN Quero-Quero, RPPN Ventania, RPPN Lençóis, RPPN Fazenda Bom Retiro, RPPN Reserva União, RPPN Gaviões, RPPN Fazenda Arco Íris, RPPN Granja Redenção, RPPN Mato Grosso, RPPN Sítio Santa Fé, RPPN Sítio Cachoeira Grande e a Reserva Ecológica Tauá, Parque da Preguiça

Merecem destaque algumas áreas protegidas, mas que não estão categorizadas pelo SNUC, são elas: Área de Proteção Permanente Campus da Universidade Federal Fluminense (UFF), Matas de Restinga da Marinha do Brasil, APP do Manguezal da Foz do rio São João, APP do Manguezal da Foz do rio das Ostras, APP do Manguezal do Porto do Carro e a APP do Manguezal da Foz do rio das Moças.

Quanto ao dinamismo econômico e populacional, cabe destacar que os municípios da região central (zona colinosa) dados do IBGE (2010) apresentam indicadores de um nível de estagnação econômica. Trabalhos anteriores de Saraiva *et al.* (2016, 2018) evidenciaram a degradação dos solos, dinâmica intimamente ligada ao pisoteio do gado, combinado aos Argissolos suscetíveis a erosão inserida ao longo dos setores colinosos evidenciando a fragilidade destas áreas, junto a necessidade de melhor entendimento desta degradação.

Falando especificamente do município onde se insere a área de estudo, Silva Jardim, teve origem no povoado de Sacra Família de Ipuca, situado às margens do rio São João, entre a barra do rio e o antigo povoado de Indayassu, hoje sede do município de Casimiro de Abreu, a pequena vila cresceu, sendo sua principal ocupação a exploração de madeira e a lavoura (INEA, 2017). Inicialmente, cultivavam-se cana-de-açúcar e cereais, mais tarde, passando à cultura de café, ocorreu um processo de desenvolvimento para o município. A estrada de ferro Leopoldina chegou em 1881 e trouxe mais dinamismo ao município, surgindo variados povoados nesta época.

Assim, a cidade experimentou um aumento de comércio extraordinário na década de 1920, principalmente em função do café e de cereais. Com a baixa dos preços do café nos anos 1930, houve agravamento da situação econômica (INEA, 2017).

O nome Capivari foi trocado por Silva Jardim em 1943, em homenagem ao advogado e republicano Antônio da Silva Jardim, nascido na Vila de Capivari. O município faz divisa com os municípios de Casimiro de Abreu, Nova Friburgo, Rio Bonito, Cachoeiras de Macacu

e Araruama, e ocupa uma área de 937,547km<sup>2</sup>. Sua sede se localiza a 35 metros acima do nível do mar. Dentre as localidades mais importantes inscritas no território municipal (todas próximas à Serra do Mar), estão seus quatro distritos: Silva Jardim, Gaviões, Bananeiras e Aldeia Velha.

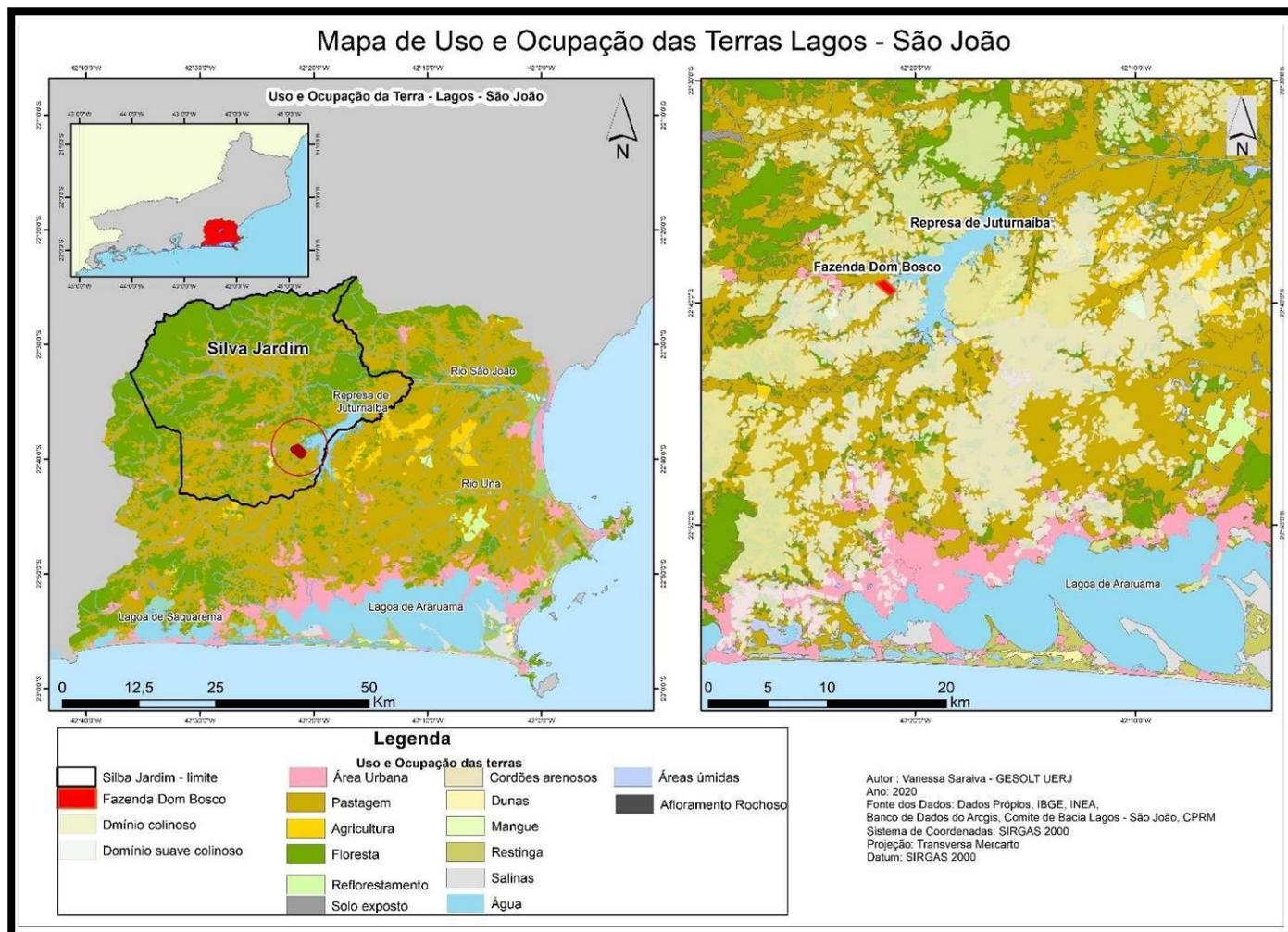
O município de Silva Jardim (Figura 15) possui atualmente 21.774 habitantes (de acordo com o modelo previsto para 2019 do IBGE cidades) a densidade demográfica é de 23hab/km<sup>2</sup> uma economia relativamente estagnada, seu crescimento demográfico, apresentado IBGE é quase nulo, mesmo com o passar dos anos. A média salarial é de 2 salários mínimos per capita, com um total de população ocupada em 18,7%, e somente 61,3% da população possui esgotamento sanitário adequado e 19 estabelecimentos de saúde do SUS.

Vale destacar, que em seu território existe a Reserva Biológica Poço das Antas e a do Mico Leão Dourado, com potencial de atração de pessoas ao turismo em algumas propriedades próximas à Serra do Mar.

A Represa de Juturnaíba (em modo zoom na Figura 13) também é citada como importante ponto de interesse ecológico (PRIMO E VOLCKER, 2004), além da distribuição das águas, não apresenta atrações e estabelecimentos voltados ao turismo, apesar de sua beleza. A população rural vive de pequenos comércios ou atividades nas diversas fazendas da região.

O rio Capivari foi avaliado pelo INEA (2017) como o corpo hídrico mais impactado do município, desde sua nascente, mas sobretudo quando o mesmo banha o município. O rio recebe a carga de esgoto de localidades e mesmo de parte do primeiro distrito de Silva Jardim. Ainda segundo o INEA (2017), dois terços de seu curso está sem mata ciliar. É usado para pesca e banho na área de fora da cidade. Existe extração mineral feita pontualmente e em pequenas escalas por moradores.

Figura 15 - Mapa de uso e ocupação das terras.



Fonte: A autora, 2021.

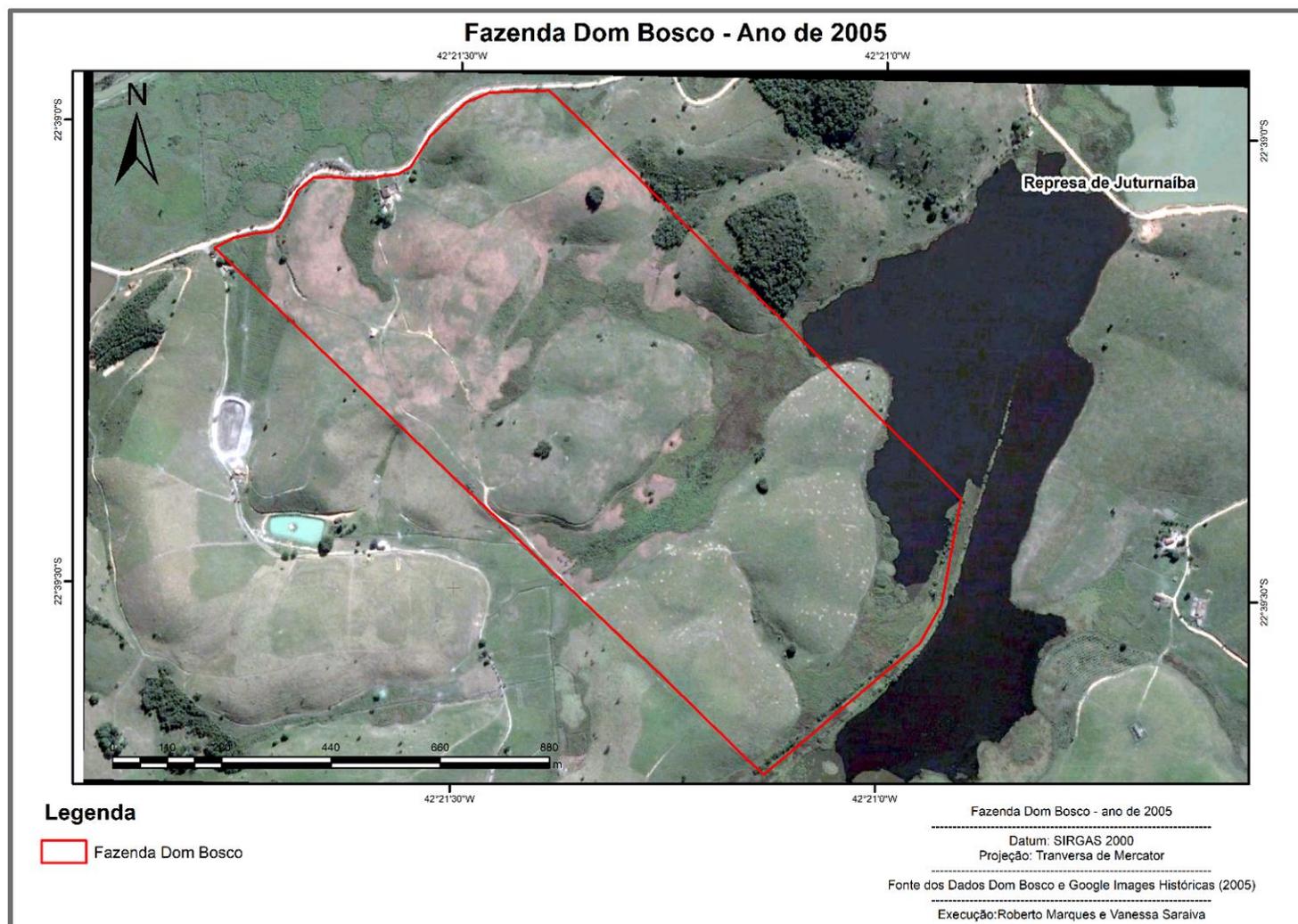
### 3.2.6 Breve histórico da ocupação da fazenda Dom Bosco e sua relação com o início da produção orgânica na região

A história da Fazenda Dom Bosco foi relatada e registrada via entrevista com os proprietários, somado aos dados disponíveis no Plano de Manejo da fazenda, e depoimento da experiência da área com técnicos da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro (EMATER-RIO). Acredita-se que a inclusão deste tópico enriquece o entendimento da dinâmica dessas e outras propriedades da região.

A área da atual fazenda teve como uso do solo pretérito ciclos de produção apresentados anteriormente, ou seja, desmatamento, plantação de cítricos, e pecuária bovina. A figura 16 mostra como era a paisagem da fazenda a partir das imagens históricas disponíveis pelo *software* *Google Earth* e editadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) no *software* ArcGis (ESRI), utilizando a imagem do ano de 2005 (antes da aquisição pelos proprietários).

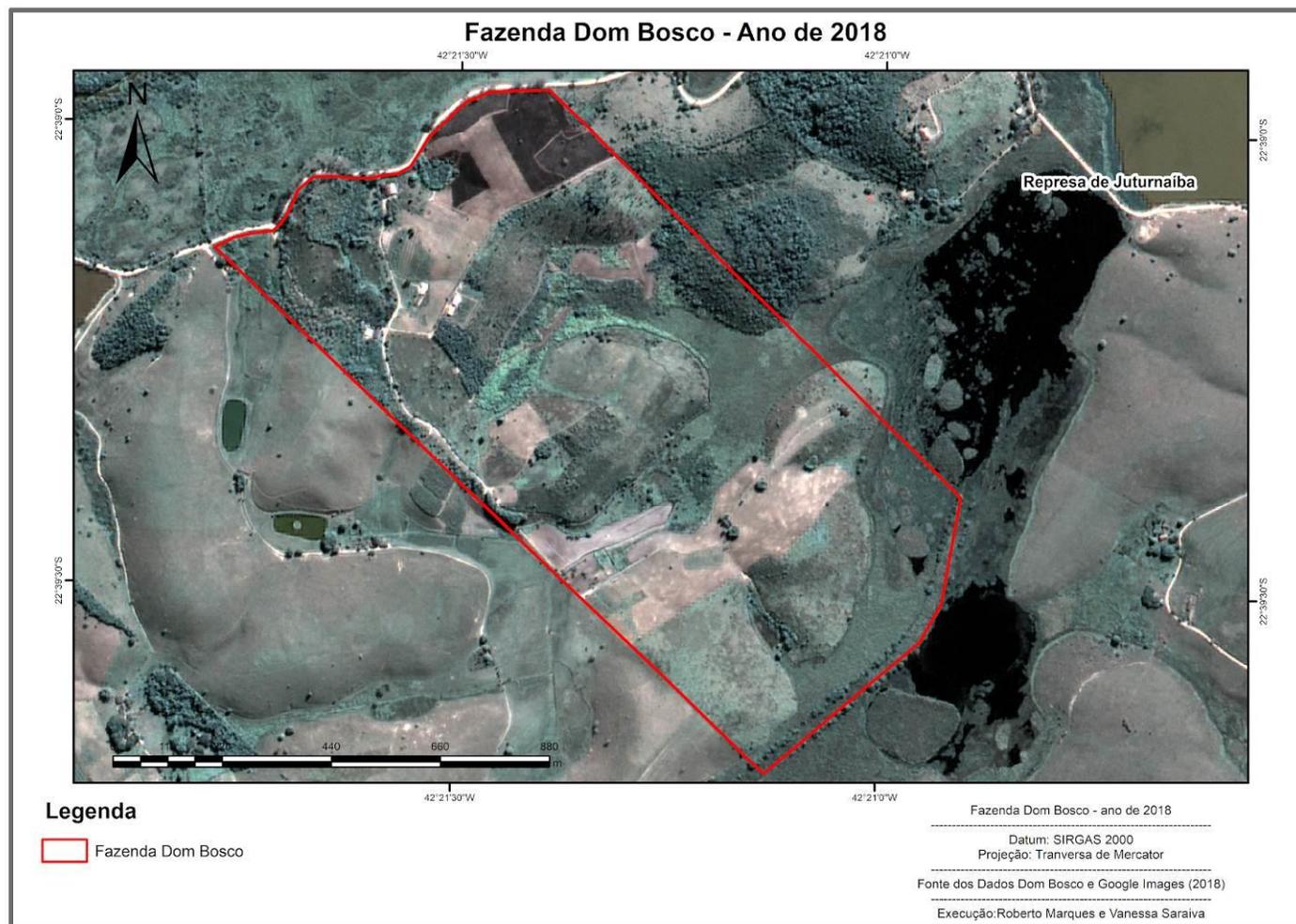
Nesta imagem é possível perceber solos expostos, sem a presença de cobertura vegetal. Já na imagem exibida na Figura 17 observa-se a mesma área, para o ano de 2018 (*Google Earth*) onde se observa áreas com crescimento já o crescimento de diferentes espécies vegetais, áreas sendo preparadas para plantio e outras áreas de reflorestamento.

Figura 16 - Imagem de satélite do ano de 2005 da fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

Figura 17 - Imagem de satélite do ano de 2018 para fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

O início da certificação orgânica da fazenda Dom Bosco (primeira fazenda certificada do município) foi realizado pela ABIO (Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro). Os gestores da fazenda iniciaram, uma busca de outros produtores interessados em certificação e produção orgânica na região, com ajuda do SEBRAE-RJ (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio de Janeiro), reuniram cerca de 24 produtores na região, em maior parte pequeno agricultor familiar. A partir de então surgiu o grupo que se denominou “Juturnaíba Orgânico”, porém muitos desistiram devido à falta de apoio político e operacional (logística, pagamentos, dificuldades de acesso em suas propriedades).

Por fim, na fazenda Dom Bosco o processo de certificação acabou sendo pelo INT (Instituto Nacional de Tecnologia). Assim, se deu início a produção, no ano de 2012, tendo uma marca ligada ao “Circuito Carioca de Feiras Orgânicas”. Este circuito é um importante circuito orgânico de feiras cariocas, com feiras nos bairros do Jardim Botânico, praça Afonso Pena, praça Saens Pena, Botafogo, Leme, Urca, Ipanema, Grajau, Meier.

A fazenda possuía como estrutura, duas casas, um trator, um carro, um caminhão pequeno, uma cozinha certificada, dois galpões, duas roçadeiras costal, um escritório e um quiosque para eventos com vista para a Represa de Juturnaíba. Como principais métodos produtivos é usado o plantio em curva de nível, agricultura orgânica tradicional e três SAFS (sistemas agroflorestais) que consistem na combinação de produções consideradas de boa convivência em pequenos círculos, crescendo de forma conjunta e se ajudando.

Em termos de movimentos para além da fazenda, no ano de 2017, deu-se início ao movimento “Silva Jardim Sustentável”, composto basicamente por 86 pessoas civis, um movimento totalmente não associado a Organizações Não Governamentais (ONGs), em parceria com a Universidade do Grande Rio (Unigranrio), Unirio, *Breda University* (Holanda), Universidade Rural do Estado do Rio de Janeiro (UFRRJ), que colaboraram com a logística e treinamento local. Sendo instituída as chamadas “geladeiras culturais”. Essas geladeiras são locais de aprendizado, troca treinamento e bibliotecas para novos produtores e a comunidade geral, com foco nas crianças, ligado ao movimento Silva Jardim Sustentável. Cabe destacar o apoio da Fundação Mico Leão Dourado em todo o processo.

A partir deste movimento nasceu a AGROBALI (Associação de Agricultores Orgânicos da Baixada Litorânea), objetivando auxiliar na logística e escoamento da produção local para o mercado consumidor (cidade do Rio de Janeiro). Esta associação é coordenada por um presidente e composta por 18 produtores certificados, em geral, são médios produtores com o perfil os

chamados neorurais (nome dado a produtores vindos da cidade, sem conhecimento ou trabalho prévio com o meio rural).

Apesar deste perfil de produtor possuir pouco conhecimento sobre a dinâmica ambiental e produtiva em si, visam a manutenção e investem em recuperação ambiental da área. Os principais produtos são as vocações regionais produtivas, dentre elas: mandioca, batata doce, milho, feijão (variados), críticos, frutíferas, bananas, palmito, e alguns produtos já processados como farinha de mandioca, goma de tapioca, fubá e canjiquinha. Um espaço físico foi guardado para cursos e para o Movimento Silva Jardim Sustentável, situado na BR 101 (próximo à entrada de Silva Jardim), em um campus desativado da Universidade Unigranrio (Figura 18).

Figura 18 - treinamento da AGROBALI com catadores e recicladores.



Fonte: Prefeitura de Silva Jardim, 2020.

As principais dificuldades relatadas pelos produtores são a degradação dos solos da área, necessitando de apoio técnico e ferramental para correção dos solos e sua restauração. Neste sentido, a EMATER-RIO tem buscado orientar os produtores, que possuem dificuldades em lidar com os solos da região, sobretudo pelo seu desconhecimento técnico.

A presente pesquisa assim, acabou se tornando um projeto de extensão vinculada ao GESOLT, treinando os trabalhadores da fazenda Dom Bosco e todo a pesquisa realizada teve devolutiva aos trabalhadores e proprietários locais, a fim de que estes possam aprimorar seu conhecimento a respeito de suas terras, bem como preservar e manejar melhor os ambientes.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A principal parte de uma pesquisa é o debruçar bibliográfico, neste capítulo buscou-se apresentar os debates bibliográficos considerados mais fundamentais à execução da presente pesquisa. São debatidos de forma resumida as seguintes temáticas: evolução da pedologia, desde os preceitos básicos da ciência do solo, até atuais teorias de distribuição dos solos na paisagem; evolução dos solos, mapeamento, e sua relação com outras áreas de pesquisa; novas tecnologias inseridas no contexto do entendimento dos solos, relevos e análise da paisagem; estudos de solos e propostas práticas em propriedades rurais.

### 4.1 Evolução dos conhecimentos pedológicos

Os solos podem ser compreendidos de diversas formas devido a sua característica de estar na interface com diversas ciências. Buscou-se neste subcapítulo elucidar questões no tocante da ciência do solo e a evolução no entendimento dos solos ao redor do mundo, buscando se ater às questões pertinentes ao tema da presente pesquisa.

#### 4.1.1 Solos como objeto de estudo

A pedologia é a área da ciência que assume o solo como seu objeto de estudo. Esta foi estruturada como ciência moderna, no final do século XIX a partir dos estudos de Dokuchaev e seus discípulos (ESPINDOLA, 2014). Dokuchaev foi um cientista do solo pioneiro que conceituou solo, perfil de solo, horizontes e tratou sobre a formação do solo como produto relacionado aos fatores de formação. Suas pesquisas foram realizadas em território russo, sua primeira obra data de 1879, intitulada “*Short description and crytical analysis of the more important soil classifications.*” (DOKUCHAEV, 1879).

O solo constitui um corpo tridimensional resultante da ação combinada de vários processos pedogenéticos, estabelecidos ao longo do tempo, podendo ser destacados: perda,

adição, translocação e transformação. Sua formação se dá ao longo de um determinado período de tempo e depende da intensidade de manifestação dos denominados “fatores de formação”, a saber: clima, relevo, organismos vivos, material de origem e tempo (OLIVEIRA, 2008).

Os registros das primeiras avaliações dos solos no Brasil datam de 1929, quando houve uma tentativa de descrever as características químicas de um Latossolo Vermelho (IBGE, 2007). Em 1941, 22 tipos de solos de São Paulo foram analisados, de acordo com as características petrográficas das rochas de origem. No final da década de 1950, e no começo da de 1960, foram realizados os primeiros levantamentos minuciosos no Estado de São Paulo, com a criação da Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino de Pesquisas Agronômicas do Ministério da Agricultura, em 1947 (IBGE, 2007).

Os horizontes pedológicos são constituídos de materiais relativamente homogêneos e quase sempre paralelos à superfície, cada um apresenta uma dinâmica e constituição particular. A sequência mais didática e apresentada de solos segue os horizontes O, H, A, B, F, C e R (RESENDE *et al.*, 2005).

O horizonte O é um horizonte orgânico e nem sempre presente nos solos, neste horizonte se acumulam matéria orgânica ainda em estado de decomposição O horizonte A é um horizonte organomineral superficial e influenciado pela atividade biológica, onde se registram as maiores flutuações de temperatura e conteúdo de água, sendo, em geral, o mais rico em nutrientes. O horizonte B costuma apresentar os maiores teores de argila, uma porosidade diminuída em relação ao horizonte A, tendo menor atividade biológica. O horizonte C tende a ser um dos horizontes de menor teor de argila, apresentando maiores quantidades de silte, sua coloração é menos homogênea. Ainda se pode acrescentar os horizontes R que representa a rocha fresca ainda não intemperizada (RESENDE *et al.*, 2005).

O solo é constituído por uma fase sólida e por espaços vazios. A primeira é composta por minerais e matéria orgânica, enquanto que a segunda é ocupada por soluções e gases. A fração mineral pode ser constituída de partículas de tamanhos que variam desde argilas até matacões. Na fração argila do solo ocorre um importante troca iônica fundamental para a manutenção da vida.

A maioria dos solos da crosta terrestre possuem carga negativa (coloides), que atraem cátions de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$  de acordo com sua capacidade de troca catiônica que varia de acordo com o solo e compõem a soma de bases de cada solo. A atividade das argilas, isto é, sua capacidade de troca catiônica e área específica, tende a crescer da caulinita, menos ativa, para a esmectita ou montmorilonita, mais ativa (RESENDE *et al.*, 2005).

As frações inorgânicas (argilas, silte, areia e partículas maiores) formam a base do sistema onde se inserem as soluções do solo (fase líquida) e o ar do solo (fase gasosa). Os organismos que vivem no solo e os produtos de sua atividade, interagindo sobre todas essas fases, completam o sistema (RESENDE *et al.*, 2005). Os primeiros 20 centímetros do solo são um local de intensa atividade biológica, com grande parte do nitrogênio necessário aos vegetais, situados nessa porção do solo (AZEVEDO *et al.*, 2007).

Azevedo *et al.* (2007) destacam que os solos exercem diversas funções ambientais, algumas delas são:

- a) Sustentação da produção de biomassa, onde este atua como um grande reservatório mantenedor e transformador de nutrientes disponibilizados para os organismos vegetais;
- b) Filtragem, onde, o mesmo mecanismo anterior que atua nos armazenamentos de nutrientes, também captura elementos com potencial de contaminação; transformação, o solo é um grande ambiente transformador, desde a transformação de resíduos orgânicos indesejáveis;
- c) Ação tamponante e térmica, nesta ação, os componentes quimicamente ativos da superfície dos coloides de um determinado solo reagem com espécies químicas na solução do solo circundante, procurando obter um equilíbrio químico do material, logo um solo menos ácido pode ter uma ação tamponante, na ação estabilizadora térmica a água no solo atua no sentido de manter sua temperatura mais estável e menos aquecida;
- d) Função de habitat biológico e reserva genética, o solo tem fundamental importância no ciclo biogeoquímico da terra, abrigando uma ordem de  $10^{29}$  células de bactérias por  $\text{cm}^3$ , com tal número de espécies o solo também pode ser considerado vetor de doenças.

#### 4.1.2 Sistemas pedológicos e solos tropicais

O solo é variável nas três dimensões do espaço (altura, largura e profundidade), porém, suas análises e discussões sempre foram feitas a partir da variação vertical, como em um corte de morro, onde se tem uma análise de duas dimensões, ou seja, das três dimensões, o perfil de solo em um corte de morro apresenta duas, largura e altura, e muitas vezes negligenciamos, que o perfil do solo é na verdade, uma face de um conjunto de seções, mais ou menos paralelas à superfície (RESENDE *et al.*, 2005).

A necessidade de um entendimento espacial da distribuição dos solos data de pouco antes da década de 40. Milne estabeleceu assim o conceito de espacialização dos solos na paisagem a partir do conceito de catena (MILNE, 1936). O conceito original tratou de envolver os processos que causam diferenciação de solos ao longo das encostas, atrelado à ideia da variação morfométrica da paisagem.

A partir da catena Milne (1936) foi possível mapear e descrever unidades de repetições regulares de solos ao longo da paisagem, Willding *et al.* (1983) destaca que para Milne existiriam dois tipos principais de catena. A catena onde o material de origem seria o mesmo, e as diferenças apresentadas pelos solos variam com as características da drenagem e dos processos superficiais. E a catena onde existiriam mais de um material de origem para a gênese de solos, o que daria a diversidade principal.

De fato, a maior parte das pesquisas pedológicas, só consegue adequadamente elucidar questões relacionadas aos padrões de distribuição espacial dos solos, às condições de sua formação e sua produtividade agrícola, a partir de uma prévia compreensão da paisagem como um todo (ÇELIK E DENGIZ, 2018; VIDAL-TORRADO *et al.*, 2005, XINGWU, *et al.*, 2015)

A partir de uma análise crítica à visão do solo apenas com finalidades agrícolas, Bocquier (1984), Boulet (1988) e Chauvel (1977) criaram estudos que buscaram um entendimento tridimensional da paisagem, e uma cartografia de maior complexidade na representação desta distribuição. Boulet (1984) esclarece que as coberturas pedológicas não são homogêneas apresentando variações laterais suaves ou mais abruptas.

A análise tridimensional da cobertura pedológica busca reconstituir, por aproximação geométrica, a organização espacial da cobertura pedológica, na escala do interflúvio elementar, ou, uma parte representativa desta. A redução da cobertura pedológica a uma combinação de superfícies contíguas, como as superposições verticais de horizontes, pode gerar uma

deformidade na realidade e, impedir a compreensão da organização da dinâmica e gênese dos solos e dos horizontes pedológicos (BOULET, 1993).

Esse novo formato de entender os solos, marcou uma quebra de paradigma, iniciando uma revisão acerca das interpretações realizadas sobre as relações entre os solos e vertentes e/ou entre morfogênese e pedogênese, sobretudo no meio tropical (QUEIROZ NETO, 2011).

Os sistemas pedológicos podem estar em equilíbrio dinâmico, ou, em transformação (BOULET *et al.*, 1984; QUEIROZ NETO, 1993; RUELLAN e DOSSO, 1993). Queiroz Neto (2011), numa revisão sistemática esclarece que os sistemas pedológicos em equilíbrio dinâmico ocorrem em relevos de colinas amplas e de menor declividade, com vales em forma de “u” muito aberto. Estes apresentariam coberturas latossólicas homogêneas, tanto vertical como lateralmente, ao longo das vertentes passando no sopé a solos hidromórficos (QUEIROZ NETO E PELLERIN, 1994). Estes sistemas indicam a presença de vertentes regularizadas e em certo equilíbrio, indicando uma estabilidade da rede hidrográfica inserida.

Sistemas pedológicos em transformação ocorrem em relevos colinosos, com vertentes convexas e declividades maiores, seus vales são em formato de V, podendo apresentar um fundo achatado ou colmatado. O exemplo mais claro deste tipo de sistema seria a sucessão, ao longo das vertentes, dos Latossolos no topo das colinas e dos Argissolos a partir das meias encostas (QUEIROZ NETO E PELLERIN, 1994).

Os solos tropicais e intertropicais são específicos, e trazem consigo grandes influências deste clima nas coberturas pedológicas existentes (ALBUQUERQUE FILHO *et al.*, 2008; RUELLAN e DOSSO, 1993; SANTOS *et al.*, 2010). Devido seus climas atuais que se relaciona diretamente com a vegetação, e características físico-químicas de seu relevo e geologia. Porém os pedólogos franceses encontraram alguns fatores fundamentais para a evolução dos solos nesta área: a estabilidade tectônica, relativa estabilidade climática e a alta intensidade dos mecanismos de alteração e transferência de material (RUELLAN E DOSSO, 1993).

Alguns trabalhos investigaram as influências do material de origem e das superfícies geomórficas no comportamento dos solos. Por exemplo, Marques Júnior (1995) estudou as relações solo-superfície geomórficas sob substrato arenítico na região de Monte Alto (São Paulo - SP), Meirelles (1998) estudou as mesmas relações sob substrato basáltico na região de Jaboticabal (SP). Enquanto Cunha *et al.* (2005) e Campos *et al.* (2008) estudaram as relações solo-superfícies geomórficas em transição arenito-basalto, sendo constatado em todos esses estudos relações estreitas entre as idades dos solos e as das superfícies geomórficas.

Para Chadwick e Graham (2000) e Wysocki *et al.* (2005), a idade a intensidade e a duração dos processos pedológicos, assim como as próprias características do material de origem, são os principais responsáveis pelos tipos e distribuição dos solos na paisagem (PHILLIPS *et al.*, 2004).

De acordo com Krasilnikov *et al.* (2005) o entendimento das relações entre os solos e as superfícies geomórficas permitem compreender a estrutura da paisagem, favorecendo assim a predição da distribuição dos solos, vegetação e processos erosivos, constituindo-se uma importante ferramenta para levantamento pedológico e manejo do solo.

Sanchez *et al.* (2005), avaliando a variação dos atributos do solo e da produção de café em diferentes superfícies geomórficas na região do Alto Paranaíba, MG, observaram que tanto os atributos do solo como a produção de café apresentaram resultados coincidentes com o conceito de superfícies geomórficas. Marques Júnior *et al.* (1997) também observou maior produção de cana-de-açúcar na superfície mais rejuvenescida, indicando que os limites entre as superfícies geomórficas podem representar limites de locais específicos de manejo.

Graham *et al.* (1990) e Phillips (2004) alertam que essas superfícies geomórficas variam grandemente em extensão, dependendo das posições em que se encontram nas paisagens. De acordo com Bockheim *et al.* (2005) os solos são dependentes geneticamente e evolutivamente das superfícies geomórficas nas quais estão inseridos. Apesar de estar implícito no conceito de superfície geomórfica o caráter erosional e deposicional, poucos são os estudos que cruzam essas informações com as taxas de erosão do solo (MINASNY E MCBRATNEY, 2006).

Campos *et al.* (2008) avaliando as perdas de solo por erosão em diferentes superfícies geomórficas na região de Pereira Barreto, SP, observa que as perdas de solo apresentaram comportamento coerente com a conceituação de superfícies geomórficas, evidenciando as relações de dependência do processo erosivo do solo aos ambientes geomórficos.

Portanto, a paisagem deve ser considerada o principal fator para delinear e alocar taxonomicamente tipos do solo. Há então de se considerar a estratificação da unidade solo de acordo com o traçado da paisagem e particularmente com as unidades de terras com sistemas fisiográficos semelhantes (CARRE E MCBRATNEY, 2005).

Nesse sentido, Perez *et al.* (1980), estudando as relações solo-geomorfologia em uma várzea no rio Mogi Guaçu (SP), reconhecem a importância destas ferramentas para compreender as razões de desenvolvimento dos diferentes tipos de solos. Moniz (1996), por sua vez, destaca que estas relações possibilitam:

- a) Estabelecer relação entre a distribuição do solo e a fisiografia na paisagem;

- b) Corroborar, ou não a relação de dependência da gênese do perfil do solo com a topografia;
- c) Conclusões que o desenvolvimento simultâneo dos solos e do relevo, são simultâneos;
- d) Compreender as influências dos processos geomorfológicos nas características do material de origem dos solos.

#### 4.1.3 Relação solo e relevo

A relação entre os solos e sua distribuição dentro dos modelados terrestres sempre intrigaram os cientistas. O histórico do enfoque desta relação varia, de acordo com diversas correntes do pensamento, e, evolução particular de cada país nas ciências ambientais.

Na Rússia, onde nasceu o chamado pai da ciência do solo, Vassillii Dokuchaev (1846-1903), a evolução da pedologia se estabeleceu próxima à geomorfologia, sendo feita relação de forma quase instantânea entre elas. Porém, em muitas correntes, os estudos dos solos foram calcados, a partir do entendimento da paisagem geomorfológica, gerando inclusive uma forma antagônica de se observar os processos de pedogênese e morfogênese. Ou seja, uma paisagem poderia estar em processo de pedogênese, ou, em processo de morfogênese, uma visão simplista e generalizada da evolução do modelado terrestre.

A geomorfóloga brasileira Margarida Penteado ressalta que a pedologia estudaria um aspecto particular dos fenômenos, o contato entre a litosfera e a atmosfera, nesta área, os seres vivos intervêm, modificando os solos (PENTEADO, 1974). Penteado ressalta que os pedólogos fazem geomorfologia intuitivamente, sendo os solos submetido as ações morfogenéticas, representando um balanço momentâneo de duas forças antagônicas, junto ao substrato, e, mecanismos abrasivos ligados aos climas. Nesta linha de raciocínio, se entende que para início de uma pedogênese, seria necessária uma estabilidade mínima dos materiais.

Em sua análise intitulada “Pedogênese no Planalto Atlântico: contribuição à interpretação paleogeográfica dos solos da Mantiqueira” Queiroz Neto (1975) abordou esta questão em solos da fachada norte ocidental da Mantiqueira, distinguindo áreas de relevos de colinas amplas com dominância de Latossolos, e áreas com relevos mais colinosos onde aparecem os solos com horizonte B textural (Argissolos). A proposta de um modelo de evolução

do relevo baseava-se nos conceitos de mamelonização e pedimentação (QUEIROZ NETO, 2011).

Para Queiroz Neto (2011), as interpretações, de que, a estabilidade tectônica era fundamental, para o desenvolvimento de solos, levou a equivocadas interpretações, na estimativa do tempo de formação de cada tipo de solo: “pedogênese ficava na dependência da definição da evolução do relevo” (QUEIROZ NETO, 2011). A nomenclatura atribuída aos diferentes solos contribuiu à uma visão equivocada do fator “tempo” na evolução dos solos.

O termo “*cambi*” dos Cambissolos, porém do latim de *cambiar* / trocar, e este solo é entendido como um solo de evolução intermediária; o mesmo ocorre com o termo “*neo*” dos Neossolos, que significaria novo, ou seja, solos provenientes de um material jovem. Em uma cronosequência ideal, os solos inicialmente produzidos, na escala de tempo seriam como os Neossolos, que se desenvolveriam para Cambissolos, e posteriormente Argissolos, até se chegar ao solo mais evoluído que seriam os Latossolos. Esta ideia, supõe que o tempo necessário para a formação dos Latossolos, é maior do que o tempo necessário para formação dos Neossolos, o que nem sempre de fato ocorre na natureza, sobretudo nos meios tropicais, onde a intemperização e pedogênese são aceleradas, dependendo do ambiente.

Essa linearidade clássica, sobretudo quanto ao fator tempo, começou a ser questionada a partir dos estudos solos tropicais. As correntes da geomorfologia climática também trouxeram questionamentos sobre a relativa estabilidade do terreno brasileiro. Bigarella *et al.* (1965) discutiram vários modelos de evolução do relevo (incluindo os de Davis, King e Hack) com base em eventos ocorridos no Sudeste do Brasil, no neoceno. Neste estudo, os autores concluíram que suas observações de campo, se adaptam melhor a um esquema de “alternâncias climáticas” ocorridas no Brasil durante o período do Quaternário (SUGUIO, 1999).

Basicamente, estes autores propõem ter havido fases de retrocessos progressivos das vertentes por forte erosão, nos períodos de clima semiáridos, alterados por processos de morfogênese menos avançada, nos períodos úmidos. Essas alternâncias, explicariam a formação, dos espessos mantos regolíticos (nas fases úmidas), e, sua posterior erosão e deposição próxima dos materiais-fonte (nas fases semiáridas), formando os patamares pedimentados com seus espessos depósitos correlativos (VIDAL-TORRADO *et al.*, 2005).

Atualmente, falar de total estabilidade no período do quaternário, é questionável, pois, se tem descoberto que certas superfícies podem ter sido reescaladas, por movimentos tectônicos, durante o Quaternário (HASUI *et al.*, 1995; SILVA e MELO, 2011), sobretudo, nas zonas com substrato rochoso muito fraturado. No Brasil estes estudos hoje são realizados por

geólogos ou geomorfólogos pela área denominada neotectônica ou, ainda, “tectônica ressurgente” (HASUI, 1995).

Tais estudos se debruçam sobre as reativações recentes e atuais do modelado do relevo brasileiro, evidenciando uma dinâmica intensa da paisagem, como pode-se ver nos trabalhos de Marques Jr. *et al.* (1997), Fortes *et al.* (2005) Silva e Melo (2011), Rosseti *et al.* (2012). Vidal-Torrado (2005) evidencia a possibilidade de uma revisão sistemática de alguns estudos geomorfológicos, anteriores ao entendimento maior do papel da Neotectônica no Brasil.

Um exemplo, é a interpretação de Da Silva *et al.* (1997), que contrastante com a de Penteado (1969), em relação à origem dos diferentes níveis planálticos, que existem na Depressão Periférica Paulista. Penteado (1969) atribuiu a origem desses níveis, a diferentes eventos de pedimentação, originados durante o Quaternário; e, como consequência única de fenômenos induzidos por alternâncias climáticas. No estudo de da Silva *et al.* (1997), se sugere, que alguns destes níveis, podem resultar de movimentos tectônicos quaternários. Estes níveis, não poderiam ter sido interpretados, por Penteado (1969), como diferentes superfícies interplanálticas, mas como uma mesma superfície rebaixada ou alçada a diferentes níveis topográficos durante o Quaternário. (VIDAL-TORRADO *et al.*, 2005).

O mesmo raciocínio altera em algumas paisagens, a relação causa-efeito, em que, o solo é resultado do relevo, podendo inclusive se pensar, no relevo, resultando da evolução do solo. Papel este já publicado por Vidal-Torrado *et al.* (2005), mostrando que as remoções pedogenéticas induzidas por dissolução intempérica, também constituem um importante processo indutor da erosão. Sínteses de trabalhos com enfoque na dissolução intempérica, ou ação geoquímica, foram apresentadas por Millot (1977), Bocquier *et al.* (1984), Boulet *et al.* (1984), Chauvel (1977). Nahon e Millot (1977).

Nessa linha, também se pode citar os trabalhos que propõem a transformação, pelo intemperismo diferencial, de Latossolos em Espodossolos (LUCAS *et al.*, 1984) ou ainda em Planossolos e silcretos (NASCIMENTO, 1996). Outro importante estudo. neste sentido. Foi o de Nascimento e Perez (2003), analisando o papel das couraças ferruginosas (ferricretes) na transformação dos Latossolos em Argissolos. Lucas *et al.* (1984) e Lucas (1989) afirmaram que o intemperismo, e, a pedogênese, seriam, os únicos, responsáveis pela evolução dos Latossolos mais argilosos, localizados na região Amazônica, para Espodossolos arenosos.

Estudos de Espindola (2008) e Queiroz Neto (2011) criticam a visão do processo pedogenético como uma equação onde a pedogênese atua no sentido Neossolos » Latossolos. Exemplos ilustrativos que relacionam as mudanças ambientais diacrônicas às formações e

transformações de aspectos do relevo regional e local foram reunidos por Tardy (1993), com base na síntese sobre a petrologia das lateritas e seus regolitos.

Em outro exemplo interessante, Dosso (1990), ilustra a evolução temporal dos solos, em relação, à do clima e da vegetação (comparando regiões tropicais com as temperadas); e, vários outros exemplos, reunidos por Boulet (1988; 1993), interpretam a evolução do próprio relevo a partir da transformação (autodesenvolvimento) dos próprios solos, onde os fluxos hídricos desempenham papel fundamental.

Assim, Salgado (2005) fala de uma pedogeomorfologia (*soil geomorphology*), termo proposto inicialmente por Conacher e Dalrymple (1977), onde se elabora a evolução das paisagens, sobretudo a evolução das vertentes, como uma via de mão dupla entre os entendimentos dos postulados geomorfológicos e pedológicos, sem buscar uma dominância.

Embora a definição dessa disciplina não esteja ainda bem estabelecida, assim como seus métodos de análise, há um número crescente de pesquisadores abordando o assunto e propondo linhas de ação. Birkeland (1990), por exemplo, sugere estudos pedogeomorfológicos em quatro áreas: desenvolvimento de um arcabouço de cronossequência de solo para estimar a idade de depósitos superficiais; uso do solo como indicador da estabilidade da paisagem; determinação de propriedades do solo que indiquem mudança climática; interação de informações sobre o desenvolvimento de um solo na encosta, escoamento superficial e infiltração da chuva e processo erosivo.

Os trabalhos desenvolvidos na linha pedogeomorfológica empregam métodos distintos, relacionando-se, em muitos casos, à experiência do pesquisador. Quando este é um pedólogo, geralmente utiliza dados geomorfológicos na caracterização regional ou em uma primeira aproximação de unidades espaciais definidas para a coleta de amostras. Já um geomorfólogo, na maior parte das vezes, considera apenas as características gerais do solo referentes à sua classificação e/ou sua posição na paisagem (SALGADO, 2005). O estudo de McFadden e Knuepfer (1990) analisou a ligação entre pedologia e os processos superficiais. Realizando estudo pioneiro que integrou geólogos, geomorfólogos e pedólogos, criando uma corrente de solo-geomorfologia.

Embora seja evidente a interação relevo-solo na evolução da paisagem, o emprego de escalas de grande detalhe, em nível de encosta, geralmente demonstra poucas relações entre a variabilidade espacial dos atributos pedológicos e as características da encosta, ou seja, o problema da escala precisa ser bem definido. A obra “*Geopedology*” de Zinck *et al* (2016) busca exatamente esta integração entre geomorfologia e pedologia nos estudos das paisagens, trabalha

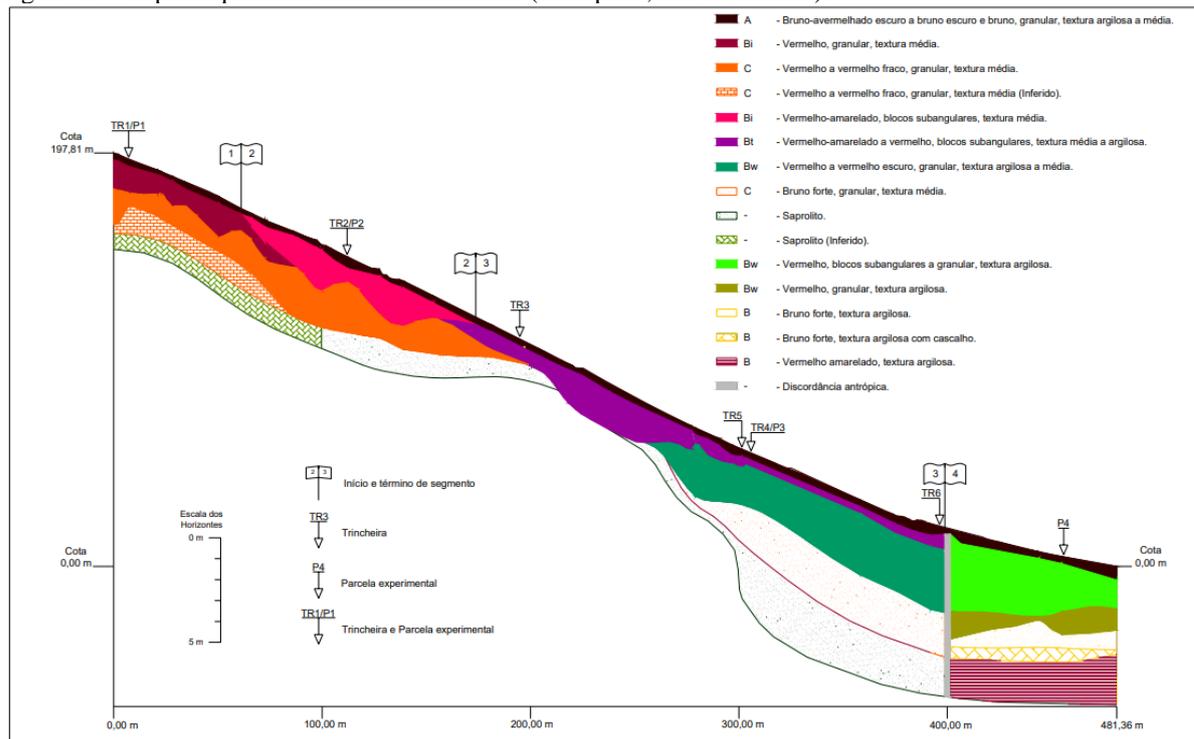
no que chama de “paisagens pedológicas” (ZINCK *et al.*, 2016) e “paisagens “geomorfológicas” (ZINCK *et al.*, 2016)” e os possíveis métodos de análise solo-paisagem.

Para melhor entendimento da relação solo paisagem a perspectiva tridimensional acrescenta uma visão ampla da vertente, no Brasil atual, algumas pesquisas (COOPER, 2013; COOPER E CASTRO, 2017; DA SILVA SOUZA *et al.*, 2008; MEDEIROS *et al.*, 2008; DEMATTE *et al.*, 2016) têm sido realizadas, a partir deste enfoque, utilizando o conceito de topossequência.

#### 4.1.4 Análise da cobertura pedológica

A análise estrutural dos solos consiste em um levantamento pedológico, em nível de detalhe, onde se busca identificar variações de solos, ao longo de uma topossequência, visando entender os sistemas de transição dos materiais que compõem os horizontes dos solos, e sua distribuição (BOULET, 1988). A técnica permite a descrição completa dos principais atributos morfológicos dos solos, e adicionando à visão bidimensional do solo, uma representação tridimensional nas unidades de estudo da topossequência (a vertente como um todo), possibilitando informações pormenorizadas da organização da cobertura pedológica. A fim de exemplificar o tipo de resultado que se obtém na elaboração da topossequência a Figura 19, mostra uma topossequência, levantada para o município de Petrópolis RJ, onde a aplicação da análise estrutural dos solos, foi utilizada para o entendimento e investigação da influência da erosão na remoção de nutrientes e metais pesados de uma encosta (SILVA., 2006; SILVA *et al.*, 2016).

Figura 19 - Topossequência Fazenda Marambaia (Petrópolis, Rio de Janeiro).

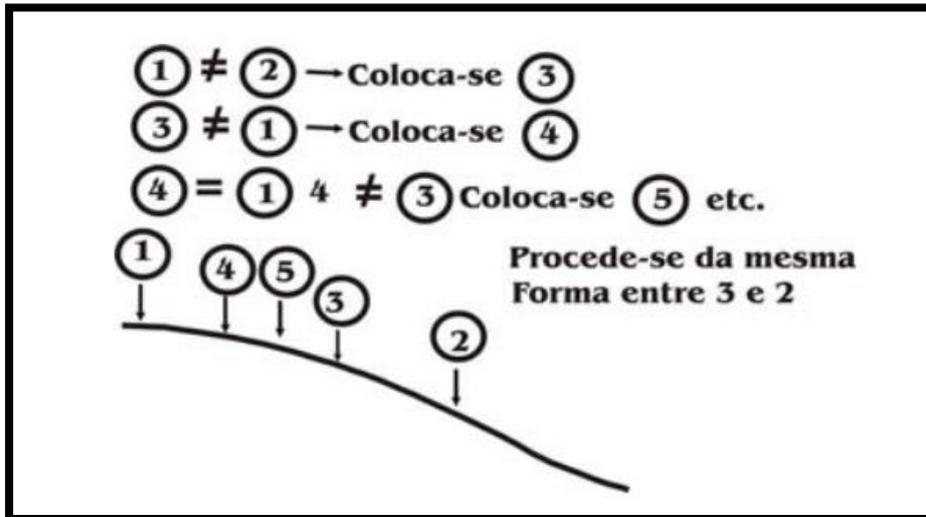


Fonte: Silva, 2005.

O método utilizado para a realização deste tipo de análise, envolve um somatório de técnicas, descritas em detalhe por Boulet (1988). A primeira fase, a depender do objetivo, envolve a escolha de uma topossequência representativa. Definida a área, que pode ou não ser uma bacia de primeira ordem, se estabelece o local de abertura de trincheiras, onde é descrita a morfologia dos horizontes encontrados. Pode-se complementar as análises de campo com informações de laboratório em amostras indeformadas para a descrição micromorfológica, ou amostras deformadas para entendimento das características de forma pormenorizada.

Além das trincheiras, se faz necessário um levantamento topográfico minucioso, que inicialmente, realizada com o clinômetro, trena e metro, trabalhando estes dados posteriormente para se encontrar os desnivelamentos, que atualmente pode ser feito com auxílio das geotecnologias. Sondagens a trado complementam as análises, devem ser feitas no topo da vertente até o fundo da depressão buscando encontrar todas as transições do sistema pedológico (Figura 20).

Figura 20 - Implantação das tradagens ao longo de uma Topossequência.



Fonte: Adaptado de Boulet, 1988.

A partir deste levantamento se permite o entendimento das organizações (estruturas) das coberturas pedológica, ficam representados, de alto a baixo da vertente, o surgimento, o adelgaçamento ou espessamento, desaparecimento e a interrupção de cada horizonte do solo, criando, todo um sistema de transformação da cobertura pedológica, sua relação com a morfologia e o equilíbrio da paisagem.

Para Queiroz Neto (2010), a análise estrutural da cobertura pedológica proposta por Boulet *et al.* (1988) permite:

- a) Estudar processos biodinâmicos, sentidos da evolução da pedogênese, identificação dos sistemas de transformação e representação cartográfica;
- b) Reconstituir diferentes mecanismos responsáveis pelas diferenciações pedológicas, bem como suas sucessões cronológicas, abordando a dimensão temporal;
- c) Oferecer um quadro do comportamento e funcionamento atual da cobertura pedológica, sobretudo o comportamento e funcionamento hídrico, abrindo caminhos para compreensão das relações “solo x planta” ou, “culturas x cobertura pedológica”.

Queiroz Neto (2010) evidencia que, trabalhos que analisam a topossequência buscando apresentar cartas e mapas tridimensionais da cobertura pedológica, poderiam aprofundar o entendimento da erosão, sobretudo a erosão geoquímica, analisando os movimentos internos dos horizontes.,

Lepsch *et al.* (1977), trabalhando com Latossolos, e, sua relação com superfícies geomórficas mais antigas, conclui que coberturas latossólicas não devem ser exclusivamente interpretadas como correlativas de superfícies antigas, pois nem sempre ocupam posição topográficas de cimeira. Assim defende que para que haja formação de Latossolos, em determinada paisagem, se faz importante a velocidade dos processos pedogenéticos que o formam, e não necessariamente uma relação de antiguidade da superfície geomorfológica em que se estabelece.

Para Lepsch (2013) os levantamentos de estratigrafia, geomorfologia e hidrologia das nossas paisagens são fundamentais e possibilitam que a partir deles seja possível entender a gênese dos solos e estabelecer critérios para mapeamentos pedológicos detalhados inclusive. O autor acredita isto deva ser realizado em levantamentos detalhados que efetuados em fazendas experimentais, como os estudos realizados no Instituto Agronomico de São Paulo (IAC) por Sakai e Lepsch (1984) e outros como Cunha *et al* (2005) e Cooper *et al* (2002, 2005) efetuados em parceria com o IAC.

Garcia e Espindola (1979) observam que os denominados Neossolos Quartzarênicos (tidos como solos em processo de formação – “jovem”), ocupavam, em muitas paisagens, posições de cimeira de antigas superfícies aplainadas, sendo muito espessos e intemperizados. Em seu estudo, estes autores concluem que estes solos, são produtos do dismantelamento de antigas superfícies geomórficas, admitindo-os assim como solos “senis”, tais como, os que ocorrem na planície amazônica. Ladeira e Celarino (2017) mostram que em ambientes tropicais a taxa de pedogênese é tão alta e significativa, que mesmo em sedimentos aluviais recentes, em cerca de 1.000 anos, se desenvolveu um Gleissolo com estrutura prismática.

Estudos a respeito das concreções, tipo de formações pedológicas comumente formadas em climas mais secos, desenvolvidos por Ladeira. (2010), Queiroz Neto (2001), Silva *et al.* (2017), Nascimento *et al.* (2017), demonstraram como estas podem auxiliar na reconstituição climática. Então analisando concreções atuais, localizadas em zonas de climas úmidos, se pode supor que denota de um processo correspondente a outra fase climática. Estudo semelhante foi realizado por Costantini e Priori (2007) em paleossolos na região central da Itália, onde, no Plioceno, foram formados horizontes plinticos que não correspondem ao clima atual da região. Para Eze *et al.* (2014) a plintita, em todo mundo, guarda importantes registros climáticos nos solos, para isso devem ser cautelosamente analisadas.

A microfauna do solo ganha destaque no trabalho pioneiro de Ladeira (1995), onde O autor demonstrou a ação desta microfauna, nos Latossolos, de características microagregados,

formados em São Paulo. O estudo aponta que a ação destes microrganismos, mistura os materiais componentes do solo, o que explica a semelhança entre os materiais acima e abaixo das “*stone lines*” encontradas em alguns destes Latossolos, trazendo uma possível comprovação da origem alóctone deste material, como defendem e apontam os achados de Espínola (2008).

Silva (2006) aponta que a análise estrutural dos solos, passa a ser mais uma ferramenta, nos estudos ligados à gênese e comportamento dos solos, bem como, de evolução do relevo, pois permite experimentações sobre os processos que já atuaram no solo, ou que ainda atuam (dinâmica de água e das soluções, transporte de partículas e de elementos, atividades biológicas) e sobre o comportamento desses solos face às técnicas de exploração (QUEIROZ NETO, 1988).

Para estudos de erosão, Castro (2008) evidencia o papel dos poros, principalmente as características dos poros. Poros conectados entre si facilitam a circulação da água, enquanto que poros fissurais, e fracamente conectados, tendem a reduzir a velocidade de circulação da água. A presença de horizontes ricos em argila e de baixa condutividade hidráulica pode proporcionar o desencadeamento de processos erosivos, ou mesmo movimentos de massa (FURIAN *et al.*, 1999). Neste mesmo sentido Silva (2006) destaca a importância dos estudos de topossequência, relacionando erosão com contaminação por metais pesados nas águas geradas pelo escoamento superficial de solos com baixa condutibilidade hidráulica.

Analisando desenvolvimento pedogeomorfológicos, taxas de infiltração e manutenção do fluxo de base dos rios, destaca-se o estudo de Morais (2007). Este atenta para a importância da permanência da água dentro das bacias hidrográficas, proporcionando uma maior disponibilidade de água para consumo e desenvolvimento da vegetação. Ressaltando também que a maior parte dos problemas ambientais, tais como, erosão, movimentos de massa, inundações, assoreamento e qualidade da água são afetados pelas taxas de infiltração.

Relacionando desenvolvimento dos solos com as características da drenagem destacam-se os estudos de França e Demattê (1990) e Campos (2008) analisando a infiltração e deflúvio em diferentes coberturas pedológicas e padrões de drenagem. Estes salientam que, o comportamento da drenagem fornece indicadores sobre as taxas de infiltração, e, deflúvio, capacidade de infiltração, permeabilidade e textura dos materiais da área do entorno. Podendo ser utilizado como parâmetro para estabelecer áreas de transição de Latossolos, para Argissolos, e, Neossolos Litólicos aprimorando o mapeamento dos solos. Outra conclusão é a de que solos profundos e bem drenados tendem a apresentar menor deflúvio superficial e, conseqüentemente, menor número de rios e canais, enquanto solos de drenagem interna lenta, com elevado gradiente textural, tendem a apresentar maior deflúvio superficial, apresentando maior número de rios.

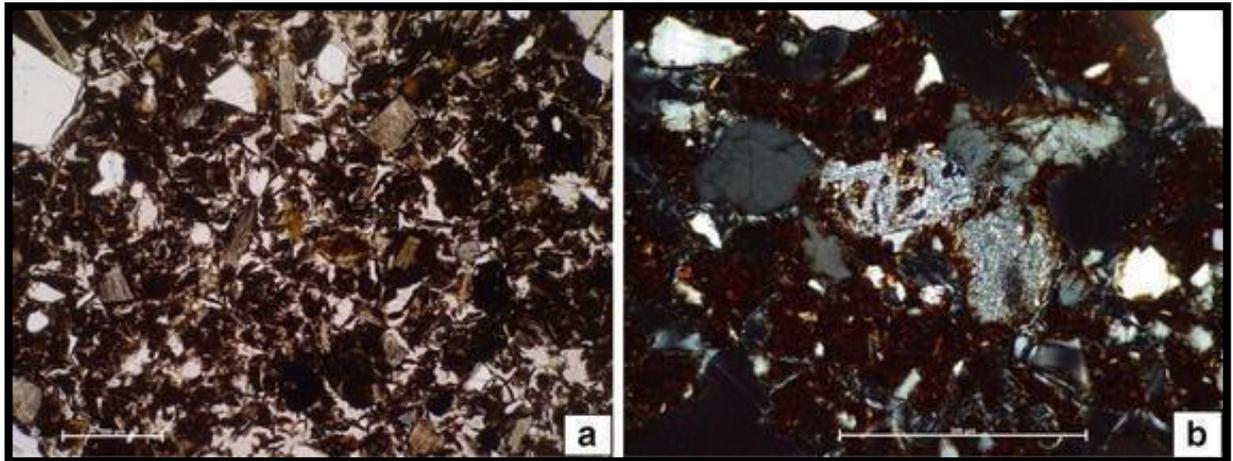
#### 4.2 Micromorfologia de solos e suas aplicações para estudos pedológicos

No ano de 2018, a Micromorfologia, ou, Micropedologia, completou seus oitenta anos. A publicação que marca sua sistematização foi elaborada por Walter L. Kubiena no ano de 1938 (KUBIENA, 1938). O método, desenvolvido por Kubiena, buscou a partir da análise de lâminas delgadas, elucidar os processos vistos em escala de perfil, ou horizonte, dentro da escala milimétrica, ou mesmo, abaixo disso, como no caso das argilas (BERTHELIN *et al.*, 1994).

A micromorfologia de solos, ou, micropedologia, consiste resumidamente a uma técnica que visa a observação morfológica dos solos, em escala micrométrica. Para isso se coletam amostras indeformadas de material pedológico, que posteriormente são impregnados com resina e laminados para observação em microscópios óticos polarizadores semelhantes aos usados em análises petrográficas (COOPER E CASTRO, 2017). Estas análises podem identificar os diferentes constituintes do solo (CASTRO, 2008).

A técnica auxiliou no entendimento da dinâmica interna dos solos e permitiu a comprovação e o avanço das pesquisas sobre gênese e comportamento dos solos. Stoops (2009) em uma publicação sobre o balanço das produções acerca da Micromorfologia destacou o papel de Kubiena, que em sua obra sedimentou a importância deste conhecimento para a ciência do solo, na Figura 21 pode-se observar um exemplo do tipo de imagem que se pode obter a partir do microscópio.

Figura 21 – Exemplos de imagens obtidas em microscopia, em luz polarizada.



Fonte: Silva *et al.*, 2016.

Na década de 50 até 60 houve uma nova evolução dentro da ciência do solo como um todo (STOOPS, 2009). Brewer no ano de 1964 publicou um importante obra para a micromorfologia de solos, reeditada 1974, “*Fabric and Mineral analysis of soil*” onde foi organizada e sistematizada a técnica e seus principais conceitos. Neste sistema, muitas ideias de Kubiëna (1938) sobreviveram, sendo uma das principais diferenças a distinção entre esqueleto, tecido e plasma. Também sendo acrescentado padrões de distribuição e orientação além de tamanhos pré-estabelecidos, abrindo caminho para análises quantitativas e comparativas na micromorfologia.

A partir da década de 70 os estudos de solo e de micromorfologia evoluíram na parte conceitual a partir das análises em solos tropicais. Esta evolução culminou na criação da Grupo de Trabalho Internacional sobre Micromorfologia do Solo (IWGSM) que publicou no ano de 1985 "Manual para descrição de lâminas delgadas do solo" (BULLOCK *et al.*, 1985; STOOPS, 2009) revisto e reeditado por Stoops (2003).

A versatilidade das análises geradas pela micromorfologia puderam comprovar uma série de processos e movimentos internos do solo. Tursina e Morozova (2011) consideram que as principais tendências e aplicações práticas da micromorfologia são: os problemas de gênese dos solos modernos e paleossolos, diagnóstico de alterações antropogênicas de solos e avaliação da morfologia dos solos em diferentes níveis.

Gomes da Silva e Corrêa (2009) analisaram este potencial para reconstrução paleoambiental, concluindo que as análises obtidas apontam para diversos ciclos de pedogênese e morfogênese nos solos. Estes ciclos ocorreram em condições paleoambientais de semi-aridez,

no Planalto da Borborema, datando do Pleistoceno Superior, e ficaram registrados nos solos da região. Vera Aldeais. (2014) utilizaram o potencial da ferramenta para estudos antropológicos, a partir de registros de ocupações e comércios históricos e pré-históricos em Marrocos.

Em Almeida *et al.* (2015), a micromorfologia auxiliou o entendimento dos Neossolos Regolíticos do agreste meridional de Pernambuco, onde, se identificou um novo nível categórico dos táxons de mapeamento dos solos, sugerindo adição do termo “lamélico” em alguns tipos de solos. A ação biológica dentro dos termiteiros atuais foi detalhada a partir da micromorfologia por Cosarinsky (2011), analisando o papel das térmitas, que crescem acima dos solos das pastagens, ao longo da América do Sul. Concluindo que as paredes, nos ninhos, situados acima do solo, apresentam estruturas diferentes, conferindo uma rede diferenciada entre os microagregados, que apresentam comumente estrutura lenticular nos termiteiros que crescem dentro dos solos.

Silva *et al.* (2012) ao analisar solos de depressões, no topo dos tabuleiros costeiros, utilizou os dados de micromorfologia para estudar Espodossolos, e, entender o processo de podzolização, onde foi identificado em lâmina com presença de forte cimentação. O trabalho de Roquero *et al.* (2013) em solos hidromórficos, desenvolvidos em sedimentos fluviomarinhos, durante o Pleistoceno Médio, no sul da Espanha, sugere que, durante o final deste, ocorreu um menor aporte de sedimentos, e, flutuações do nível freático. Neste caso, a micromorfologia foi utilizada para encontrar nos paleossolos marcadores das variações na sedimentação em solos aluviais.

Ibraimo *et al.* (2004) analisaram na Região das Baixadas Litorâneas (RJ), onde ocorre a tendência de salinização e xerofitismo, o processo de acumulação do Fe e a formação de Latossolos eutróficos.

Uma importante contribuição atual das análises micromorfológicas é sua aplicação para estudos de comportamento dos solos, e, manejo dentro do uso agrícola e pastoril. Silva *et al.* (2015) analisou as mudanças morfológicas e micromorfológicas na estrutura do Latossolo Vermelho, situado em São Paulo, sob diferentes manejos, observando mudanças nos tipos de poros, evidências de compactação, redução da porosidade de empilhamento e menor evidência de sinais de atividade biológica nas lâminas de solos.

O trabalho de Silva e Ribeiro (1998) analisou os Latossolos Amarelos Coesos do estado de Alagoas e as mudanças em suas propriedades micromorfológicas geradas pelo cultivo da cana de açúcar. Os autores mostraram que o cultivo amplifica a tendência natural de coesão e

diminuição da porosidade que já é um processo evolutivo natural destes tipos de solos na área de estudo.

Para entendimento da erosão, Cunha *et al.* (1999) analisaram um sistema pedológico em Umuara, Paraná. Concluindo que os setores inferiores das vertentes do sistema pedológico eram mais propensos à erosão linear, que os outros setores. Sobre esta aplicação da micromorfologia na análise da erosão. Castro *et al.* (2003), destaca que, nos solos tropicais, os sistemas pedológicos com transformações laterais e verticais, mostram padrões exibidos pelas microestruturas, que resultam transformação pedológica lateral, induzida pelo rebaixamento do talvegue. Porém, conforme ocorre o ajuste dos sistemas das microestruturas às novas condições hidrológicas, o processo de transformação lateral se intensifica, apontando para um processo de retroalimentação do sistema.

Uma visão mais contemporânea pode ser obtida no XXI Congresso Internacional da Ciência do Solo, na cidade do Rio de Janeiro – Brasil, em agosto de 2018. Neste congresso foram apresentados e publicados nos Anais do evento nove trabalhos utilizando o termo micromorfologia no título, onde três tratavam de seu uso para entendimento da evolução e ocupação humana, ou reconstituição paleoambiental, outros três utilizaram a técnica para entender perda de material do solo ou contaminação, e os últimos três utilizaram para caracterização geral de solos, a maior parte aplicadas aos solos tropicais, na América Latina, onde estudos sobre os solos ainda carecem de informações.

Desta forma, devido à grande versatilidade, a micromorfologia ainda possui grandes possibilidades de avanço, tanto como análise principal, quanto uma análise de apoio no entendimento da evolução da cobertura pedológica, como das mudanças de processos que os solos vêm sendo alvo, com a amplificação das áreas produtivas no Brasil e em toda América Latina.

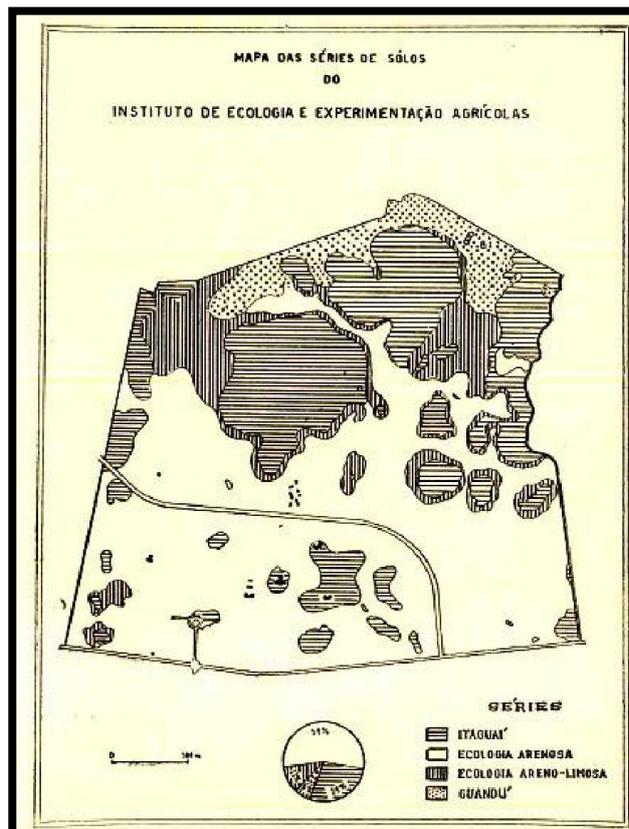
### **4.3 Evolução dos mapeamentos de solos**

No Brasil, um dos primeiros mapas de solos publicados foi realizado por Mendes *et al.* (1954), como pode ser visto na Figura 22. O programa do Governo Federal para a execução de levantamentos de solos no Brasil começou pouco antes de 1950, havia uma necessidade de inventariar os solos do território brasileiro, que ainda estavam sob vegetação natural de cerrado

ou florestas. Apenas algumas pequenas áreas dispunham de levantamentos detalhados, entre as quais destacam-se o campus da atual UFFRJ e EMBRAPA AGROBIOLOGIA (LEPSCH, 2013).

Os primeiros técnicos que vieram treinar os pedólogos brasileiros, que integravam essa Comissão de Solos, eram acadêmicos da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO). O levantamento brasileiro focou em mapas de solos do tipo exploratórios e de reconhecimento e foram iniciados pela Comissão de Solos (atual EMBRAPA-SOLOS). Os nomes das unidades de mapeamento adotados se basearam na classificação de solos dos Estados Unidos (BALDWIN *et al.*, 1938) e nas propostas de Kellogg (1948). Desta forma, Lepsch (2013) destaca que foram utilizados nomes como Podzólico Vermelho-Amarelo, Podzol, dentre outros. A partir do lançamento da taxonomia de solos dos Estados Unidos da América - EUA (SOIL SURVEY STAFF, 1988), os sistemas de classificação brasileiros foram adotando princípios semelhantes para a elaboração geral do sistema brasileiro de classificação de solos (SiBCS).

Figura 22 – Exemplo de um dos primeiros mapeamentos de solos brasileiros.



Fonte: Mendes *et al.*, 1949.

Vários mapas, do tipo reconhecimento, foram publicados pelo projeto Radam Brasil e pela EMBRAPA-SOLOS em várias regiões do Brasil. O Projeto Radam Brasil foi desenvolvido entre os anos de 1970 e 1985 e apresentou, nos diversos volumes publicados, um panorama da distribuição dos solos no Brasil. Os principais objetivos destes mapeamentos eram, além de conhecer o território e suas potencialidades, produzir um conhecimento visando políticas nacionais relacionadas à produção de alimentos e exportação de commodities.

O SiBCS (2018) está sendo desenvolvido de forma descendente, considerando primeiramente os táxons das categorias mais elevadas (ordens e subordens), que estão sendo gradualmente subdivididas nas classes das categorias inferiores como os grandes grupos, subgrupos e famílias (LEPSCH, 2013).

Para a realização de um levantamento de solos é necessária pesquisa de gabinete, campo e laboratório. Busca-se a compreensão dos registros das observações, análises e interpretações do meio físico, bem como, o entendimento das características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e biológicas dos solos (IBGE, 2007). Para a realização destes mapeamentos é fundamental que se observe a escala do mapeamento objetivada, buscando estabelecer as catenas principais dentro de uma determinada escala.

De acordo com a escala desejada e o objetivo do estudo pode-se ter diferentes necessidades de levantamento de dados e amostragem de solos. O Quadro 1 resume a escala de cada tipo de mapeamento, a área mínima mapeável, e a necessidade de levantamento de dados de campo.

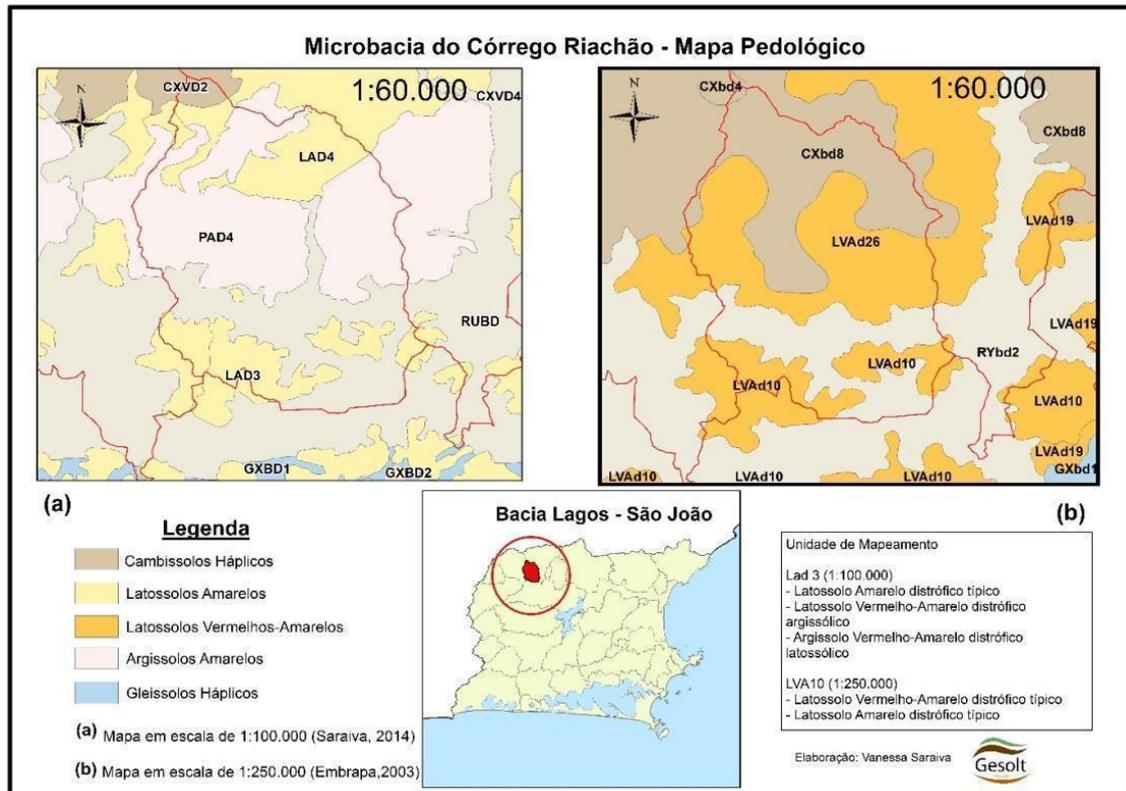
Quadro 1- Tipos de mapeamentos e faixas de observação por área.

Tipos de Mapeamentos e Faixas de observação por área			
Tipos de Mapeamentos	Escala usual	Área Mínima Mapeável	Observações
Detalhado/ultradetalhado	1:500 - 1:20.000	0,00001 - 0,016	0,2 - 4 Observações/ha
Semidetalhado	1:25.000 - 1:50.000	0,025 - 0,1	0,02 - 0,2 observações/ha
Reconhecimento de alta/média/baixa intensidade	1:50.000 - 1:750.000	0,1 - 22,5	0,04 - 2 Observações /km <sup>2</sup>
Exploratório	1:750.000 - 1:2.500.000	22,5 - 250	<0,04 observações/km <sup>2</sup>
Esquemático	1:5.000.000 - 1:15.000.000	1.000 - 9.000	Sem especificação

Fonte: IBGE, 2007. Adaptada pela autora. 2021.

Neste sentido para uma mesma área se obterão mapas e unidades de solos diferentes de acordo com a escala adotada, como mostra a Figura 23 onde se observa uma mesma região hidrográfica, uma em um mapeamento de 1:100.000 (a) e outra em 1:250.000 (b).

Figura 23 - Comparação entre as escalas 1:100.000 e 1:250.000 na sub-bacia do Córrego do Riachão – Rio de Janeiro.



Fonte: A autora, 2021.

A sub-bacia do Córrego Riachão na Figura 23a, apresenta predominantemente unidades de mapeamento de Argissolos Amarelos, Latossolos Amarelos e Neossolos Flúvicos. Porém, na Figura 23b, as unidades de mapeamento são compostas por Cambissolos, Latossolos Vermelho-Amarelo e Neossolos Flúvicos. Além da diferença nas unidades de solos predominantes, nota-se que a imagem (a) se apresenta menos generalizada.

Um dos problemas dos mapas em pequena escala é a falta de precisão nos limites das unidades mapeamento e a generalização das mesmas. Logo a aplicação destes mapas em estudos ambientais ou para planejamento de uso do solo, fica limitada.

Mapas esquemáticos tem por finalidade fornecer informações generalizadas, sendo elaborados a partir de informações já existentes e não necessitam de amostragem, sua utilização

é voltada para fins didáticos, como por exemplo o Mapa de Solos do Brasil (IBGE, 2007). Já um levantamento exploratório é mais utilizado para informações de natureza qualitativa, em análises regionais. O projeto RADAMBRASIL segue esta linha de levantamento. As unidades de mapeamento neste tipo de mapeamento são muito heterogêneas.

Os levantamentos de reconhecimento oferecem informações qualitativas e semiquantitativas, visa principalmente a estimativa do potencial agrícola e não agrícola do solo. Neste tipo de mapeamento as classes de solos são divididas de acordo com suas características particulares. Dados de morfologia, químicos, físicos e mineralógicos são necessários. De acordo com a intensidade do mapeamento sendo baixa, média ou alta a informação ganha qualidade, exige amostragens e diminui sua área mínima mapeável.

Os levantamentos semidetalhados tem por finalidade a obtenção de informações básicas para a implantação de projetos de loteamentos rurais, estudos em sub-bacia, definição de áreas pastoris. Os trabalhos de campo assumem maior importância e a caracterização dos solos deve ser minuciosa, com uma boa base de informações topográficas, alta densidade de amostragem.

Os levantamentos detalhados e ultra detalhado visam avaliar solos de áreas relativamente pequenas para decisões verticais de uso do solo. Esses tipos de levantamentos atendem a projetos conservacionistas.

Outra questão interessante, no tocante do mapeamento de solos é que, desde o levantamento de dados, até a representação no mapa, tem-se uma série de etapas que buscam encontrar a relação “solo X paisagem” da área mapeada, para sua efetiva representação. Neste sentido, o Quadro 2 apresenta os principais conceitos utilizados em mapeamentos de solos, bem como, sua variação na escala espacial.

Quadro 2 - Unidades básicas de referência em mapeamento de solos .

Unidades Básicas de referência em mapeamento de solos		
Unidades	Definição	Escala espacial
Indivíduo solo	Menor corpo natural, definível por si próprio	M <sup>2</sup>
Pedon	Unidade básica de referência, com limites e dimensões arbitrárias, cuja área é determinada pela variabilidade lateral das características	M <sup>2</sup>
Polipedon	Área de solos constituída por agrupamento de pedons semelhantes, cujos limites laterais coincidem com os limites de outros conjuntos de pedons	M <sup>2</sup> -km <sup>2</sup>
Perfil	Corte vertical na superfície da terra, que inclui todos os horizontes pedogeneticamente inter-relacionados.	M <sup>2</sup>
Classe de solos	Agrupamento de indivíduos, ou pedons com características semelhantes - corresponde a unidade taxonômica	Km <sup>2</sup>
Unidades de mapeamento	Conjunto de áreas de solos, com posições e relações definidas na paisagem. Podem ser constituídas tanto por tipos de terreno, quanto por classes de solos e/ou unidades taxonômicas. Podendo ser do tipo unidade simples ou associações de solos.	Km <sup>2</sup>

Fonte: IBGE, 2007.

A unidade taxonômica mais geral seria a categoria de ordem, que é distinta pelo horizonte diagnóstico do solo estudado (ausência, presença e características específicas deste horizonte) e sua caracterização morfológica (Quadro 2).

A categoria subordem separa as ordens de acordo com atributos que refletem a atuação dos processos pedogenéticos. Assim, um solo da ordem Latossolo pode ser enquadrado nas subordens de Latossolo Vermelho, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo.

As limitações dos mapas de solos tradicionais consistem principalmente numa simplificação, às vezes exagerada da distribuição espacial dos solos. Não é analisada a variação na cobertura pedológica, sendo o foco a determinação das unidades de mapeamento. Esse cenário da visão bidimensional do solo começa a modificar a partir da década de 60, onde começaram a surgir no Brasil pesquisas conjugando solos e relevo em sequências topográficas, com o trabalho de Queiroz Neto (1975) na região de São Carlos, São Paulo.

Essa nova visão do solo envolve a técnica de análise estrutural da cobertura pedológica, a partir de topossequências, onde além descrição completa dos principais atributos morfológicos dos solos, são elaborados perfis ao longo da vertente, gerando uma representação tridimensional nas unidades de estudo (a vertente como um todo). Isto é feito mediante transecto cortando o eixo principal da topossequência possibilitando informações pormenorizadas da organização da cobertura pedológica.

Esta nova forma de representação dos solos, volta o foco da análise, para a distribuição dos horizontes do solo, o que possibilita o maior entendimento das zonas de transição dos solos, onde um horizonte diagnóstico se transforma em outro, o que muda a classe de solo, ou seja, a escala deixa de ser apenas a distribuição dos solos dentro de uma área, para ser a distribuição dos horizontes dos solos dentro dos solos.

O interessante deste novo tipo de análise é que a escala passa a ser micrométrica, e até mesmo nanométrica. O Quadro 3 mostra a relação de escala desde a análise megaloscópica, até o nível de nanômetro. Este ressalta que os níveis de organização pedológica estão embutidos uns nos outros e isso gera variação no tipo de escala de grandeza de um determinado fenômeno ou processo.

Quadro 3 - Escala dos níveis de organização pedológica.

Escala dos níveis de organização pedológica						
Níveis de organização	Paisagem	Sistema pedológico	Sucessão vertical de horizontes - perfil de solo	Horizonte do solo	Agregado elementar	Constituintes do agregado
Escala do nível	mega	macroscópica	macroscópica	macroscópica	microscópica	nanoscópica
Ordem de grandeza	km-hm	hm-dam	dam-m	m-cm	cm- $\mu$ m	mm-nm
Unidade de organização do nível	sistema pedológico em contínuo	sucessão vertical de horizontes	horizontes do solo	agregado elementar	constituintes do agregado elementar	compostos químicos
técnica de observação utilizada	olho nu	olho nu	olho nu	olho nu e lupa	microscopia ótica	microscopia eletrônica

Fonte: IBGE, 2007.

Boulet (1993) destaca que um dos principais objetivos da pedologia é fornecer mapas regionais de solos, logo, a escala de representação da análise estrutural é fundamental. Esta análise se faz sempre em grandes escalas, frequentemente 1:1.000, logo, é complexo a análise de extensas superfícies.

O mapeamento de solos, quando voltado para as práticas agronômicas, requer algumas especificidades, a primeira, é a busca da homogeneidade, para que as mesmas técnicas agrícolas possam ser aplicadas. Análises tridimensionais da cobertura pedológica mostraram que as variações são muito mais frequentes que o previsto (BOULET, 1988). O agrônomo busca compreender o comportamento das plantas cultivadas em função dessas variações, o que pode

ser fornecido nos mapeamentos da cobertura pedológica a partir das curvas de isodiferenciação acompanhadas de cortes verticais (BOULET, 1988).

A experimentação agrônômica na Guiana, realizada por Boulet (1988) possibilitou um número de respostas quanto à circulação de água nos solos, e, como isso afetou as produções mais sensíveis ao acúmulo de água. As principais conclusões dele foram que as análises locais exprimem todas as particularidades da cobertura pedológica, possibilitando uma intervenção em escala mais verticalizada e pontual, assim como um entendimento do comportamento das plantações que reagem de acordo com as condições desta variação. Boulet (1988) salienta que a interpretação dos dados pela geoestatística trariam grandes evoluções nos mapeamentos.

A maior parte dos mapeamentos de solos atuais focam em métodos indiretos de mapeamento, por meio do uso de técnicas de geoestatística e de softwares de processamento. Trabalhos como Costa *et al.* (2008), Vasconcelos (2015), Ten Caten (2011), Coelho e Giasson (2010), Hofig *et al.* (2014), Silva *et al.* (2018) seguem esta linha. Que possui inúmeros benefícios (CARVALHO JUNIOR, *et al.*, 2020), porém cada vez mais o solo deve ser usado de forma mais racional possível, buscando escalas de detalhe, onde o mapeamento digital pode ter mais dificuldades sem boas informações de campo.

O escasso conhecimento local da cobertura pedológica, ainda que sejam respeitadas as características naturais do terreno, tais como a declividade, fertilidade e aptidão natural do meio, são subestimadas nestas análises locais a variação local dos solos. A análise estrutural neste sentido pode permitir um entendimento e respeito às características locais, ainda que potencializando a produtividade dos solos, utilizando corretivos na medida certa para cada nuance e variação da cobertura pedológica, como Boulet (1988) previu ser possível.

#### **4.4 Mapeamento de solos na agricultura de precisão e suas aplicações**

A agricultura sempre se configurou uma importante atividade para a sociedade como um todo, a partir dela retiramos nossos recursos mais importantes: o alimento, sendo ele fonte de vida e prosperidade (MOLIN *et al.*, 2015). Contudo, com o passar dos séculos a agricultura se modificou, a crescente demanda por alimento, bem como a adoção de máquinas no campo tornou possível a produção agrícola em grandes propriedades de terras, com centenas de hectares,

e passou-se a perceber uma certa variação no modo como essas propriedades produziam internamente (MOLIN *et al.*, 2015).

Desse modo, a agricultura de precisão surgiu pela necessidade de se dar um detalhamento maior nessas propriedades e assim pode-las geri-las de forma mais eficaz (MOLIN *et al.*, 2015). A agricultura de precisão tem como objetivo tornar possível o tratamento de elementos detalhados levando em consideração as diferenças, principalmente de cunho produtivo, presentes em uma porção de terra de uma determinada propriedade (MOLIN *et al.*, 2015).

Para isso, esse sistema coleta, processa e examina inúmeros dados, identificando trincheiras de baixa e alta produtividade presente em cada porção, e assim conduz os produtores a tomarem ações eficientes visando gerenciar as diferenças presentes entre eles (PATHAK *et al.*, 2019). Tal atividade só é possível devido a utilização de determinadas tecnologias, no qual muitas foram somente adaptadas para a atividade agrícola, como é o caso da informática, sensores GPS e reguladores localizados no maquinário agrícola (MOLIN *et al.*, 2015).

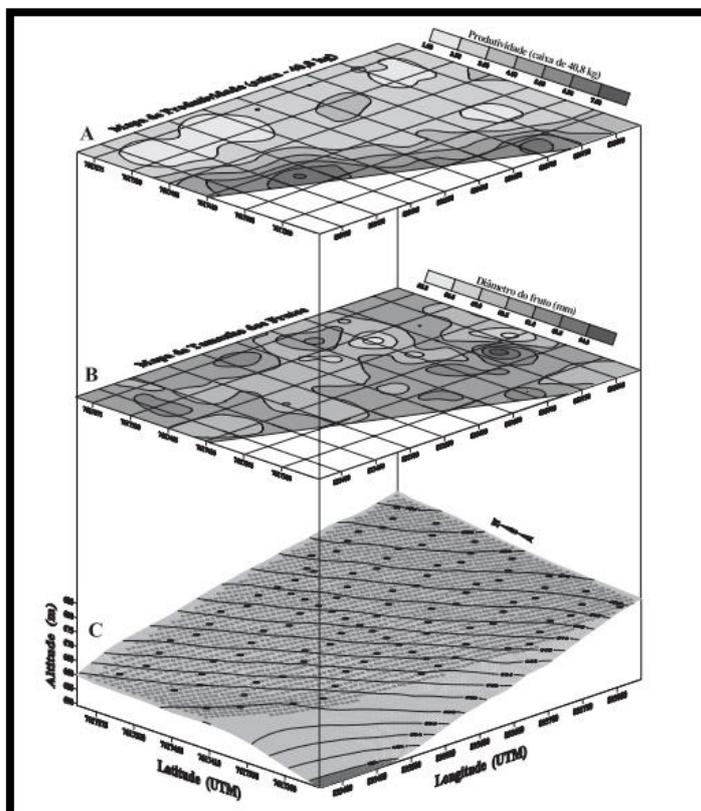
Desse modo, a agricultura de precisão pode ser definida como uma forma inovadora de gerir ou administrar a produção agrícola, utilizando diversas tecnologias e procedimentos visando otimizar a produção e a utilização dos recursos de maneira sustentável, possuindo como ponto central a manutenção da variabilidade espacial e dos fatores nela inseridos (*INTERNATIONAL SOCIETY OF PRECISION AGRICULTURE*, acesso em <https://www.ispag.org/>).

Entre as principais tecnologias adotadas pela Agricultura de precisão, tem-se o Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sistemas de Informação Geográfica (SIG), fotografias aéreas, imagens de satélite entre outros, tendo como função principal computar a variabilidade espacial e da colheita (PATHAK *et al.*, 2019), apresentando o total colhido em uma lavoura, de acordo com cada pequeno pedaço de terra da plantação, constituindo um mapa de produtividade que é apresentado através de uma imagem que mostra a variação presente no espaço e na produção (MOLIN *et al.*, 2015). Desse modo, o mapa de produtividade se configura em um dos elementos mais importantes para fornecer informações sobre o êxito de uma determinada cultura (MOLIN *et al.*, 2015).

Trabalhos como o de Farias *et al.* (2003), mostram como o mapa de produtividade pode ser elaborado e como sua utilização auxilia na melhor gestão da variabilidade espacial e temporal. Neste estudo, foi selecionada uma fazenda de laranjas em São Paulo, no qual foi feita uma fotografia aérea do local, sendo posteriormente convertida para meios digitais, através do

georreferenciamento, para a identificação de quadras submetidas a diferentes formas de manejo (FARIAS *et al*, 2003). Por fim, utilizou-se geoestatística com base na estatística, para determinar o valor das variáveis e das coordenadas de cada quadra onde as laranjas foram colhidas. Como resultado, observou-se uma alta variabilidade não somente entre as quadras, mas dentro das mesmas, podendo significar que não somente a água, mas fertilidade, tipo do solo, relevo, entre outros podem estar influenciando na forma como se dá a produção (FARIAS *et al*, 2003). Assim, um mapa de produtividade foi confeccionado (Figura 24) e pode-se visualizar de maneira mais clara tais diferenciações.

Figura 24 - Mapa de produtividade, tamanho dos frutos e quadras georreferenciadas.



Legenda: Mapa de produtividade (A); mapa do tamanho dos frutos (B); e lotes e quadras georreferenciadas (C).  
Fonte: Farias *et al*, 2003.

O desenvolvimento tecnológico na área da informação, robótica e sistemas de posicionamento global, possibilitou a criação de inúmeras tecnologias. Segundo Pathak *et al* (2019), uma pesquisa de Agricultura de Precisão (AP), realizada em 2017, nos Estados Unidos, apresentou dados, no qual 78% dos entrevistados afirmaram o uso de GPS em conjunto com tratores de controle automático, e, outros 55% usam GPS junto com controle manual. Entretanto, nem todas as tecnologias de AP são incorporadas na mesma intensidade e tão rapidamente, uma

pesquisa na Austrália em 2014 feita pela Corporação de Pesquisa e Desenvolvimento em Grãos, mostrou que varia bastante a adoção de tecnologias no mapeamento e rendimento da área produtora, entre 9% e 29% respectivamente (PATHAK *et al.*, 2019).

Na pesquisa realizada por Bernardi e Inamasu (2014), para traçar o perfil dos produtores que utilizam a agricultura de precisão no Brasil, mostrou o perfil básico do produtor interessado. Assim, em geral são produtores jovens (em média 35 anos), mais instruído no nível educacional (possuindo até pós-graduação), com renda entre 5 a 10 salários mínimos, ou mais, como renda mensal, e, perfil de grandes propriedades. Em geral utilizam, em primeiro, a adoção de coleta de informações georreferenciada, e, posteriormente, imagens aéreas e sensoriamento remoto, com a finalidade de obter imagens da área cultivada, assim verticalizam a correção dos solos e possuem maior controle da colheita.

Deve ser destacado que a agricultura de precisão é um sistema de uso do solo gerado recentemente (cerca de 25 anos), criado da necessidade de um conhecimento mais detalhado de grandes extensões de terra onde se produz diversos cultivos, e assim melhorar e/ou aumentar a produtividade de tais áreas (MOLIN *et al.*, 2015).

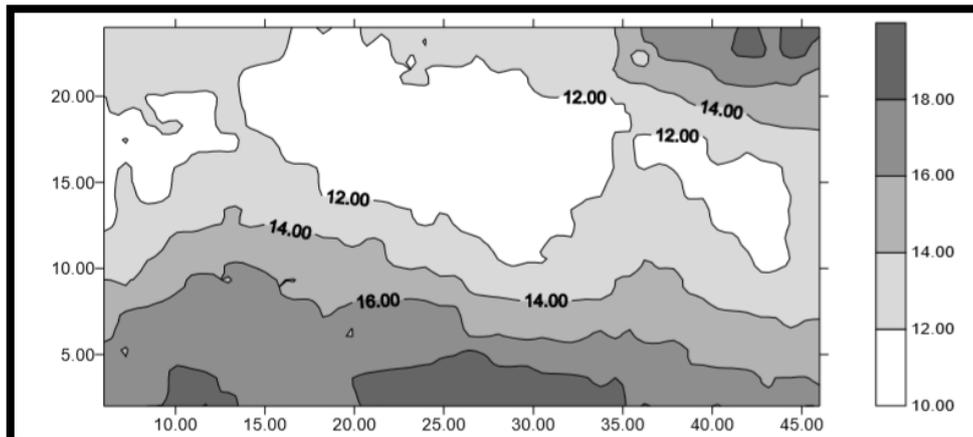
O Brasil possui uma grande parte do seu território recoberto por florestas, sendo muitas delas de plantas nativas da região, dispendo de 14,5% da superfície florestal do mundo. Nesse contexto, a Silvicultura de Precisão (SP) se mostra uma importante forma de manejo em áreas florestais, sendo sinônimo de melhoramento na produção e na qualidade dos sistemas florestais, mostrando-se uma prática sustentável (MAEDA *et al.*, 2014). De maneira geral, de acordo com Taylor *et al.* (2002), esse sistema pode ser definido como uma nova forma de gerir atividades e operações de manejo florestais em locais específicos, melhorando a qualidade dos elementos produzidos, aumentando os lucros ao diminuir as perdas, mantendo a qualidade ambiental. Desse modo, tal prática requer um amplo conhecimento do meio físico, de forma a melhorar suas características restritivas, fazendo com que toda a capacidade de um dado local, fazenda ou propriedade seja utilizado da melhor forma possível (MAEDA *et al.* 2014).

Rufino *et al.* (2006), realizou uma pesquisa através de dois projetos com clones de Eucalipto, oriundas da produção comercial, com o objetivo de avaliar a utilização de uma determinada metodologia, englobando técnicas de geoprocessamento e geoestatística para mapeamento da variabilidade espacial da produtividade e das propriedades do solo (Silvicultura de Precisão) na região de Luiz Antonio. Apesar de não ter encontrado uma boa correlação entre os atributos do solo e as variáveis dendrométricas (indicador de espessura e tamanho das árvores), Rufino *et al.* (2006), preconiza a importância da junção de análises geoestatísticas e ferramentas

de geoprocessamento, para o mapeamento da variabilidade da produção de uma determinada cultura e das características do solo, bem como a necessidade de se utilizar a Silvicultura de Precisão para uma melhor otimização da produtividade da floresta e da sustentabilidade dos recursos naturais.

Já Klein *et al.* (2019), buscou realizar a análise e comparação da árvore Ipê - Roxo no município de Mundo Novo em Mato Grosso do Sul, a partir de duas formas distintas de manejo; convencional e silvicultura de precisão. Apesar de não ter sido encontrado nenhuma diferença expressiva com relação às formas de manejo utilizadas, produziu-se mapas temáticos (Figura 25) correspondente a necessidade e aplicação localizada de nutrientes, a falta de diferenças expressivas segundo o autor, pode ter ocorrido devido à pouca duração da pesquisa em questão (apenas um ano de levantamento).

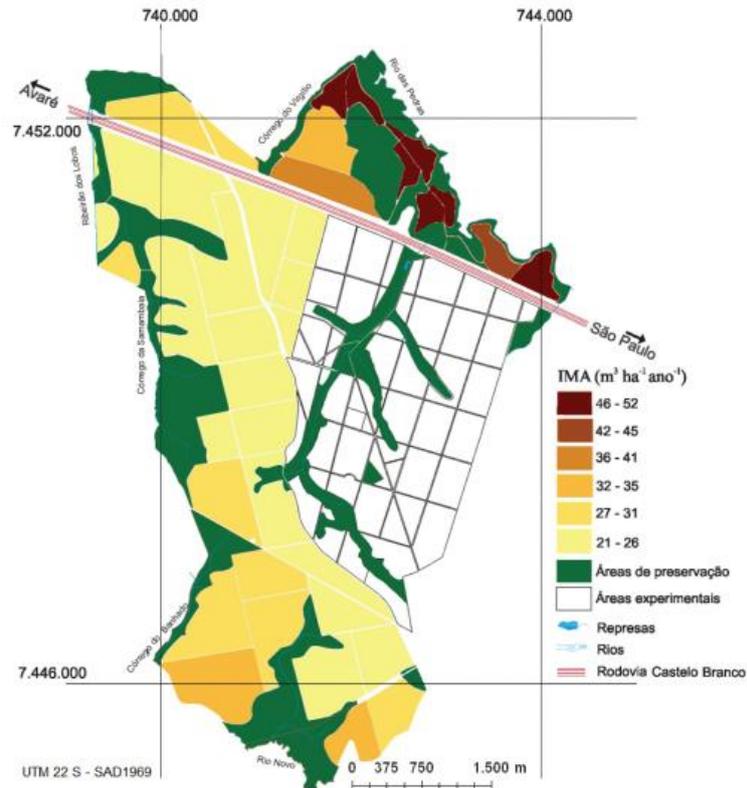
Figura 25 - Distribuição espacial do acréscimo da altura da planta (cm), para parcela I, silvicultura de precisão, referente ao intervalo de um ano (01/03/03 a 01/03/04).



Fonte: Klein *et al.*, 2007.

Em trabalho produzido por Gonçalves *et al.* (2012), foi encontrado correlações entre os atributos fisiográficos e os tipos de solos encontrados, no qual a variação de produtividade correspondia também aos atributos físicos e, no qual essa grande variabilidade corresponde aos teores de argila disponíveis nos solos, bem como a quantidade de matéria orgânica, sendo encontrado um melhor índice de produtividade de acordo com a disponibilidade de água e nutriente nesses solos (GONÇALVES *et al.*, 2012). Ademais, o mapa de produtividade (Figura 26) confeccionado passou a ser utilizado para um melhor planejamento do uso do solo da região abordada, bem como para práticas silviculturais (GONÇALVES *et al.* 2012).

Figura 26 – Mapa de produtividade (incremento médio anual do volume de madeira).



Fonte: Gonçalves *et al.*, 2012.

Assim, os trabalhos de agricultura de precisão dentro do Brasil, e mesmo no mundo, visam as grandes propriedades monocultoras, no caso do Brasil, os latifúndios, voltados à exportação. Tratar os diferentes solos, e, diferentes morfometrias de forma individual é uma estratégia inteligente, que gera um maior aproveitamento do recurso e aumenta produtividade. No caso da agricultura orgânica essas iniciativas se tornam mais do que fundamentais, pois as limitações não podem ser corrigidas com soluções químicas.

Falando especificamente do Rio de Janeiro, na região do Domínio suave colinoso, os Argissolos dependo da espessura no horizonte A, se deve mudar a forma de manejo. O maior aproveitamento das características naturais pode auxiliar a produtividade.

Este debate ganhou repercussão e vem sendo debatido mundialmente como necessário para a manutenção da segurança alimentar mundial, gerando inclusive o documentário "Solo Fértil" disponível em uma plataforma de *streaming* e debatido por sites de informações, com alcance da população fora do meio científico (Figura 27).

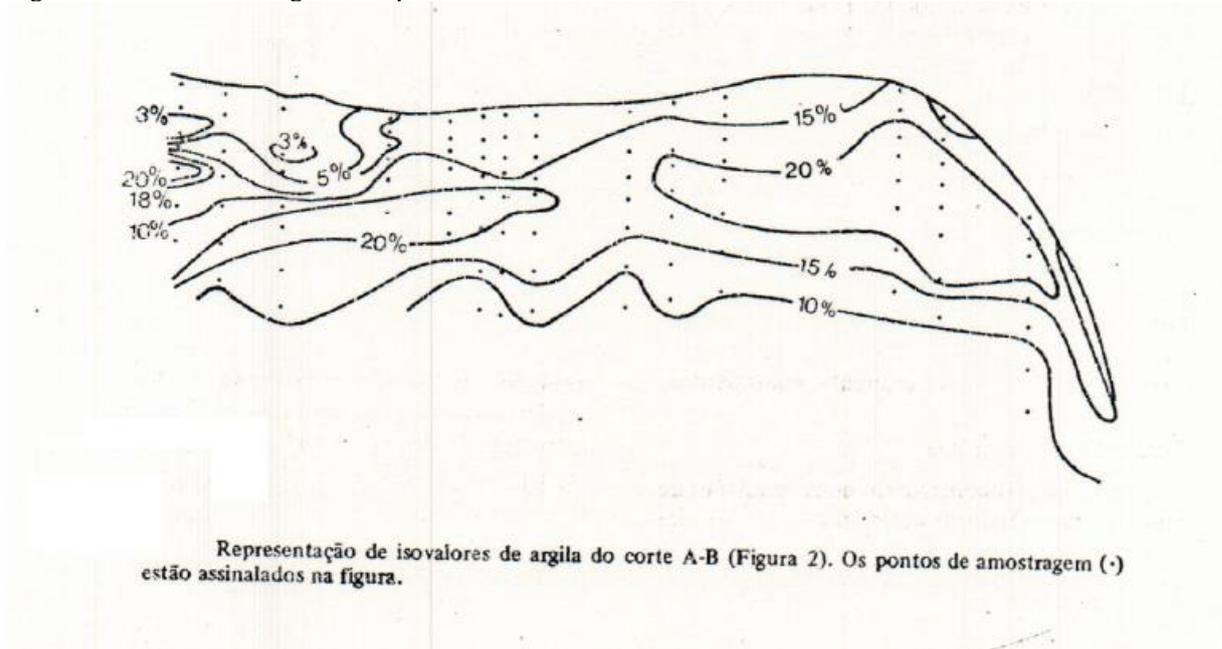
Figura 27 – Imagem de divulgação de documentário sobre a importância do solo e de repensar a agricultura.



Fonte: Retirado de reportagem em matéria disponível em <https://www.brasildefato.com.br/2020/12/12/artigo-um-solo-fertil-para-regeneracoes>, 2021.

Um dos maiores exemplos literários quando se trata de uma agricultura de precisão, parceria com o ambiente acadêmico e entendimento da dinâmica pedológica é o artigo de Boulet (1989), onde se utiliza a análise tridimensional da cobertura pedológica, para entender a dinâmica produtiva rural de uma fazenda na Guiana Francesa. O modo como a circulação de água vertical, superficial, e, lateral tem influência nas culturas, e quando correlacionado ao conteúdo de argila se obtém uma explicação (Figura 28).

Figura 28 - Isolinhas de argila no experimento da Guiana Francesa.



Fonte: Boulet, 1989.

O geógrafo por sua perspectiva integralista, desde a formação inicial, possui a capacidade de debate entre as diversas relações que acabam por compor uma base para os produtores rurais. O presente estudo trabalha na linha que acredita que o manejo das propriedades brasileiras, de pequeno e médio porte, pode auxiliar na melhora do ambiente, da qualidade dos solos e ainda gerar empregos e renda local. O maior desafio, sobretudo ao produtor, são os valores associados a estudos de agricultura de precisão ou mesmo, de um levantamento ambiental adequado. Parcerias, como a estabelecida pelo grupo GESOLT, viabiliza a integração da universidade, como forma de auxílio, contornando, de forma criativa, a limitação financeira, exigida para um estudo desse porte (GARDI *et al.*, 2015).

#### 4.5 Uso das geotecnologias e sensoriamento remoto no mapeamento de solos e levantamento topográfico

Na presente pesquisa o uso das geotecnologias foi fundamental na economia de recursos, tempo, e acima de tudo, possibilitou uma análise mais quantitativa e de qualidade. Neste capítulo os sistemas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e levantamentos

aerofotogramétricos por VANT são abordados visando um maior entendimento destes e sua utilização em outros estudos.

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos vários, sempre foi parte importante das atividades das sociedades organizadas (CÂMARA e DAVIS, 2001). Com o surgimento do Sistema de Informação Geográfica – SIG e o Geoprocessamento (XAVIER DA SILVA, 2009), foi possível organizar os diferentes planos de informações e georreferenciar elementos do meio físico. Ou seja, trazer todas as informações para serem manipuladas por meio digital, o que facilita consideravelmente a realização de qualquer mapeamento temático.

Levantamentos que possuam um maior grau de detalhamento, são necessidades atuais, e, somente a partir da aquisição de dados com maior escala de detalhe é possível estabelecer, por exemplo, o comportamento de um determinado solo, permitindo melhor manejo, uso e planejamento (MCBRATNEY *et al.*, 2003; OZTEKIN E KOCA, 2011).

O reconhecimento e o mapeamento dos solos, com maior resolução espacial, é uma necessidade crescente, para que se faça um melhor manejo deste recurso, mitigando os impactos provenientes do uso intensivo do setor agropecuário, onde novamente se tem a preocupação no contexto da segurança alimentar.

A Austrália, país de grandes dimensões e com o setor rural bastante competitivo (nessas duas características, similar ao Brasil), possui cinquenta por cento, das principais áreas agrícolas mapeadas (14% do país), em uma resolução espacial de 500 metros a 200 metros (MCBRATNEY *et al.*, 2003).

No Brasil, os mapas existentes e que recobrem quase todo o território nacional, são resultado do projeto RADAM / EMBRAPA (Radam na Amazônia). Os mapas foram criados em uma escala nominal de 2 km, o que evidencia a necessidade de mapeamento detalhado do solo no Brasil (LEPSCH, 2013).

O mapeamento digital de solo, surge como uma possibilidade, onde, através da pedologia espectral, relaciona estudos do solo, com a interpretação de espectros eletromagnéticos, que envolve a criação e o uso de informações espaciais obtidas de observações de campo e de laboratório ligadas a sistemas de inferência espacial e não-espacial (LAGACHERIE *et al.*, 2006). Esta tecnologia permite discriminar atributos do solo (VISCARRA ROSSEL *et al.*, 2009) e a informação é adicionada ao mapeamento digital.

Os produtos de sensoriamento remoto assumem grande importância, pois facilitam a visualização das informações distribuídas no espaço geográfico, e agilizam o mapeamento, Entre outros trabalhos, que se utilizaram desta ferramenta, cita-se alguns nesta revisão como os de

Galvão e Formaggio (2007), Galvão *et al.* (2008), Demattê (2002), Demattê *et al.* (2003) Demattê e Terra (2014) e Bazaglia Filho *et al.* (2013). Estes autores desenvolveram estudos se baseando-se na aplicação de fotopedologia, os quais consistem na análise minuciosa de elementos e padrões fito fisiográfico da superfície terrestre por meio de aerofoto levantamentos (quantitativos e qualitativos) e da convergência de evidências, o que permite diagnosticar os limites e contatos das prováveis unidades de solos existentes na área analisada (DEMATTÊ, 2009).

Novo (2008) alerta que o monitoramento e o levantamento de solos, baseados apenas na interpretação de produtos de sensoriamento remoto, possuem o agravante das interferências exercidas pelos diversos elementos da paisagem, que recobrem o solo e interceptam suas respostas espectrais, condicionando mudanças em sua informação. Considerando estas limitações, autores têm associado ao ambiente SIG, com as tradicionais técnicas de fotointerpretação. Produtos cartográficos de modelagem ambientais diversas, e outras informações geomorfológicas derivadas, configuram-se em importante subsídio à elaboração do esboço pedológico (MCBRATNEY *et al.*, 2003).

O avanço atual realizado pelos levantamentos não somente por satélites ou aviões, mas por veículos aéreos não tripulados (VANT's) trouxe uma revolução no mapeamento de detalhe (CAPOLUPO, *et al.*, 2015; THORP, *et al.*, 2018). Popularizado como Drone, a nomenclatura VANT's são, resumidamente, pequenas aeronaves não tripuladas que consistem, segundo a ABA (Associação Brasileira de Aeromodelismo – ANAC, disponível em [www.gov.br/anac](http://www.gov.br/anac)), em “*um veículo capaz de voar na atmosfera, fora do efeito de solo, que foi projetado ou modificado para não receber um piloto humano e que é operado por controle remoto ou autônomo*”. Estes equipamentos são dotados de versatilidade, principalmente, devido a facilidade de manuseio, e, transporte o que gera um maior interesse (JORGE, 2011). Esse nome é dado a qualquer máquina pilotada, a partir do momento que não haja humanos a bordo. De acordo com Grégoire Chamayou (2015), ele pode ser controlado a distância, por operadores humanos ou de forma autônoma, por dispositivos robóticos (SABARÁ, 2018).

Avanços recentes na tecnologia computacional, desenvolvimento de software, materiais mais leves, sistemas globais de navegação, avançados links de dados, sofisticados sensores e a miniaturização são os motivos do aumento de desenvolvimentos de VANT's. Portanto, trouxeram praticidade ao processo de levantamento topográfico, dependendo da escala trabalhada, a aquisição de imagens se dá de forma muito mais econômica, rápida e prática comparando com satélite ou LIDAR (detecção remota da luz refletida)

Estes veículos são uma inovação e opção na agricultura de precisão. Seu rápido crescimento deve-se às facilidades e benefícios nas tomadas de decisão, pois evita que o agricultor precise percorrer toda a propriedade, por exemplo, acesso locais alagadiços onde não se teria acesso. Por estas e por outras razões, as aplicações têm sido inúmeras na agricultura (COSTA E GUILHOTO, 2012; PACHECO E BARROS, 2015).

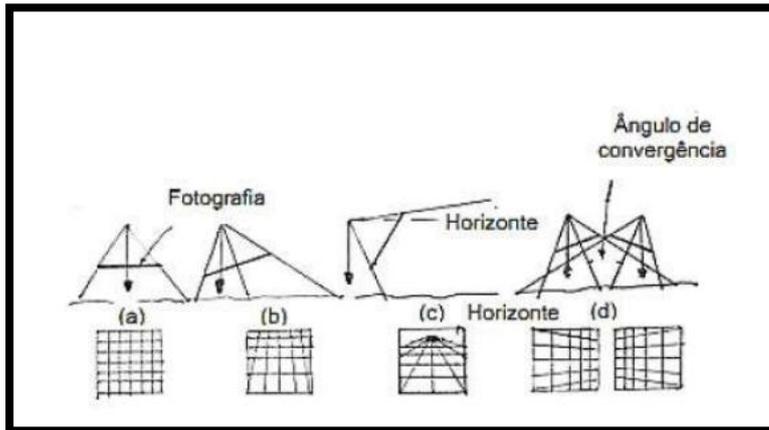
Sensores acoplados aos VANT's, quando aplicados na aerofotogrametria, são capazes de obter imagens, com resolução espacial de até 1 cm. Estas imagens trabalhadas e processadas em softwares específicos, geram dados topográficos com rapidez, e qualidade significativa (YANG *et al.*, 2020), trazendo maior capacidade produtiva aos trabalhos em campo e uma diminuição dos custos totais (SABARÁ, 2018), desde que sejam utilizados por grupos com experiência.

O processo de aquisição dos dados consiste num primeiro momento na delimitação da área a ser mapeada e dos possíveis pontos de controle e verificação, que funciona como pontos identificáveis, objetos e/ou alvos que serão visíveis nas imagens aéreas. Tais pontos, coletados, devem levar em consideração fatores como visibilidade e acessibilidade, por isso, todo esse processo deve ser idealmente realizado no pré-campo, de preferência com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento para uma melhor acurácia.

Já em campo, a primeira atividade é a distribuição dos pontos de controle e verificação decididos anteriormente. Sua distribuição, de preferência, deve abranger toda a área do terreno de maneira que os pontos estejam homogeneamente espalhados. Logo após o término dessa atividade é realizado o voo para captação das imagens. Essa sequência de atividades é a ideal pois evita que a equipe que demarcou todos os pontos não apareça como ruído nas imagens. O voo é realizado de maneira semiautomática, pois o *software* de planejamento de voo explica que existe variedade de *softwares*, já dispõe de todo o trajeto e necessita apenas de que o operador realize a decolagem, pouso e eventuais troca das baterias (que possuem uma autonomia de cerca de 30 minutos).

As fotografias aéreas podem ser classificadas em verticais e oblíquas, o drone faz vários tipos de levantamentos ao longo do voo. As fotos verticais são tiradas verticalmente em relação ao aparelho. As fotos que possuem alguma inclinação em relação ao solo são chamadas oblíquas e são divididas em alto e baixa-oblícula, caso mostrem ou não o horizonte. Um esquema que exemplifica o observado em campo é possível ver na Figura 29.

Figura 29 – Tipos de fotografias aéreas.



Fonte: Adaptado de Tommaselli, 2009.

Devido à pouca precisão que a maioria dos drones possui em seus receptores GPS, se faz necessário para produtos topográficos, a aquisição das coordenadas dos pontos de controle e verificação com um aparelho receptor GPS. Na etapa de processamento se diferenciam os pontos de controle e os de verificação. Os pontos de controle serão utilizados no processamento das imagens, sendo amarrados com as coordenadas reais adquiridas com o GPS geodésico e auxiliarão o processo de construção do bloco fotogramétrico do terreno. E os pontos de verificação servirão para comparar a confiabilidade do produto gerado, comparando a confiabilidade das medições realizadas na imagem em relação ao terreno, sendo a diferença entre essas coordenadas.

As técnicas de posicionamento de DGPS (*Differential Global Positioning System*) são baseadas no modo diferencial onde as correções dos sinais dos satélites GNSS (*Global Navigation Satellite System*) são transmitidas, em tempo real, da estação de referência para uma estação onde se estabelece que sejam realizadas as coordenadas (HOFMANN-WELLENHOF *et al.*, 2008; LINS, 2019). Esta é uma técnica de levantamento baseada no posicionamento relativo do portador, com precisão de poucos centímetros em tempo real.

Para a realização de um levantamento é necessário um receptor instalado em uma estação com coordenadas conhecidas, denominado de estação de referência ou base RTK, um receptor móvel, e um rádio de comunicação para enviar os dados da estação de referência RTK ao receptor móvel. O link de comunicação entre a estação de referência e o receptor móvel, desempenha um papel fundamental para o sucesso do levantamento (COSTA, 2008; LINS, 2019). Assim, a partir de um voo e levantamento GNSS se pode chegar a imagens

georreferenciadas de alta precisão, além de modelados de terreno voltados para levantamento da topografia

O Levantamento topográfico é o conjunto de métodos e processos que, através de observações de ângulos (horizontais e verticais) e de distâncias (horizontais, verticais e inclinadas) com instrumental compatível à precisão pretendida, determina-se coordenadas topográficas, visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados (ERBA *et al.*, 2003; LINS, 2019).

Assim, além do imageamento, se pode chegar aos modelos em perspectiva, denominados Modelos Digitais do Terreno (AZPIAZU *et al.*, 2009). DOYLE (1978) os definiu como arranjos ordenados de números, que reproduzem a distribuição espacial das características do terreno. Na maioria das vezes, essa distribuição é representada por um sistema de coordenadas retangulares ou pela latitude e longitude. A característica do terreno, geralmente referenciada, é o relevo estimado pela sua cota ou altitude (AZPIAZU *et al.*, 2009). Além da elevação, podem ser incluídas, nos modelos, outras feições do terreno de acordo com a pretensão do estudo.

Perpassando pelo aprofundamento de cada conceito aqui apresentado foi estabelecida uma metodologia complexa, porém bem embasada para o presente projeto. Os capítulos e subcapítulos a seguir explicam de forma minuciosa a metodologia.

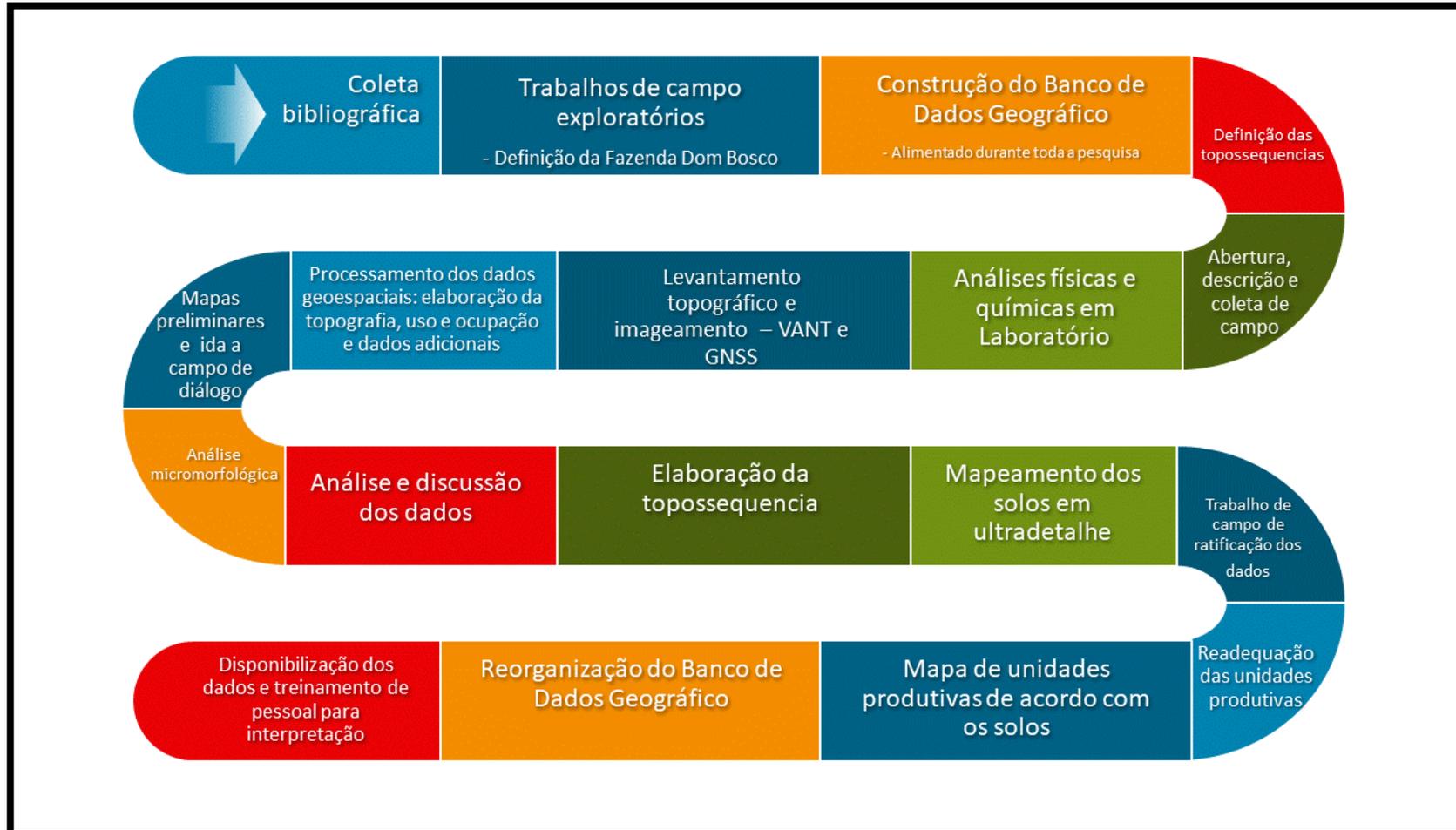
## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

O estabelecimento da metodologia foi fundamental para a realização do presente trabalho. A união e o fluxo das diversas etapas ofereceram suporte, para atingir os objetivos propostos. A Figura 30, apresenta como foram organizadas as etapas, ao longo da tese, até seu resultado final.

Inicialmente, foi realizado um levantamento de dados bibliográficos nacionais e internacionais, além dos geoespaciais da região hidrográfica Lagos – São João, domínio suave colinoso e do município de Silva Jardim. Posteriormente se procedeu a organização destes dados bibliográficos pela plataforma “Zotero”, enquanto os dados geoespaciais foram organizados em Banco de Dados Geográficos utilizando o software “ArcGIS – banco de dados pelo ArcCatalog, ambos em versão 10.6”, essa etapa foi contínua ao longo do trabalho.

Cabe um adendo, evidenciando que os trabalhos de campo se mantiveram em intervalos regulares (mínimo de 3 meses em média, desde 2017 – 2019), visando principalmente, coleta de informação, e troca com os produtores rurais, tanto em eventos e debates da AGROBALI, como na fazenda da área de estudo. Treinamentos dos trabalhadores rurais da foi realizado a cada produto teórico obtido, para avaliar a receptividade e entendimento da pesquisa pelos usuários principais. As etapas serão descritas em detalhe ao longo deste capítulo, e, nos subcapítulos a seguir.

Figura 30 – Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: A autora, 2021.

## 5.1 Levantamento de campo e coleta de solos

Neste subcapítulo são descritos todos os procedimentos realizados em campo, campo na análise da cobertura pedológica se torna fundamental e essencial para os levantamentos objetivados pelo estudo. Aqui serão descritos os trabalhos de reconhecimento de campo, escolha da área específica do levantamento da topossequência, coleta de amostras de solo deformada e indeformada, elaboração da topossequência, micromorfologia, mapeamento de solos e construção e mapeamento das unidades produtivas.

### 5.1.1 Área de estudo: seleção, desenho do transecto e coleta de solos

Neste subcapítulo foi descrito os métodos de seleção da área de estudo, definição do transecto, definição da localização das trincheiras, abertura das trincheiras e coleta de solos. Assim visando detalhar e esclarecer cada método utilizado nesta fase, pois foram os dados de base da classificação dos solos e desenho da topossequência.

#### 5.1.1.1 Escolha da área de pesquisa, transecto e trincheiras de solos levantadas

Foram selecionadas algumas áreas de interesse para o presente estudo, ao longo de toda porção suave colinosa, onde ocorriam Argissolos com algum grau de degradação, dentro da região hidrográfica Lagos-São João, este levantamento inicial foi realizado em três visitas de campo ao longo do ano de 2016.

O contexto do domínio suave colinoso, combinado com os Argissolos, eram o foco desta pesquisa, principalmente por serem áreas com sinais de degradação ambiental e dos solos, e, como já foi relatado, são áreas que carecem de estudos aprofundados. Todo o domínio apresenta um mesmo tipo de uso e ocupação das terras, no geral, assim são de pastagens sem manejo e com sinais de erosão eventualmente alguma propriedade rural menor.

O entorno da Represa de Juturnaíba é a área foco desta degradação, circulada por pastagens, o nível de assoreamento da Represa vem preocupando os órgãos federais. Uma dinâmica produtiva local, que respeite as características de uso da área, de forma realista, e ao

mesmo tempo, seja condizente com um manejo adequado de seu ambiente, sobretudo de seus solos, seria fundamental.

O município de Silva Jardim tem concentrado diversas dessas iniciativas produtivas, a partir de arranjos locais, com médios e pequenos produtores voltados à agricultura sobretudo. Inserido neste município, junto ao baixo curso da sub-bacia do rio Capivari, a fazenda Dom Bosco, preenchia os requisitos tanto topográficos como pedológicos para a realização do trabalho. O interesse foi imediato, estabelecendo, assim, uma estreita relação com a universidade, abrindo maior aproximação da ciência com a realidade local e a população no geral, sendo assim, a fazenda foi selecionada para ser a área de estudo da presente pesquisa.

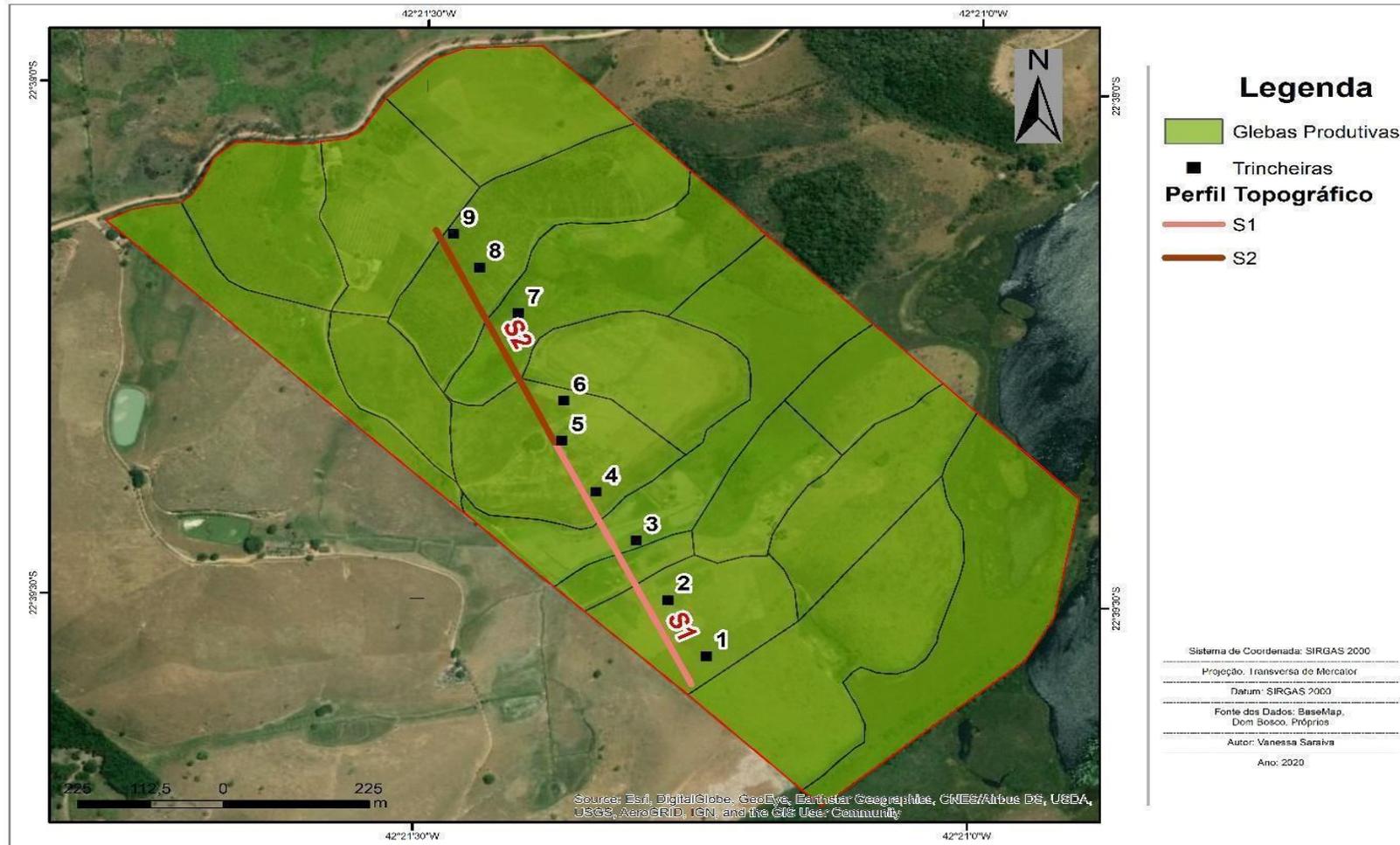
Para fins de reconhecimento detalhado da fazenda foram realizados mais dois campos de reconhecimento, específicos na fazenda, que ocorreram no final do ano de 2016. Neste campo foi determinada a localização do perfil topográfico, definindo um recorte que perpassa por quatro topossequências. Assim, o transecto perpassa por três topos de colina, e duas planícies, cujas drenagens desaguam na Represa de Juturnaíba.

Sondagens iniciais foram realizadas com o trado holandês nas áreas de interesse, ao longo das vertentes e das áreas de planície, onde foram definidos os locais de abertura das trincheiras de solo, seguindo a ordem topo, meio da vertente e planície. Pode-se observar a distribuição na Figura 31 e 32 a localização e as trincheiras de 1 a 9. Onde o primeiro segmento compreende a trincheira 1 (topo 1), trincheira 2 (meia encosta 1), trincheira 3 (planície “1”), trincheira 4 (meia encosta 2), trincheira 5 (Topo 2); e o segundo seguimento compreende a trincheira 5 (topo 2), trincheira 6 (meia encosta 3), trincheira 7 (planície “2”), trincheira 8 (meia encosta 4) e a trincheira 9 (topo 3).

O método, que baseou a escolha das posições das trincheiras, foi adaptado de Boulet (1988) sendo descrito como “Análise Estrutural da Cobertura Pedológica”. Este método objetiva levantar a topossequência de solos, ou seja, a distribuição dos horizontes pedológicos ao longo de uma sequência topográfica, assim, possibilitando entender a dinâmica de fluxo lateral da água, bem como o aparecimento e desaparecimento dos horizontes.

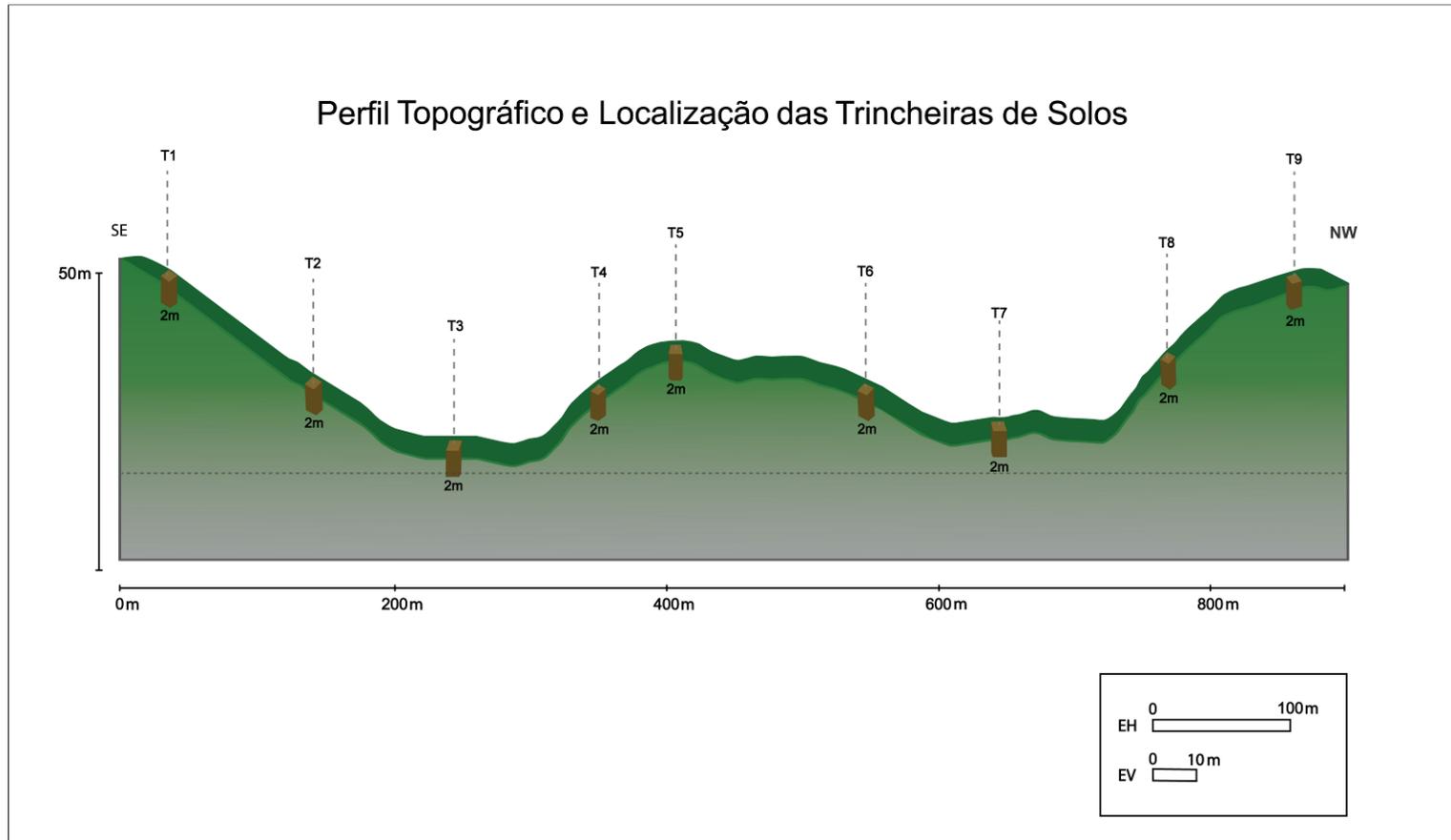
Com este tipo de análise se tornou possível um mapeamento em escala de detalhe e adequado às variações topográficas. Deve-se destacar, que este método contempla fases de abertura de trincheiras extras (via trado holandês, em cada transição entre os pontos da topossequência), que não foram realizadas devido ao objetivo de o trabalho não ser a gênese dos solos e horizontes, mas sim seu comportamento e mapeamento, além da construção das unidades produtivas para a fazenda.

Figura 31- Localização do perfil traçado na fazenda Dom Bosco e seus seguimentos.



Fonte: A autora, 2021.

Figura 32 – Perfil topográfico e a localização das trincheiras.



Fonte: A autora, 2021.

### 5.1.2 Descrição e coleta de dados de solos nas trincheiras

A partir da definição do transecto e localização dos locais onde as trincheiras foram abertas, com o auxílio de retroescavadeira, de modo que apresentassem 2 metros de profundidade e de largura (Figura 33). Nas trincheiras, foram delimitados, descritos e coletados materiais dos horizontes de solo definidos. Este trabalho ocorreu entre os dias 6 a 9 de novembro de 2017.

Figura 33 - Exemplo do padrão das trincheiras abertas, imagem da trincheira 6.



Fonte: Antonio Soares, 2017.

A descrição em campo, em todos os perfis de solos estudados, foi realizada, de acordo com o Manual de Coleta de Solos (LEMOS E SANTOS, 1996), e, a observação da coloração das amostras foram avaliadas, a partir, da carta de cores de Munsell (MUNSELL, 1975). A forma com que foi realizada a divisão dos horizontes, está exemplificada na Figura 34. Posteriormente ao trabalho de descrição, e observação de coloração em campo, todos os dados produzidos foram tabulados e padronizados.

Foram coletadas um total de 42 amostras de solos deformadas, sendo uma para cada horizonte descrito. As amostras volumétricas foram coletadas com auxílio do anel de Kopeck e totalizaram 24 amostras. Os solos hidromórficos não foram considerados nesta coleta, totalizando 26 amostras. As amostras indeformadas para análise de micromorfologia totalizaram 26 amostras.

Figura 34 - Trincheira de número 1 com os horizontes e suas transições demarcadas em campo.



Fonte: Antonio Soares, 2017.

## 5.2 Levantamento Topográfico e Imageamento via VANT e GNSS combinados

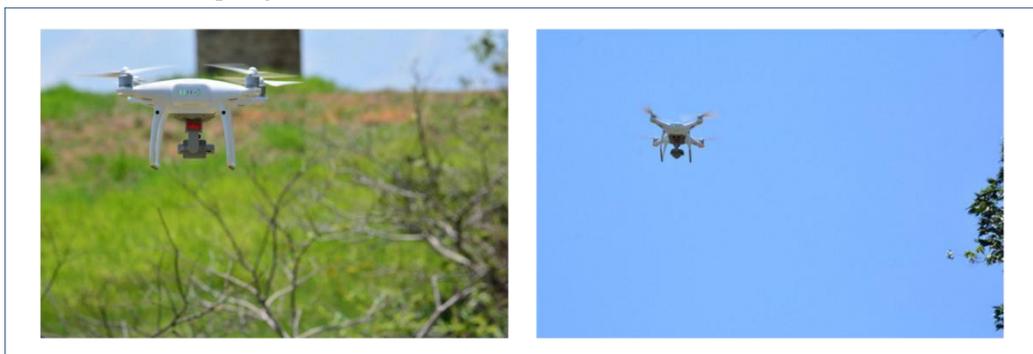
O levantamento topográfico, e, de imageamento neste configurou fase essencial, para geração de dados em alta resolução, suporte para os trabalhos de levantamento da topossequência, mapeamento de solos e elaboração das unidades produtivas. Assim, todas as bases cartográficas geradas nesta fase, foram utilizadas com os objetivos de: realizar topografia de detalhe, imageamento de alta resolução, e, mapas temáticos adicionais que se fizeram necessários.

Assim, esta fase foi dividida nas seguintes etapas: etapa de campo, onde foram realizadas a aquisição de dados via VANT e o GNSS foi feita a partir da realização de voos e marcações de pontos de controle; etapa de processamento dos dados adquiridos no Núcleo de Estudos Costeiros (Instituto de Geografia - IGEOG/ UERJ).

### 5.2.1 Levantamentos dados em campo

Com o propósito de se realizar um levantamento topográfico de detalhe para fins de mapeamento pedológico, foi necessária uma atividade precampo. O levantamento de dados da fazenda contou com um total de três idas à campo para fins de testagem e posteriormente o voo efetivo no dia 14 de janeiro de 2020. O VANT utilizado foi da marca DJI, modelo *Phantom 4 Advanced* e o equipamento *South S865* da *GNSS Receiver*, se pode observar em atividade na Figura 35.

Figura 35 - VANT em operação na fazenda.



Fonte: A autora, 2020.

O plano de voo para o mapeamento de toda a área da fazenda (cerca de 100 hectares) foi realizado com o aplicativo *Map Pilot*, altura de voo foi definida em 100 metros, a partir do solo e estabelecida com base em dados SRTM pré-carregados no software. Foram distribuídos no terreno 16 pontos de apoio, conforme a acessibilidade, rugosidade do terreno e equidistância. Os pontos foram demarcados com calcário em pó (Figura 36), em forma de cruz de em média 50 x 50 cm, assim se tornaram visíveis nas imagens adquiridas.

Figura 36 – Marcação dos Pontos utilizados no aparelho GNSS.



Fonte: A autora, 2020.

Com o aparelho GNSS posicionado no centro dos alvos de cada ponto de controle e apoio foi realizada a aquisição dos dados, de forma estática, pelo método de “Posicionamento

de Ponto Preciso – PPP”, em cada ponto a antena permaneceu por 10 minutos, a fim de se estabelecer um padrão na busca uma melhor precisão.

### 5.2.2 Processamento de dados em laboratório

A primeira fase de processamento foi a retirada de dados planialtimétricos captados pelo GNSS a partir do software *Magnet Tools*, se obtendo 13 pontos, dos quais foram separados 4 pontos para verificação, a localização foi corrigida conforme os dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC), utilizando a estação base localizada no Observatório Nacional (bairro de São Cristóvão, Rio de Janeiro). Então se iniciou a fase de amarração dos dados no software *Agisoft Metashape*.

As imagens foram alinhadas em baixas e média precisão, onde foi gerada uma nuvem de pontos (1.732.000 pontos) aplicando os filtros de reprojeção, reconstrução e acurácia. Gerando como produto final principal o Modelo Digital de Superfície, com resolução de 12,4 cm por pixel.

O ortofotomosaico, com resolução de 3,1 cm por pixel, um exemplo de uma foto aérea obtida pelo VANT (Figura 37), e foi, fundamental para a identificação da vegetação, do uso do solo, dos padrões de drenagem locais, acúmulo de água em superfície auxiliando assim a melhor definição das unidades de mapeamento dos solos.

Figura 37 – Exemplo de uma imagem realizada pelo VANT na fazenda.



Fonte: Thiago Pereira, 2020.

A partir dos dados de VANT, foram elaboradas diversas malhas, além da ortofoto em si e o Modelo Digital de Superfície. Assim, os produtos cartográficos foram elaborados em softwares diferentes, de acordo com a necessidade. No Quadro 4 é apresentado o detalhamento destes mapeamentos. Toda a manipulação e elaboração de banco de dados foi feita via ArcCatalog, construindo sempre o metadado, tanto em produtos formato shape, quanto os em formato raster (ArcGIS 10.6 Esri).

Quadro 4 – Dados elaborados a partir do levantamento via VANT e GNSS.

<u>Dado</u>	<u>Software</u>
Ortofotomosaico	Agisoft Metashape
Modelo de Elevação de Superfície e Digital	Agisoft Metashape
Curva de Nível	Agisoft Metashape e ArcGIS 10.6 Esri
Declividade	ArcGIS 10.6 Esri
Uso e Cultivo do Solo (2005 e 2020)	ArcGIS 10.6 Esri
Exposição Solar	ArcGIS 10.6 Esri
Orientação das Vertentes	ArcGIS 10.6 Esri
Curvatura	ArcGIS 10.6 Esri

Fonte: A autora, 2021.

### 5.2.3 Levantamento do uso e ocupação do solo adaptado para propriedades rurais – Mapa de Uso e Cultivo do Solo

O mapeamento de uso e cobertura das terras foi modificado para atingir o objetivo do trabalho. Por se tratar de um ambiente de fazenda foi realizado o Mapeamento dos Usos e Cultivos dos Solos, assim, se buscou contemplar o estado atual da distribuição das áreas produtivas da fazenda, bem como, fornece uma base de dados para a construção do mapeamento de solos e da readequação das unidades produtivas.

A fim de alcançar uma perspectiva histórica, mesmo que de curto período de tempo, foi adicionada uma imagem de satélite do ano de 2005, retirada da ferramenta “Imagens históricas do *Google*”. Esta etapa foi considerada necessária devido a mudança atual do uso da fazenda, que antes da aquisição pelos proprietários atuais, era uma área de pasto desativada.

A imagem, referente ao ano de 2005, passou pelo processo de georreferenciamento e foi utilizada na classificação dos usos e cultivos. O objetivo foi o de fornecer um modelo histórico comparativo para entendimento das mudanças de cobertura e uso dos solos da fazenda.

Ambas as classificações se deram via classificação supervisionada, unida a fotointerpretação das imagens, tanto na ortofoto (2020), quanto na imagem de satélite, no software ArcGIS 10.6 Esri.

A definição das classes a serem identificadas foram baseadas no Manual técnico de uso da terra (IBGE), e adaptadas de acordo com a necessidade do produtor, a definição resumida de cada classe pode ser vista no Quadro 5.

Quadro 5 - Unidades de Mapeamento Agrícola.

<u>Quadro de Classes de Uso e Cultivo da Fazenda Dom Bosco</u>	
<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
Arbustiva/ Arbórea	Vegetação de médio porte variadas e arvores frutíferas
Campina indiscriminada	Vegetação rasteira do tipo capim braquiária em sua maior parte
Agroflorestal	Área de implantação de agroflorestal
Áreas úmidas / vegetação associada	Áreas alagadas totalmente ou parcialmente e vegetações de áreas alagadiças
Edificações	Construções como casas, galpões e fábricas da fazenda
Estradas e caminhos	Áreas de estradas e caminhos internos de acesso às áreas da fazenda
Silvicultura	Áreas de silvicultura em diferentes estágios
Lavoura em preparo	Áreas em preparo para plantio
Lavouras ativas	Áreas de lavoura em atividade.

Fonte: A autora, 2021.

#### 5.2.4 Extração de dados morfométricas: Declividade e Modelo de Curvatura

O Modelo Digital de Elevação possibilitou a extração de dados morfométricos, para Valeriano (2008) são arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, como uma imagem com um valor de elevação em cada pixel, configurando um elemento para o conhecimento e caracterização do relevo.

A declividade representa uma derivada de primeira ordem da altimetria, possuindo forte relação com o escoamento, erosão dentre outros mecanismos de transporte ao longo da vertente, sendo assim importante para a divisão das unidades de mapeamento dos solos, esta foi dividida em 5 classes (Quadro 6) definidas por EMBRAPA (2001).

Quadro 6 - Classes de declividade utilizadas para os mapeamentos de solo da EMBRAPA.

<u>Classes</u>	<u>Declividade (%)</u>
Classe 1	0 - 3
Classe 2	3 - 8
Classe 3	8 - 20
Classe 4	20 - 45
Classe 5	45 - >

Fonte: Embrapa, 2001.

A classificação das formas do relevo, baseada em variáveis morfométricas, é de fundamental importância para a teoria da geomorfologia e modelagem digital da superfície terrestre, podendo ser utilizada para segmentação da superfície topográfica para solucionar problemas de geologia e pedologia (FLORINSKY, 2012).

Segundo Corbett *et al.* (2009), valores positivos de K (curvatura Gaussian) descrevem uma superfície elíptica, valores negativos uma hipérbole e para valores de  $K = 0$  a superfície é caracterizada como uma parábola. Assim, a partir dos valores de K e H (curvatura principal), esses autores caracterizaram as diferentes superfícies topográficas como segue:  $K > 0$  com  $H > 0$  definem colinas;  $K > 0$  com  $H < 0$  definem depressões;  $K < 0$  com  $H > 0$  definem feições em sela convexas;  $K < 0$  com  $H < 0$  definem feições em sela côncavas;  $K = 0$  com  $H > 0$  definem pontos de cumeada;  $K = 0$  com  $H < 0$  definem vales ou áreas planas. Aplicando para as

superfícies topográficas, a superfície elíptica corresponde a colinas (parte mais alta) e depressões (parte mais baixa); a topografia em hipérbole remete a feições em sela e parábolas são correlacionadas a pontos de cumeada, vales e áreas planas

A curvatura foi realizada a partir do ferramental curvatura do ArcGIS 10.6 (ESRI), sendo calculada a partir de um polinômio de quarta ordem, sendo a saída do dado resultante da segunda derivada da superfície modelada. A curvatura de um perfil afeta a aceleração ou não do fluxo d'água, influenciando assim sua dispersão ou acumulação. Assim, se procedeu a transformação da curvatura para classes, através da reclassificação dos valores obtidos, os valores positivos correspondem a terrenos convexos, os valores negativos correspondem a relevos côncavos e os valores nulos identificaram vertentes retilíneas. Na prática, Valeriano (2008) ressalta que o zero absoluto não existe em realidade praticamente, então se assumem intervalos, assim os intervalos assumidos pelo presente estudo e as classes referidas se encontram no quadro a seguir e se balizou, após testagens de outros índices, nos valores sugeridos pelo próprio software.

Quadro 7 - Classificação da curvatura.

<u>Curvatura do Terreno</u>	
Intervalo de Valores	Curvatura
-61 - -4	Muito Convexo
-4 - -0,5	Convexo
-0,5 - 0,5	Retilíneo
0,5 - 4	Côncavo
4 - 49	Muito Côncavo

Fonte: Adaptado do software ArcGIS Desktop 10.6, 2021.

### 5.2.5 Geração dos mapeamentos de orientação da vertente e exposição solar

A orientação da vertente representada foi realizada a partir da ferramenta “aspecto” do software ArcGIS 10.6 Esri. Este mapeamento identifica a direção em que a inclinação da encosta está voltada, é medida em graus que variam de  $0^0$  (norte) a  $360^0$  (norte novamente), tendo recebido as áreas planas um valor de -1. Optou-se pelo método de cálculo planar, onde um plano é projetado utilizando coordenadas cartesianas, um método mais tradicional para este

cálculo. Foram adotados os seguintes intervalos (LANCASTER, 1986) demonstrados no quadro 8.

Quadro 8 - Cálculo da orientação da vertente.

Cálculo da orientação da Vertente	
Graus	Orientação Relacionada
-1	Plana
0 - 22,5	Norte
22,5 - 67,5	Nordeste
67,5 - 112,5	Leste
112,5 - 157,5	Sudeste
157,5 - 202,5	Sul
202,5 - 247,5	Sudoeste
247,5 - 292,5	Oeste
292,5 - 337,5	Noroeste
337,5 - 360	Norte

Fonte: ArcGIS Desktop 10.6, 2021.

Foi realizado adicionalmente uma análise acerca da exposição solar, a partir da ferramenta “radiação solar” do ArcGIS 10.6, sendo utilizado o ano de 2019 no cálculo base, por ser o ano que tínhamos informações de colheita e acompanhamento produtivo da fazenda. Esta análise permite localizar o acúmulo da radiação solar em determinadas áreas, sendo denominada radiação global (a radiação que atinge o solo), que é a soma da radiação direta e difusa. O dado de saída é determinado por um raster de radiação que tem por unidade W.H/m<sup>2</sup>. A irradiância solar é responsável por desencadear grande parte dos processos químicos, físicos e biológicos no sistema solo-planta-atmosfera (BERUSKI *et al.*, 2015).

### 5.3 Análises físico-químicas das amostras coletadas

Ao chegar do campo com as amostras, que se haviam sido devidamente ensacadas e identificadas, foi iniciada a etapa de processamento, que foi feita, em maior parte, no Laboratório de Geografia Física – LAGEFIS (IGEOP-UERJ), inicialmente expondo as mesmas para serem secas ao ar. Posteriormente foram realizadas as análises referentes à granulometria,

pH, densidade aparente e densidade real e matéria orgânica. As demais análises foram realizadas em laboratório externo pertencente a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Para a determinação da granulometria das amostras foi utilizado o método da “Pipeta” (EMBRAPA, 1997), exemplificada na Figura 38. Assim, para obtenção da informação sobre a dispersão das argilas foi utilizada solução de hexametáfosfato de sódio tamponado com carbonato de cálcio; com a determinação dos valores de areia total, silte e argila foi possível determinar a textura do solo, a partir da utilização do Triângulo Americano das Classes Texturais, proposto pelo *Soil Survey Manual* e modificado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SIBCs).

A densidade do solo e a porosidade total foram determinadas a partir de amostras com volume conhecido, como descrito no método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), as amostras foram pesadas e postas em estufa a 105°C por 24 horas; após este tempo foram retiradas; depois de resfriadas em dessecador, foram novamente pesadas. Em função do volume conhecido, a diferença entre o peso antes de ir para estufa e o peso posterior, é a densidade do solo (EMBRAPA, 1997). A porosidade total corresponde ao volume de espaços “vazios” e foi obtida pela subtração do espaço ocupado pela matéria sólida em relação ao volume total do solo (EMBRAPA, 1997).

Figura 38 - Análise de granulometria (método da pipeta) no Laboratório de Geografia Física – UERJ.



Fonte: A autora, 2018.

O teor de carbono orgânico das amostras foi determinado pela oxidação da matéria orgânica por via úmida, com dicromato de potássio (EMBRAPA, 1997). O valor da matéria orgânica foi obtido multiplicando o teor de carbono orgânico, pela constante 1,724.

As informações sobre o teor de Cálcio, Magnésio, Alumínio, Sódio, Potássio, Fósforo, acidez potencial, saturação por bases e capacidade de troca catiônica foram obtidas por análises realizadas no Laboratório de Manejo e Conservação do Solo e da Água, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, seguindo, para estas análises, o Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (SILVA, 2009).

#### 5.4 Análises micromorfológicas das amostras coletadas: preparação e interpretação

A análise micromorfológica dos solos tem como objetivo a identificação dos constituintes presentes da fração sólida dos solos, bem como os arranjos, ou modos de organização destes constituintes. Para a obtenção destas informações foram utilizadas as 26 amostras indeformadas, capazes de manter a estrutura do solo preservada. As mesmas devem conter a direção da coleta em relação ao topo do perfil de solo, possibilitando identificar a direção do transporte de material dentro do solo (Figura 39). Após coletadas, as amostras foram impregnadas a fim de torná-las resistentes ao corte, e, procedimento realizado no LAGEFIS.

Figura 39 - Coleta de amostra de micromorfologia no solo estudado na trincheira 5.



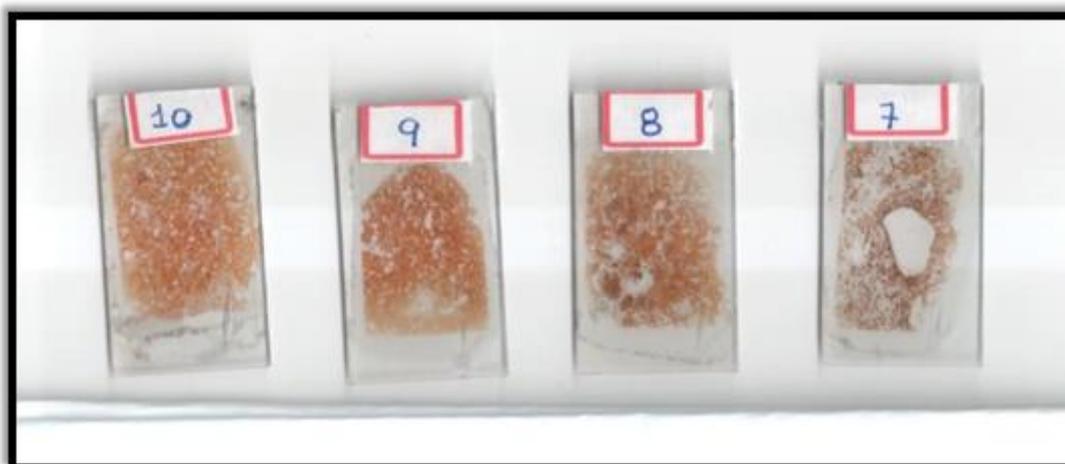
Fonte: Antonio Soares, 2017..

A impregnação e confecção de lâminas delgadas seguiram técnicas baseadas nos métodos descritos em Bullock *et al.* (1985); Castro (2008); e Silva (2006). Assim, inicialmente, os blocos de solos, coletados, de forma a manterem a estrutura preservada, foram secos ao ar, e posteriormente colocados em estufa com temperatura aproximada de 45°C, para a retirada de todo o excesso de água. Após esta etapa, as amostras foram impregnadas com uma mistura composta por resina de poliéster “CY 248”, endurecedor “HY 956” (ambos da marca Araldite) e acetona. As amostras então foram submetidas a vácuo fraco, propiciando a ascensão da resina por capilaridade em toda a amostra de solo. Para isso, foi utilizada uma bomba de vácuo modelo “CL nº BD – 2343 DIA-PUMP” da marca FANEM LTDA. Para cada amostra foram realizadas pelo menos três sessões de impregnação, por três dias seguidos, até a formação de um bloco endurecido. Todo este processo está sendo realizado neste momento da pesquisa, no Laboratório de Geografia Física – LAGEFIS/UERJ.

Posteriormente a impregnação e secagem das amostras, foi iniciado o procedimento de confecção das lâminas delgadas no Laboratório Geológico de Processamento de Amostras (LGPA / UERJ), onde o bloco de solo foi cortado em máquina de disco diamantado, em duas partes. Uma das partes é colada em lâmina de vidro plano, depois de desbastado e polido manualmente com abrasivo (carborundum). As lâminas ficaram com espessura de aproximadamente 30µ ao final do procedimento.

A descrição das lâminas e posterior interpretação foi realizada no Laboratório de Petrografia da UERJ, inicialmente as lâminas foram digitalizadas de acordo com a trincheiras correspondente, e descritas a olho nu, onde se identificaram a existência ou não de zonas diferenciadas em cada uma (Figura 40).

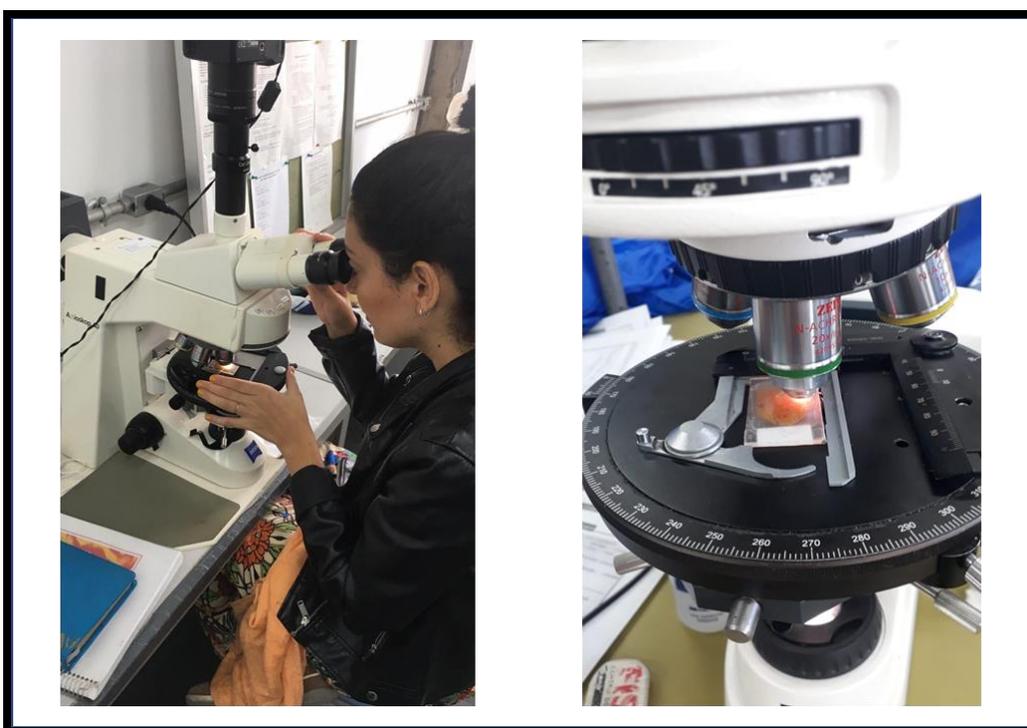
Figura 40 – Imagem das lâminas da trincheira 1, após digitalização.



Fonte: A autora, 2020.

Em microscópio petrográfico da marca *Axioscop* 40 com luz polarizada (Figura 41), seguindo os manuais de Bullock *et al.* (1985) e Castro (1989), foram preenchidas as fichas referentes a toda a descrição das lâminas, as observando a partir de lentes objetivas da marca ZEISS com 2,5X, 5X, 20X e 50X de aumento. Foram identificados os constituintes do fundo matricial: o plasma, que corresponde, geralmente, à argila (fração granulométrica menor ou igual a 0,002 mm); o esqueleto, correspondente à fração granulométrica compreendida entre 0,002 e 2 mm; e os poros, correspondentes aos vazios existentes no plano da lâmina.

Figura 41 – Análise das lâminas delgadas no Laboratório de Petrografia UERJ.



Fonte: Samuel de Oliveira, 2020. Vanessa Saraiva, 2020.

### 5.5 Elaboração da topossequência de solos

A construção da topossequência foi uma das principais fases da presente pesquisa, nela são distribuídos todos os horizontes pedológicos ao longo da vertente. Evidenciando a relação entre os horizontes pedológicos com o relevo permitindo assim uma análise da relação solo x relevo detalhada.

A partir do levantamento topográfico e de solos em campo, se torna possível a elaboração desta, sendo a topossequência fase anterior ao mapeamento de solos, por balizar

este. Os dados de solos coletados, foram tabulados e analisados para a definição dos horizontes pedológicos. O Quadro 9 apresenta os nomes estabelecidos para cada camada, bem como, a sigla adotada na legenda.

A segunda fase é a construção do perfil topográfico de detalhe, onde foram utilizados os dados de campo provenientes do VANT e GNSS. Foi utilizado o desnível topográfico de 30 cm entre as curvas de nível. Assim, foram interpoladas as curvas de nível e o perfil topográfico no software ArcGIS 10.6 (ESRI), manipulado em ambiente Excel, e por fim o desenho da topossequência foi realizado no *software* Adobe *Illustrator*. As cores escolhidas na representação final foram adotadas de forma a parecer o mais real e didático possível, facilitando assim a interpretação destes resultados.

Quadro 9 – Quadro de camadas e siglas adotadas para identificação das camadas.

<b>Quadro de Siglas das camadas identificadas nas Topossequências</b>					
<b>Nome da camada</b>	<b>Sigla</b>	<b>Nome da camada</b>	<b>Sigla</b>	<b>Nome da camada</b>	<b>Sigla</b>
<b>A BRUNADO</b>	Ap1	<b>B BRUNADO AMARELADO</b>	Bt3	<b>C ARENOSO</b>	C3
<b>A BRUNO ESCURO</b>	Ap2	<b>B BRUNO AMARELADO ARGILOSO</b>	Bt4	<b>C GLEIZADO AMARELADO</b>	C4
<b>A ANTROPICO PRONUNCIADO</b>	Ap3	<b>B MICROESTRUTURADO</b>	Btw	<b>C FRANCO ARENOSO VERMELHO-AMARELO</b>	C5
<b>A GLEIZADO</b>	Ap4	<b>B AMARELADO ARGISSOLO</b>	Bt5	<b>AREIA FRANCA</b>	AF
<b>B BRUNADO</b>	Bt1	<b>C ARGILO ARENOSO</b>	C1	<b>ZONA DO U</b>	ZU
<b>B VERMELHO AMARELO</b>	Bt2	<b>C VERDE</b>	C2		

Fonte: A autora, 2021.

## 5.6 Mapeamento dos solos

O mapeamento de solos foi um dos objetivos principais nesta pesquisa, seus dados tornam possível o entendimento detalhado dos solos na área da pesquisa, bem como, serviu de base para a elaboração das Unidades produtivas, propostas ao final do trabalho.

### 5.6.1 Mapeamento de solos – fase 1

A partir da revisão bibliográfica, levantamento dos solos anteriores, geologia, geomorfologia, vegetação e clima foram interpretadas, de forma preliminar, os padrões fisiográficos da paisagem, necessários para a elaboração do mapa de solos. Foram utilizados 9 perfis completos descritos, 5 tradagens de observação nas planícies, 2 amostras compostas e mais 3 perfis de solos descritos em trabalhos anteriores local (LUMBRERAS *et al.*, 2001 e SARAIVA *et al.*, 2018), que, apesar de não estarem publicados em escala local, auxiliaram no mapeamento com informações taxonômicas e de algumas características químicas.

A fotointerpretação foi realizada a partir do ortofotomosaico, e, se deu em diferentes faixas: 1.50.000 (contexto regional), 1.20.000 contexto local e 1.000 (onde foram delimitadas as unidades de mapeamento). Após a versão preliminar, procedeu-se nova ida a campo, a fim de ajustar os limites de cada unidade de solo.

O mapeamento realizado em escala de detalhe (1:10.000), escala adequada a empreendimentos agrícolas e trabalhos de planejamento e gestão local de propriedades rurais (SIBCS, 2018), para isto ele avança até o 5º nível categórico de mapeamento (famílias). Os critérios e definições para o estabelecimento das classes de solos, elaboração das unidades de mapeamento e classificação dos horizontes foram baseados no Manual de Solos da SiBCS, adequando-o para a realidade local, assim, cabe destacar, quais foram os principais parâmetros analisados:

- a) Saturação por bases (V%): foi considerado eutrófico, todo solo com saturação igual ou superior a 50%, e distrófico os de saturação inferior a 50%, esta analisada a partir do horizonte B, para o 5º nível categórico (famílias) utilizou-se o percentual de saturação por bases conforme Lumbreras *et al.*, (2001) consideraram para os solos da região, onde foram identificadas as categorias mesodistrófico ( $V \geq 35\%$  e  $> 50\%$ ) e mesoeutrófica ( $V \geq 50\%$  e  $\leq 75\%$ ).
- b) Saturação por alumínio: foi considerado álico quando a saturação por alumínio for  $\geq 50\%$ , também utilizando este dado para o 5º nível categórico.
- c) Relação silte argila: obtida dividindo-se o teor de silte pelo de argila, resultantes da granulometria, ela auxilia na identificação dos estágios de intemperismo dos solos.
- d) Granulometria: conforme a composição granulométrica do horizonte B foram identificados grupamentos texturais, baseados nos padrões de Lumbreras *et al.* (2001): textura muito argilosa (mais de 600g/kg de argila), argilosa (350g

- a 600g de argila/kg), média (350g/kg de argila e mais de 150g/kg de areia), e textura arenosa para as classes texturais areia e areia franca.
- e) Classes de reação: acidez ou alcalinidade dos solos, também considerado atributo fundamental para o 5º nível categórico, assim: ácidos ( $\text{pH} < 5,6$ ), neutro ( $\text{pH} \geq 5,6$  e  $< 7,4$ ) e alcalino ( $\text{pH} \geq 7,4$ ).
- f) Classes de drenagem: zonas de acúmulo de água que afeta as condições hídricas do solo, influenciando a infiltração, escoamento ou acúmulo de água nos horizontes: assim buscou-se separar os solos drenados, imperfeitamente drenados e mal drenados.
- g) Coloração dos solos: os solos não hidromórfico possuem as cores como fundamentais para a definição do 2º nível categórico, assim foram classificados em: amarelos (solos onde o horizonte B apresenta cores amareladas) e vermelho-amarelos (solos com cores vermelho-amareladas no horizonte B).
- h) Horizontes diagnósticos superficiais: os horizontes superficiais foram analisados e classificados de acordo com as normas da EMBRAPA e SiBCS (Lumbreras *et al.*, 2001 e SiBCS, 2018), assim foram descritos os horizontes A proeminente (espesso, escuro, com teor de carbono orgânico de pelo menos 5,8g/kg e espessura maior do que 20cm, saturação por bases menor do que 65%), A moderado (teores de carbono orgânico variáveis, espessura e/ou cor que não satisfazem as condições requeridas para caracterizar nenhum horizontes diagnóstico específico) e o horizonte A antrópico (horizonte de pequena espessura que teve sua estrutura, cor, e conteúdo modificados pela atividade humana, neste caso o uso agropastoril);
- i) Horizontes diagnósticos subsuperficiais: foram identificados e descritos os horizontes subsuperficiais essenciais na definição de algumas classes de solo. Foram classificados como B textural horizonte subsuperficial de evidências de acumulação, sendo necessário o cálculo da relação textural para analisar esse ganho de argila. Foram classificados como B latossólicos – horizontes de grande espessura (50cm), estágios avançados de intemperismo e presença de microestrutura granular. Horizonte glei foi caracterizado pela intensa redução de ferro e formado sob condições de excesso de água, marcados pelos mosqueamento, falta de estrutura e cromas acinzentados, avermelhados.

- j) Posicionamento dentro da morfologia: considerou-se tanto a declividade, posição dentro da vertente (topo de vertente, meio de vertente e base de vertente), além do formato da vertente foram observados e registrados dentro da legenda do mapeamento.
- k) Padrões de exposição solar e posicionamento das vertentes: foi analisado o padrão de distribuição da radiação solar e posicionamento da vertente, a fim de relacionar estas áreas a ocorrência de determinados atributos do solo, como coloração e drenagem.

Os critérios para a classificação dos solos no presente estudo, seguiu o Manual da SIBCS (2018), onde se discrimina o que se define enquanto tipo de solo. Assim, abaixo segue uma breve descrição técnica da classe dos solos encontrados na fazenda Dom Bosco:

- a) Argissolos: Compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural (Bt), caracterizado por aumento da fração argila em relação ao horizonte A sobrejacente, com argila de baixa atividade. São predominantemente cauliníticos, geralmente bem drenados, de textura média/argilosa.
- b) Gleissolos: Compreende solos minerais, hidromórficos, com horizonte A, seguido de horizonte glei e ausência de horizonte E.
- c) Latossolos: Compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto H hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, em resultado de enérgicas transformações no material constitutivo.
- d) Planossolos: Compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com o horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B plânico subjacente, adensado, com acentuada concentração de argila e permeabilidade muito lenta, constituindo, por vezes, um pã, responsável pela ocasional formação de lençol d'água suspenso.

Os levantamentos de solos realizados no nível do presente trabalho têm por objetivo obter informações de natureza qualitativa e semiquantitativa do recurso solo, em áreas prioritárias para desenvolvimento de projetos agrícolas, pastoris e florestais, instalação de núcleos de colonização e localização de estações experimentais (IBGE, 2006).

A legenda do mapa de solos é uma construção complexa, o presente trabalho se baseou nos parâmetros do IBGE (2011), EMBRAPA (2001) para esta elaboração da legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco. O Quadro 10 mostra o exemplo de como foi estruturada a legenda do mapa de solos, trazendo os principais parâmetros identificados e analisados para cada unidade de mapeamento.

Quadro 10 – Exemplo da legenda do mapa de solos.

Legenda de Mapa de Solos												
Sigla	Tipo de Solo Principal	Tipo de Solo 1	Tipo de Solo 2	Inclusão	(%) Solo 1	(%) Solo 2	Declividade - Solo1	Declividade - Solo2	Classe de Relevô	Forma da Vertente	Uso Principal	Área (km²)

Fonte: A autora, 2021.

### 5.6.2 Mapeamento de solos – fase 2

Após o levantamento dos dados e confecção do mapa preliminar de solos, foram realizados campos adicionais, ao longo de 2019 (Figura 43). No mês de agosto, um campo final foi elaborado, em dois dias, para a verificação da acuidade do mapeamento. Foram determinados pontos de forma aleatórias, na ferramenta “criar pontos randomizados”, porém foi necessário descartar alguns pontos devido à dificuldade de acesso, totalizando 39 pontos espacializados na Figura 43.

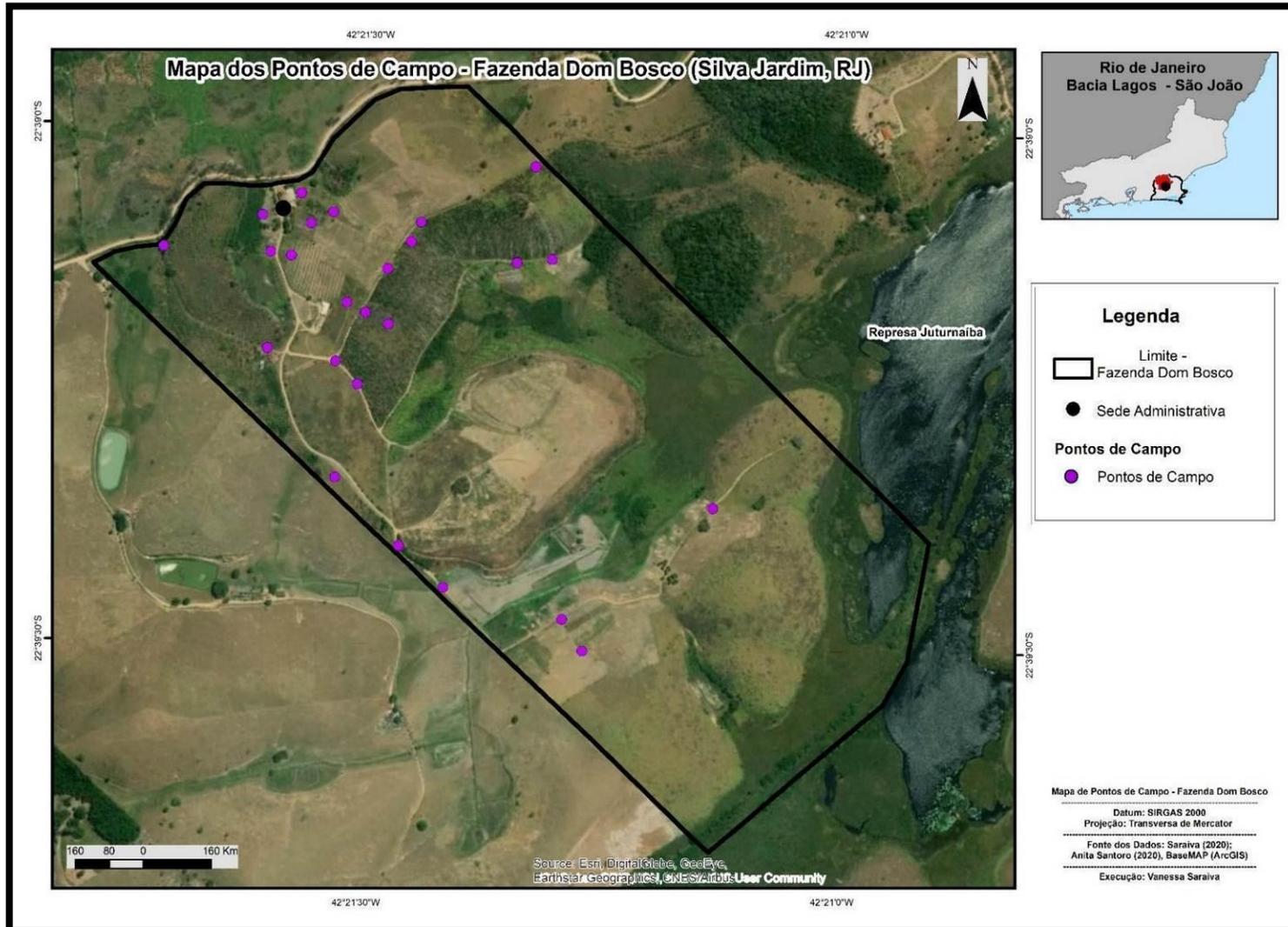
Cada ponto foi analisado quanto a morfologia de campo, tomadas fotos, ou anotações, determinando os tipos de solos, ou alguma característica específica (como as cores) e, ou, de uso, de cada ponto (Figura 42). Posteriormente, já tabelados, estes dados foram comparados com o mapeamento dos solos e, ou, de uso agrícola em tabelas.

Foto 42 – Campo de verificação e validação dos dados de solos da Fazenda Dom Bosco em julho de 2020.



Legenda: a) foto do GPS utilizado para marcação dos pontos; b) observação dos solos em campo; c) retirada do horizonte superficial para verificação da cor; d) observação de um perfil de solo.  
Fonte: A autora, 2020.

Figura 43 – Distribuição dos pontos do campo de averiguação e validação dos dados.



Fonte: A autora, 2021.

A partir das análises de fertilidade, topografia e solos foram zoneadas porções da fazenda mais favoráveis aos diferentes plantios, oferecendo um grande suporte a produtividade agrícola, descrita no subcapítulo a seguir.

### **5.7 Construção e elaboração das unidades produtivas**

A unidade produtiva foi o termo utilizado no local do termo gleba, que busca dentro dessa conceituação traduzir para os proprietários e trabalhadores as unidades de área que compreende características únicas, e que baseiam o tipo de produção e o manejo a ser utilizado.

A elaboração de cada unidade produtiva foi realizada mediante os cruzamentos das informações obtidas nos mapeamentos dos solos, declividade, altitude, curvas de nível, exposição solar; somado ao conhecimento local e interesse do produtor e dos trabalhadores da fazenda Dom Bosco e, finalmente sendo consideradas as indicações dos produtos regionais de Silva Jardim, com o suporte da EMATER-RIO, sede de Silva Jardim. Toda a parte de interação foi realizada mediante reuniões com os produtores da fazenda, das associações de produtores locais, trabalhadores rurais e a EMATER-RIO, estas reuniões ocorreram ao longo dos anos de 2016 a 2020.

A legenda do mapa de unidade produtiva foi elaborada, a fim de conter a maior parte das informações consideradas necessárias, tanto pela produtora, como pelos trabalhadores rurais e técnicos da EMATER-RIO. Onde se buscou apresentar o necessário, para a identificação dos melhores plantios a serem implementados, e, as medidas de manejo, de acordo com cada unidade. Assim foram considerados como critérios para unidades produtivas os critérios de:

- a) Declividade média: considerou-se os intervalos da EMBRAPA (2001), em percentual como modelo, sendo classificada como muito inclinado terrenos de declividade maiores do que 20%, moderadamente inclinado, os valores de 8 – 20 %; plano de 0 - 3 e de 3-8%. O entendimento da declividade é fundamental em uma área agrícola, sobretudo suave colinosa, pode-se identificar setores capazes de manuseios por máquinas, maior risco de erosão, além do tipo de cultura e de manejo.

- b) Altitude: foram consideradas as altitudes de cada unidade produtiva, sendo classificada no seu intervalo de ocorrência. A altitude é um marcador para a criação de plantios em curva de nível, projetos de irrigação além da adaptação do próprio cultivo e manejo adequado.
- c) Orientação com relação ao sol: A orientação das vertentes para o sol facilita a estimativa de tempo de sol em cada cultura, dentro da unidade de mapeamento, norteando todo o planejamento de cultivos ao longo do ano.
- d) A exposição solar: foi considerada a exposição solar por um ano, a fim de compreender em quais áreas os solos estarão sob mais luz solar ao longo do ano, e os tipos de implicações deste dado para projetos de irrigação e mitigação da erosão em solos ressecados.
- e) Tipo de Solo Principal: ao se obter o cruzamento da malha de unidades produtivas com a malha de solos, obtém-se o tipo de solo principal, fundamental para a escolha da cultura a ser implementada, as medidas de manejo e planejamento agrícola anual.
- f) Relevo e curvatura: de acordo com o relevo, a posição neste relevo e a curvatura se entende o modelo de dispersão da água dentro de uma unidade de produção, sendo importante marcador do manejo das unidades produtivas quanto a disponibilidade de água, ao longo do ano e a erosão dos solos.
- g) Suscetibilidade a erosão: foi identificado pelos trabalhadores, erosões lâminares ao longo das unidades produtivas, algumas mais concentradas em determinadas unidades de produção, assim classificou-se a suscetibilidade em muito alta, alta, moderada, fraca e nula (do maior para a menor suscetibilidade, de acordo com o trabalho na bacia já realizado por Saraiva, *et al.* 2019) ofertando ao produtor um olhar diferenciado nas unidades de maior suscetibilidade, a fim de não gerar perdas em seus horizontes superficiais.
- h) Uso atual: foram identificadas a partir das imagens do voo de drone os usos atuais (ano de 2020) a fim do produtor observar sua área ociosa e poder se planejar quando a novo cultivos.
- i) Medidas de manejo: uma das variáveis fundamentais no planejamento dos planos atuais, por se tratar de uma área e produção orgânica, onde o produtor deseja o mínimo de intervenção e o máximo de aproveitamento das

características naturais da paisagem e dos solos da fazenda, as medidas de manejo foram indicadas pela EMATER-RIO, especificamente para fazenda nos domínios suaves colinosos de Silva Jardim.

- j) Indicação produtiva: neste tópico se consideraram os usos atuais, perspectivas profissionais, aptidão dos trabalhadores e a adaptação das sementes dos cultivos para as diferentes unidades produtivas, o apoio da EMATER- RIO foi fundamental, dada por meio de parceria acadêmica com o presente trabalho.
- k) Área de cada unidade produtiva: se necessita de uma área mínima para ser suficientemente econômico a plantação nas unidades produtivas, e este foi um fator fundamental na confecção das unidades produtivas.

Assim foram definidas 6 unidades produtivas, são elas: Alaranjado 1 – médio profundo, muito inclinado; Alaranjado 2 – médio profundo, inclinado; Plano não alagado – médio profundo – arenoso; Topos aplainados – profundos – argilosos; Plano alagado. A adoção desta nomenclatura foi definida em treinamento de campo com os proprietários e trabalhadores da fazenda.

O Quadro 11 descreve, basicamente, a definição de cada unidade produtiva. Deve-se destacar que a nomenclatura e o perfil das unidades foram realizados com o objetivo de produção agrícola de alimentos diversificados e orgânicos, respeitando o perfil local. Assim, se buscou ser o mais simples e claro possível, definindo a partir destas reuniões em campo os nomes e os tipos de unidades possíveis, se buscou sempre esta interação entre os dados acadêmicos e quantitativos e os produtores e trabalhadores locais.

Quadro 11 – Unidades produtivas da fazenda Dom Bosco

Unidades produtivas - fazenda Dom Bosco	
<u>Nome da Unidade</u>	<u>Principais características</u>
Alaranjado 1 - médio profundo - muito inclinado	. Corresponde aos Argissolos Vermelho-Amarelo, horizonte A de até 20 centímetros, textura geral argilosa e muito argilosa, estrutura em blocos fortes, ligeiramente férteis, em terreno muito inclinado
Alaranjado 2 - médio profundo - inclinado	Corresponde aos Argissolos Vermelho-Amarelo, horizonte A de até 20 centímetros, textura geral argilosa, estrutura em blocos ou grumosa, ligeiramente férteis, em terreno medianamente inclinado.
Plano não alagado - médio profundo - arenoso	Corresponde à Solos do Tipo Planossolos Háplicos e Gleissolos Háplicos, de horizonte A até 20 cm, textura geral mais arenosa, férteis, em terreno aplainado.
Topos aplainados - profundos - argilosos	Corresponde aos Argissolos Vermelho-Amarelo, eventualmente Argissolos Amarelos, horizonte A variando de 20 centímetros até 40 cm, textura geral argilosa, estrutura entre blocos friáveis e grumosa, características latossólicas, ligeiramente férteis, em terreno aplainado nos topos das colinas.
Plano drenável - raso - argiloarenoso	Corresponde à Solos do Tipo Gleissolos Háplicos, de horizonte A até 20 cm, textura geral argiloarenosa, férteis, em terrenos parcialmente alagados de acordo com a estação chuvosa, passível de drenagem.
Plano alagado	Corresponde à Solos do Tipo Gleissolos Melânicos, de horizonte A até 20 cm, textura geral argilosa e muito argilosa, férteis, em terrenos alagados na maior parte do ano, limitação quanto à drenagem.

Fonte: A autora, 2021.

Todas estas variáveis, apesar de adaptadas para a fazenda Dom Bosco, seguem um método totalmente voltado para o entendimento dos solos na paisagem natural do domínio suave colinoso, podendo ser aplicado, com adaptações para qualquer área deste domínio, dentro e em municípios arredores de Silva Jardim.

Desde sua confecção, foi feito um trabalho de remarcação das unidades produtivas (antigas glebas) e treinamento dos produtores e trabalhadores nela foi ofertado pelo Grupo de Estudos em Pesquisas Tropicais – GESOLT (UERJ) a fim de familiarizar e preparar o trabalhador para esta nova dinâmica de plantio. Uma importante fase de troca, que já se iniciou, seguirá ao longo de todo ano 2022, com cursos locais, a fim de sanar qualquer questionamento ou dificuldade em sua aplicação.

## 6 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos no estudo: levantamento geoespacial, processamento das informações, elaboração da topossequência, descrição dos solos e as análises físicas e químicas, Mapa de Solos e de unidades produtivas. Finalizando com uma discussão dos dados e resultados.

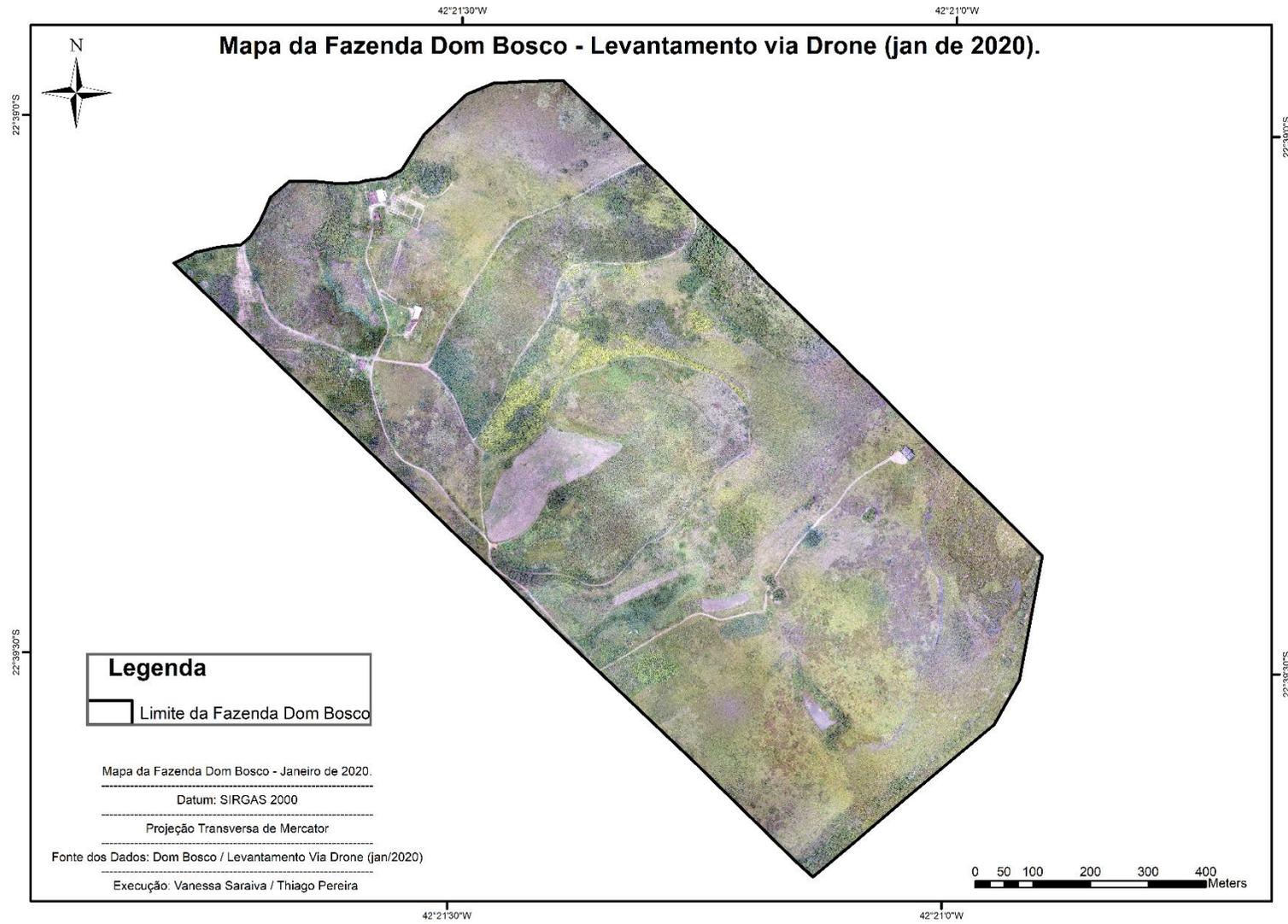
### 6.1 Levantamento geoespacial

O levantamento geoespacial apresenta os resultados de imageamento da área de estudo e produção das bases cartográficas, produzindo mapas de uso e uso agrícola, declividade, altitude, curva de nível, orientação das vertentes, exposição solar.

#### 6.1.1 Imageamento por VANT

A Figura 44 apresenta o ortofotomosaico da fazenda Dom Bosco, para janeiro de 2020. O levantamento das imagens via VANT, somada ao GNSS possibilitaram a geração de uma série de base de dados em alta resolução, que foram todas analisadas em escala de detalhe, obtendo-se uma imagem muito próxima da realidade vista em campo.

Figura 44 – Levantamento aéreo realizado pelo VANT.



Fonte: A autora, 2021.

A partir deste imageamento foi possível elaborar o mapeamento dos usos e cultivos da fazenda Dom Bosco, fundamental para estabelecer a visão, naquele momento, da fazenda, áreas que apresentam úmidas ou encharcadas, assim como foi a base para elaboração do mapeamento dos solos e de unidades produtivas.

### 6.1.2 Usos e cultivos da fazenda Dom Bosco

A primeira análise aqui apresentada é a de uso e culturas da fazenda Dom Bosco. Foi utilizada a imagem obtida por VANT mas sendo acrescida da perspectiva histórica, a partir das imagens do ano de 2005 do software Google Earth (a mais antiga que se teve acesso). Esse levantamento histórico permitiu entender os diferentes usos aos quais foram submetidos os solos da área, e, a partir deles, compreender como usos pretéritos se refletem nas características atuais dos solos. Relatos sobre estes usos foram tomados dos proprietários atuais, trabalhadores e dos técnicos da EMATER-RIO a fim de entender a dinâmica das propriedades do entorno da Represa de Juturnaíba.

Foram identificadas 5 classes de usos do solo na fazenda Dom Bosco, para o ano de 2005 (Tabela 2, Figura 45) são elas: Arbustiva/Arbórea; Campina indiscriminada; Áreas úmidas e vegetações associadas, edificações e solo exposto. A espacialização e quantificação destas classes pode ser visualizada Figura 45 e 46. O uso de maior predominância na área foi o de campo/ pastagem, 53% (514.779m<sup>2</sup>), distribuído por toda a zona colinosa da fazenda, o que confirmou os relatos da fazenda ser pastagem para gado desativada.

Na classe solo exposto estão as áreas de solos degradados suficiente para se identificar a cor do horizonte do solo abaixo da superfície, esta classe ocupava na época, cerca de 24% (230.000m<sup>2</sup>) da área da fazenda, situando-se mais ao norte da fazenda, em áreas de colinas e mesmo áreas de menor declividade. Isto explica de forma muito clara a espessura dos atuais horizontes A, que apresenta perda de matéria e espessura, ou remoção parcial, um problema muito comum nas atividades pastoris mal manejadas, podendo se configurar num clássico exemplo do domínio suave colinoso e a erosão laminar severa típica de seus solos. A atividade da agricultura neste tipo de solo, ainda em recuperação é um desafio em especial, buscando identificar essas áreas para poder intervir de forma vertical na sua recuperação.

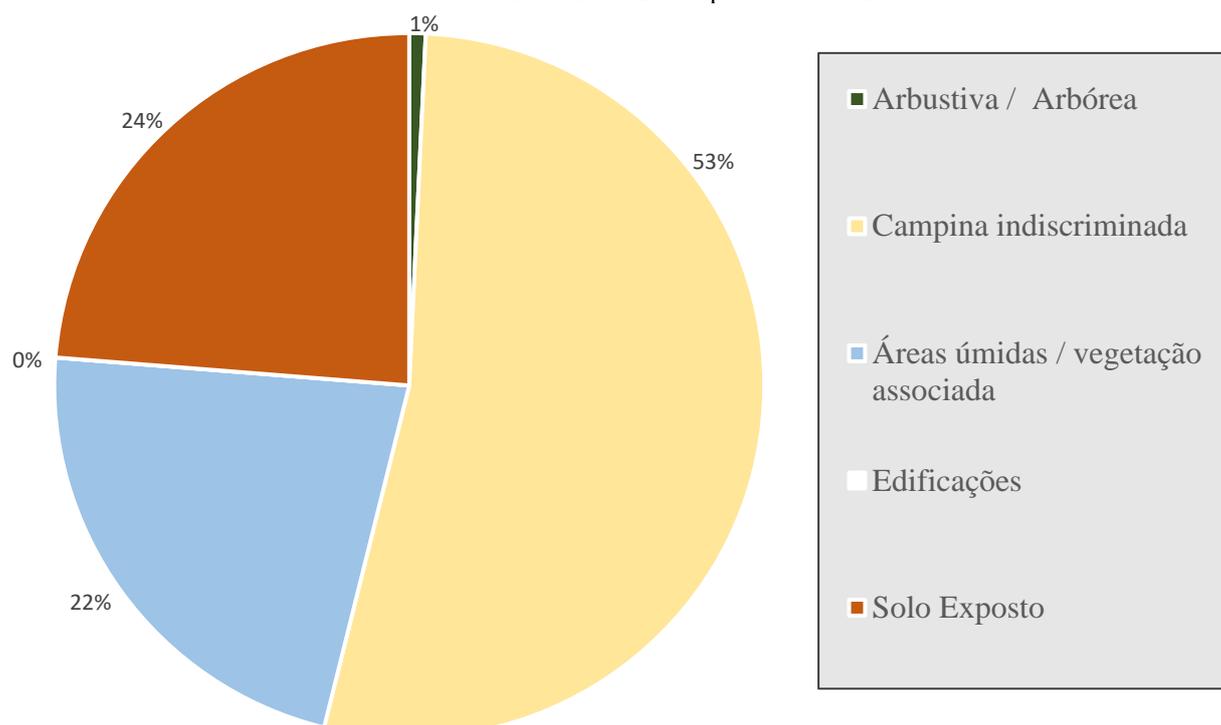
As áreas úmidas e as vegetações associadas ocupam cerca de 22% da área, cerca de 217.171m<sup>2</sup>, localizadas exatamente nas zonas rebaixadas da fazenda, áreas que comumente se submergem em alguma parte do ano. A classe arbustiva/arbórea se concentra em pequenas porções a nordeste da fazenda e uma área pontual na zona central, representa 1% da área da fazenda, cerca de 7.197m<sup>2</sup>. As edificações não chegam a 1% da área da fazenda, cerca de 1.222m<sup>2</sup>, sendo representados basicamente pela casa que hoje é a sede da fazenda, e um pequeno depósito, na parte central da fazenda.

Tabela 2 - Área das classes de uso identificadas em imagem de satélite para o ano de 2005.

Tabela de Classes de Uso e Cultivo da Fazenda Dom Bosco (2005)	
Classe	Área (m <sup>2</sup> )
Arbustiva / Arbórea	7.197
Campina	514.779
Áreas úmidas / vegetação associada	217.171
Edificações	1.22
Solo Exposto	230.000
Total	969.141

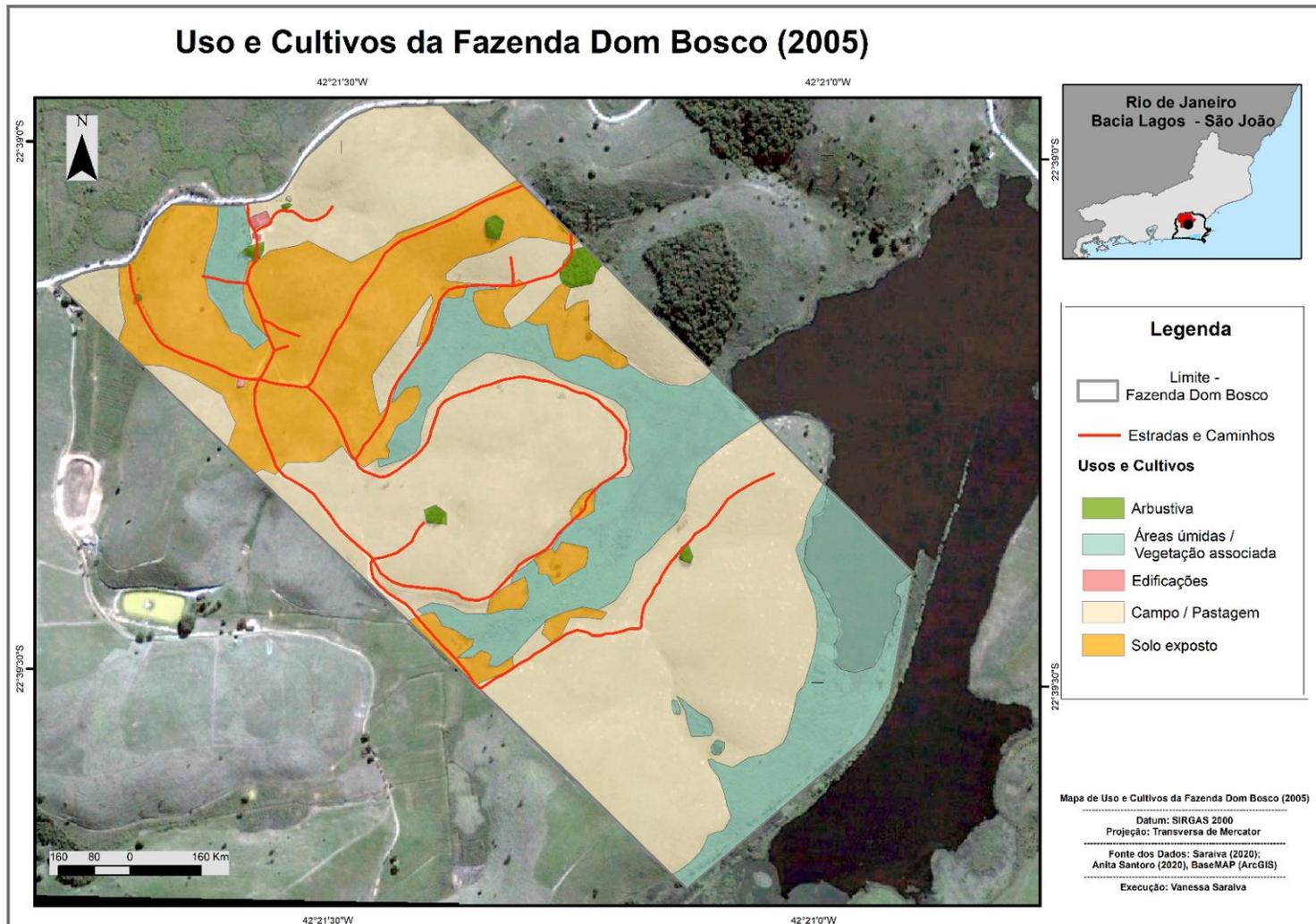
Fonte: A autora, 2021.

Figura 45 - Gráfico de usos e cultivos na área da fazenda Dom Bosco para o ano de 2005.



Fonte: A autora, 2021.

Figura 46 – Mapa de usos e cultivos 2005.



Fonte: A autora, 2021.

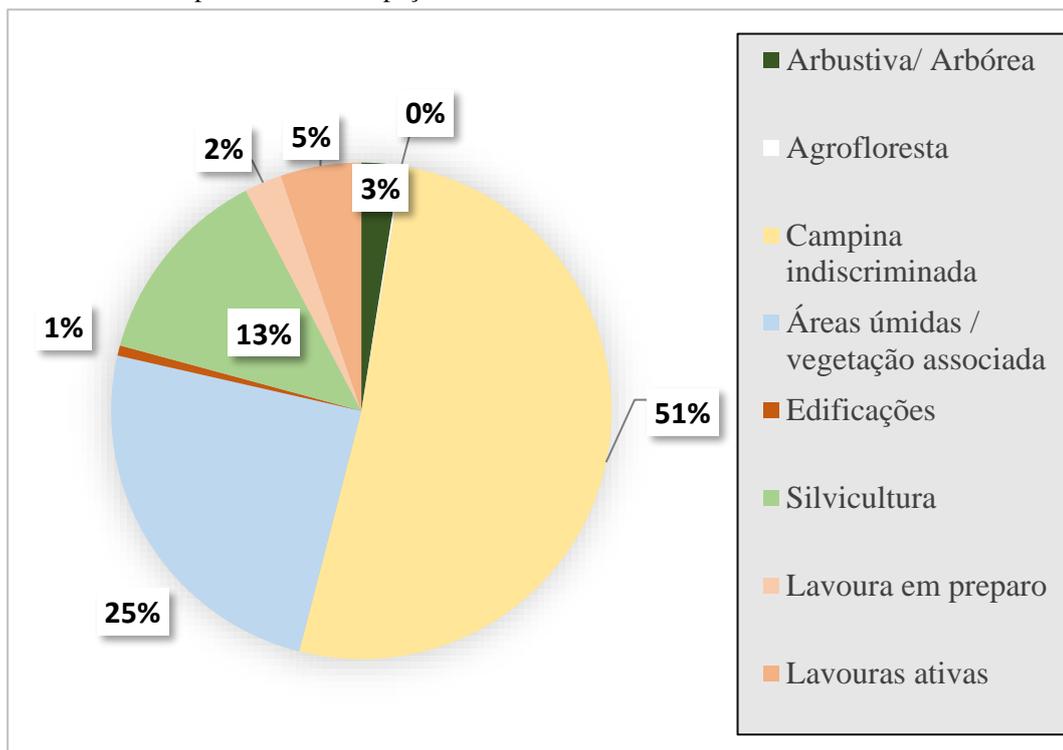
Para o ano de 2020 a ortofoto gerada pelo levantamento do VANT balizou a classificação dos Usos e Cultivos da Fazenda Dom Bosco. Na Tabela 3 e na Figura 47 estão dispostas as classes identificadas, são elas: Arbustiva/Arbórea, Agrofloresta, Campina indiscriminada, Áreas úmidas/ vegetação associada, Edificações, Silvicultura, Lavouras em preparo, Lavouras ativas.

Tabela 3 – Classes de Usos e Cultivos na fazenda Dom Bosco (2020).

Tabela de Classes de Usos e Cultivo da Fazenda Dom Bosco (2020)	
Classe	Área (m <sup>2</sup> )
Arbustiva/ Arbórea	24.094
Agrofloresta	1.383
Campina indiscriminada	497.812
Áreas úmidas / vegetação associada	238.298
Edificações	6.458
Silvicultura	127.157
Lavoura em preparo	23.384
Lavouras ativas	50.555
Total	969.141

Fonte: A autora, 2021.

Figura 47 - Gráfico de percentual de ocupação das classes de uso e cultivo no ano de 2020.



Fonte: A autora, 2021.

A espacialização das classes de uso e cultivos da fazenda Dom Bosco, para o ano de 2020 estão dispostas na Figura 48. Comparado ao ano de 2005, no ano de 2020 existe uma maior diversidade maior dos tipos de uso, e um desaparecimento do solo exposto. A área de campo / pastagem representa 53% da fazenda, cerca de 497.812m<sup>2</sup> distribuída ao longo das colinas da fazenda principalmente, estas áreas representam sobretudo as áreas em pousio na fazenda, prática fundamental na recuperação dos solos entre a rotatividade das culturas. As áreas úmidas e vegetações associadas representam cerca de 25% (238.298m<sup>2</sup>), distribuídas nas planícies sujeitas a alagamentos anuais.

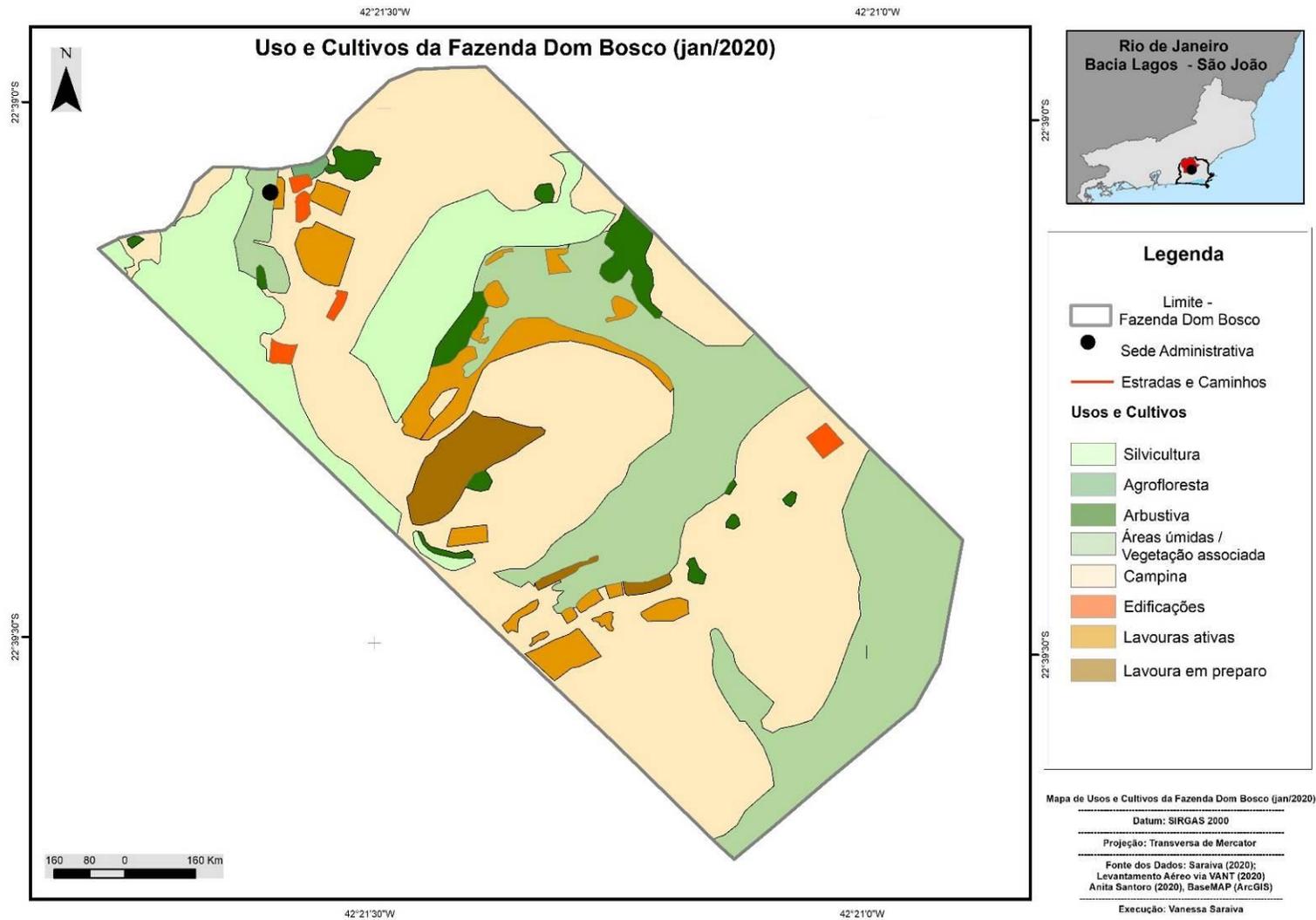
Cerca de 13% (127.157m<sup>2</sup>) da fazenda é de área reflorestada pela silvicultura, principalmente as espécies de Eucalipto nas colinas situadas na porção central da fazenda, e Cedro Australiano nas colinas à noroeste da fazenda, ainda tendo pequenas áreas de Mogno Africano.

As áreas de lavouras somam cerca de 7 % (73.939m<sup>2</sup>) da fazenda, divididas, para fins de melhor planejamento das unidades produtivas, em: lavoura em preparo, correspondendo a 2% (23.384m<sup>2</sup>); e lavouras ativas. Cabe destacar que a representatividade geral das lavouras deveria representar maior proporção, mas a fazenda encontrava-se em um momento de baixa

de investimento e produtividade, o ideal é repetir o levantamento aerofotogramétrico a cada ano, para monitorar as áreas de lavoura.

As edificações somam 6.458m<sup>2</sup>, cerca de 1%, da fazenda, sendo constituída de uma casa de visita onde era um antigo galpão, um galpão de embalagem dos produtos, um escritório, e uma área de confraternização com vista para a Represa de Juturnaíba.

Figura 48 – Mapa de usos e cultivos de 2020.



Fonte: A autora, 2021.

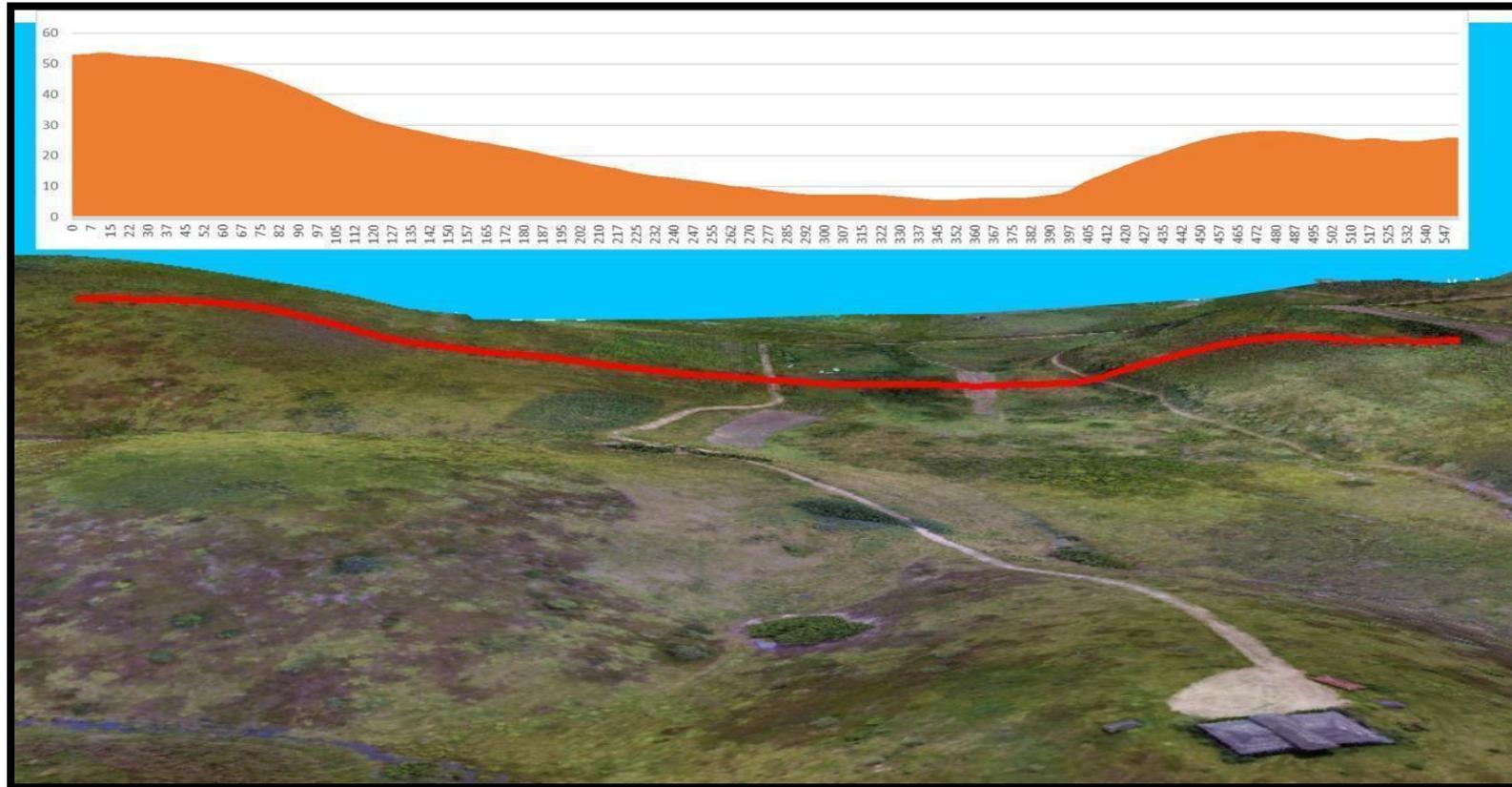
### 6.1.3 Levantamento morfométrico da fazenda Dom Bosco.

O relevo da fazenda Dom Bosco não difere dos padrões de todo Domínio Suave Colinoso na região (DANTAS, 2001), caracterizado por colinas suave onduladas, onde a altitude varia uma média de 5 a 10 metros de altitude na base das colinas, até 80 metros de altitude máxima, em seus topos. Ao redor e contíguo a essas colinas tem-se planícies, em maior parte fluviais ou lacustres. A Figura 49 retrata o exemplo de como se apresenta uma seção transversal do relevo, em um trecho da fazenda (próximo ao segmento 1), realizada a partir dos dados do levantamento topográfico. Por ser um ambiente em geral de baixa altimetria, e ascensão do lençol freático, entender as nuances do relevo, em detalhe, faz total diferença na avaliação de diversos aspectos dos solos, tais como, intemperização, presença de fauna e flora, maior ou menor porosidade, dentre outros.

Os aspectos do relevo controlam a ação da água e dos processos gravitacionais na encosta afetando diretamente os solos. Lepsch (2011) ressalta que ambientes onde a precipitação é superior à evapotranspiração potencial, e há boa drenagem do solo, hidrólise ocorre de forma total, com condições de oxidação do ferro presente, favorecendo a presença de hematita e de cores avermelhadas. Enquanto, que a infiltração, quando lenta (típicas condições de terras baixas), existe a promoção de um ambiente redutor do ferro, devido ao excesso de água e falta de oxigênio, o que favorece a redução dos compostos de ferro e o aparecimento de mosqueados e cores neutras (acinzentadas, amareladas, esverdeadas, azuladas) no solo (LEPSCH, 2011).

Entender a relação do solo com o relevo foi fundamental no entendimento de vários processos que ocorrem dentro da área de estudo, geração do mapa de solos e criação das unidades produtivas.

Figura 49 – Exemplo de um perfil topográfico no segmento 1 da fazenda.



Fonte: A autora, 2021.

Caracterizando morfometricamente o relevo da fazenda, se tem algumas observações possíveis. Primeiramente, analisando os dados de altitude, ocorreu uma variação de altitude entre 3 e 65 metros. Na Tabela 4 estas estão apresentadas as áreas ocupadas por cada classe de altitude, divididas em classes de 5 metros, podendo ser notado que a classe de maior representatividade foi a de 15m a 20m (169.532m<sup>2</sup>).

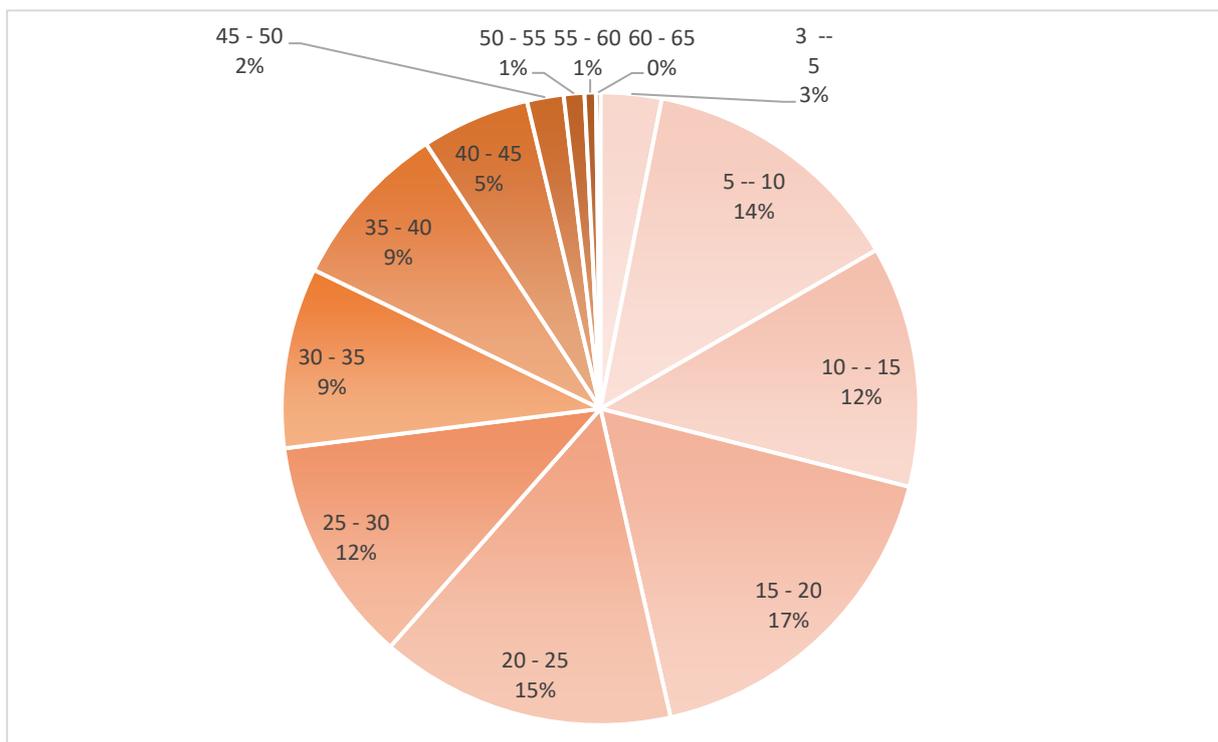
Tabela 4 – Classes de altitude da fazenda Dom Bosco.

Altitude - Fazenda Dom Bosco	
Classes de altitude (m)	Área (m <sup>2</sup> )
3 - 5	29.950
5 - 10	131.278
10 - 15	119.551
15 - 20	169.532
20 - 25	145.270
25 - 30	111.882
30 - 35	89.477
35 - 40	82.954
40 - 45	53.317
45 - 50	18.019
50 - 55	10.129
55 - 60	5.583
60 - 65	2.184
Total	969.126

Fonte: A autora, 2021.

As maiores altitudes apresentaram menor significância espacial, o que pode ser observado no gráfico apresentado na Figura 50, onde a partir de 45 metros de altitude as demais classes altimétricas possuem uma representação de até 2% da área da fazenda. Dominando as classes entre 5 e 30 metros de altitude, o que era esperado pelo modelado observado para domínio suave colinoso.

Figura 50 – Gráfico da representatividade espacial de cada classe de altimetria.



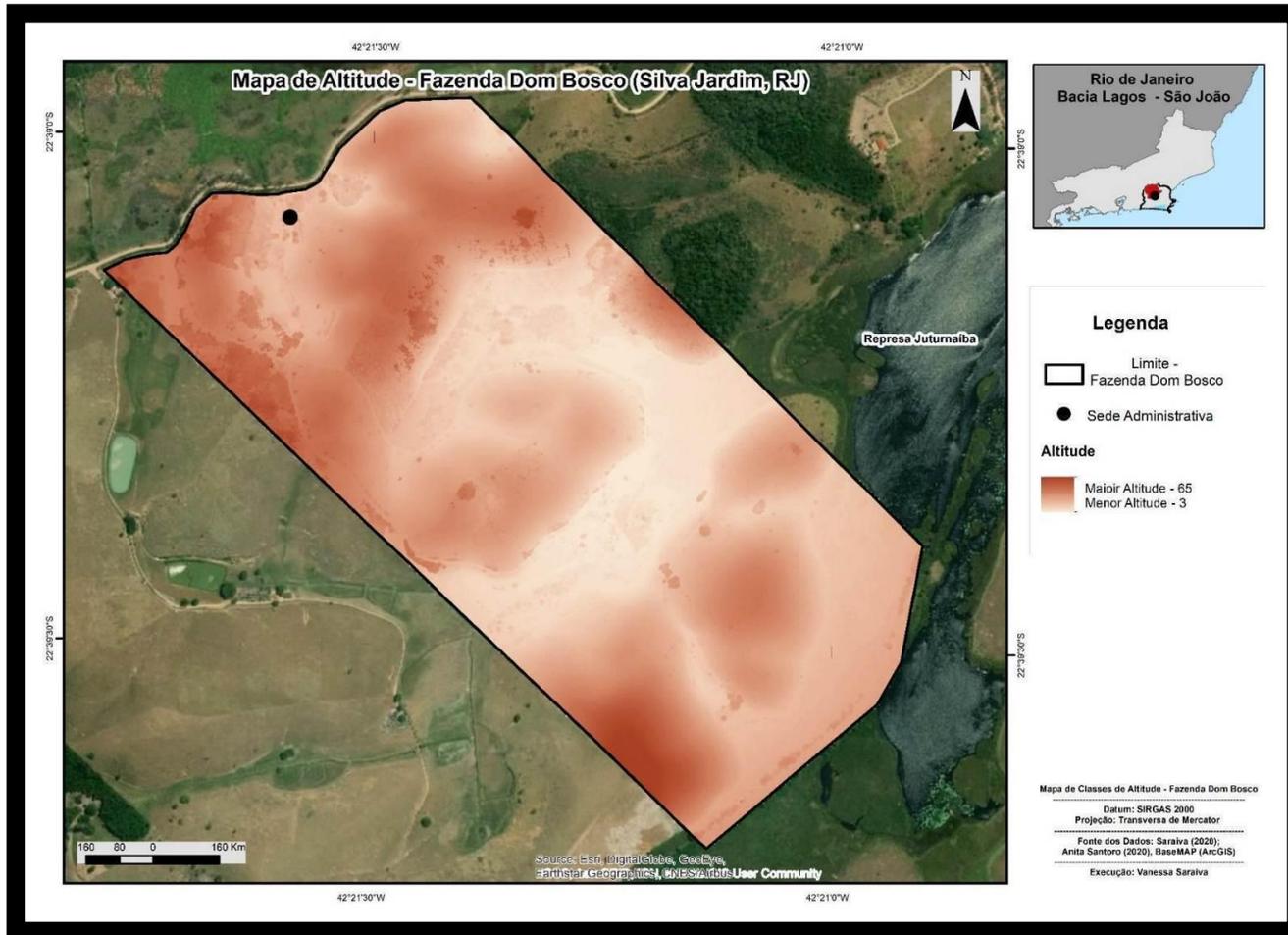
Fonte: A autora, 2021.

As colinas situadas a oeste da fazenda apresentaram as maiores cotas de elevação, já à leste, onde desaguam os corpos hídricos da fazenda. Próximo à Represa de Juturnaíba se verifica as menores cotas obtidas (Figura 51).

A acurácia do VANT junto ao GNSS apesar de muito detalhada, apresentou interferência dos diferentes portes de vegetação, assim a altitude pode estar sendo superestimada em área de vegetação mais elevadas, algo que vale ser ressaltado como fator limitante em alguns estudos que se utilizarem de dados gerados por VANT.

Na Figura 52, complementar ao mapeamento da altitude se tem o Mapa de Curvas de Nível, apresentando intervalos de 1 metro. Este mapeamento possibilita a percepção dos formatos das zonas colinosas, que não são circulares, como em colinas meia laranja, mas de formato relativamente irregular das colinas, quando observadas em planta.

Figura 51 – Mapa de altitude da fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

Figura 52 – Mapa de curva de nível da fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021

A declividade condiciona a velocidade dos fluxos superficiais conduzidos pela gravidade (FLORINSKY, 2012). As classes de declividade e seu percentual na fazenda Dom Bosco são apresentados na Tabela 5 e na Figura 53.

A classe de maior predominância espacial (36% da área da fazenda, um total de 349.328m<sup>2</sup>) foi a de 8% a 20% de declividade, situando-se nas zonas colinosas da fazenda (Figura 54). A segunda maior classe (32% da área da fazenda, um total de 309.375m<sup>2</sup>) foi a de 20% a 45 %, situando-se nas encostas das colinas voltadas para sudeste. A terceira maior classe (20% da área mapeada, um total de 189.114m<sup>2</sup>) foi a de 3% a 8%, que corresponde comumente às áreas mais próximas aos topos das colinas, ou nas áreas de planície. A quarta classe em predominância espacial (10% da área mapeada, um total de 101.394m<sup>2</sup>) foi a de 0 a 3, comum nos topos das colinas e nas regiões centrais das planícies. A menor classe (2% da área mapeada, um total de 20.005m<sup>2</sup>), representa áreas de mais de 45% de declividade sendo encontrada de forma mais pontual no mapeamento, predominando em uma colina situada na zona centro-leste da fazenda.

No contexto geral as classes de menores declividades estão situadas nas zonas das duas maiores planícies da fazenda, onde até mesmo a variação da declividade se deu por conta da diferença nas alturas da vegetação (limitação do levantamento por VANT). Vale ressaltar que as vertentes voltadas para sudeste, principalmente, são mais declivosas.

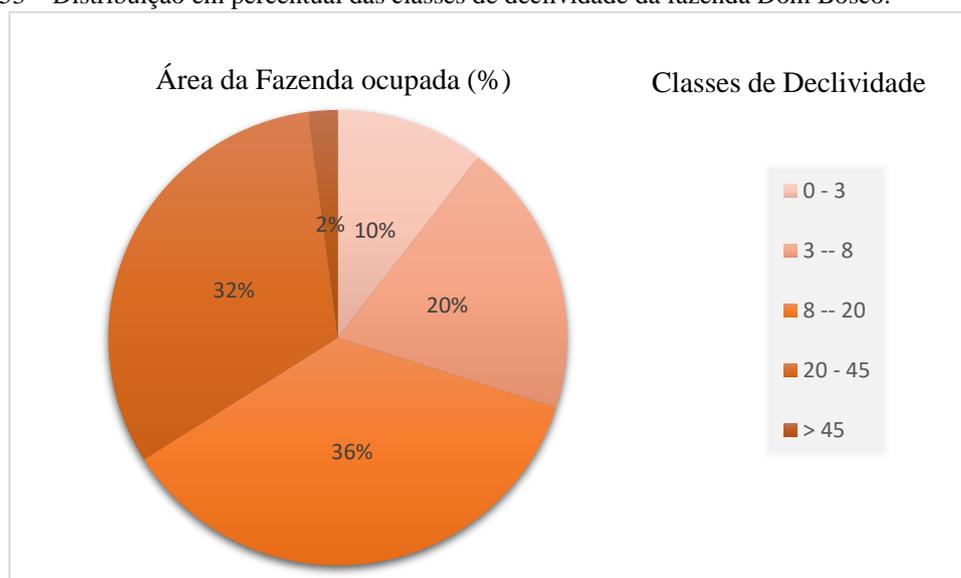
A declividade, sobretudo as áreas de maiores e menores declividades foram importantes na construção das unidades produtivas da fazenda, pois analisadas junto a altitude, fornecem a ideia da captação da água, bem como sua distribuição e escoamento dentro da fazenda.

Tabela 5 – Classes de declividade e suas áreas mapeadas na fazenda Dom Bosco.

Área de cada classe da declividade - Fazenda Dom Bosco	
Classe de Declividade (%)	Total de Área
0 - 3	101.394
3 - 8	189.114
8 - 20	349.238
20 - 45	309.375
> 45	20.005
Total	969.126

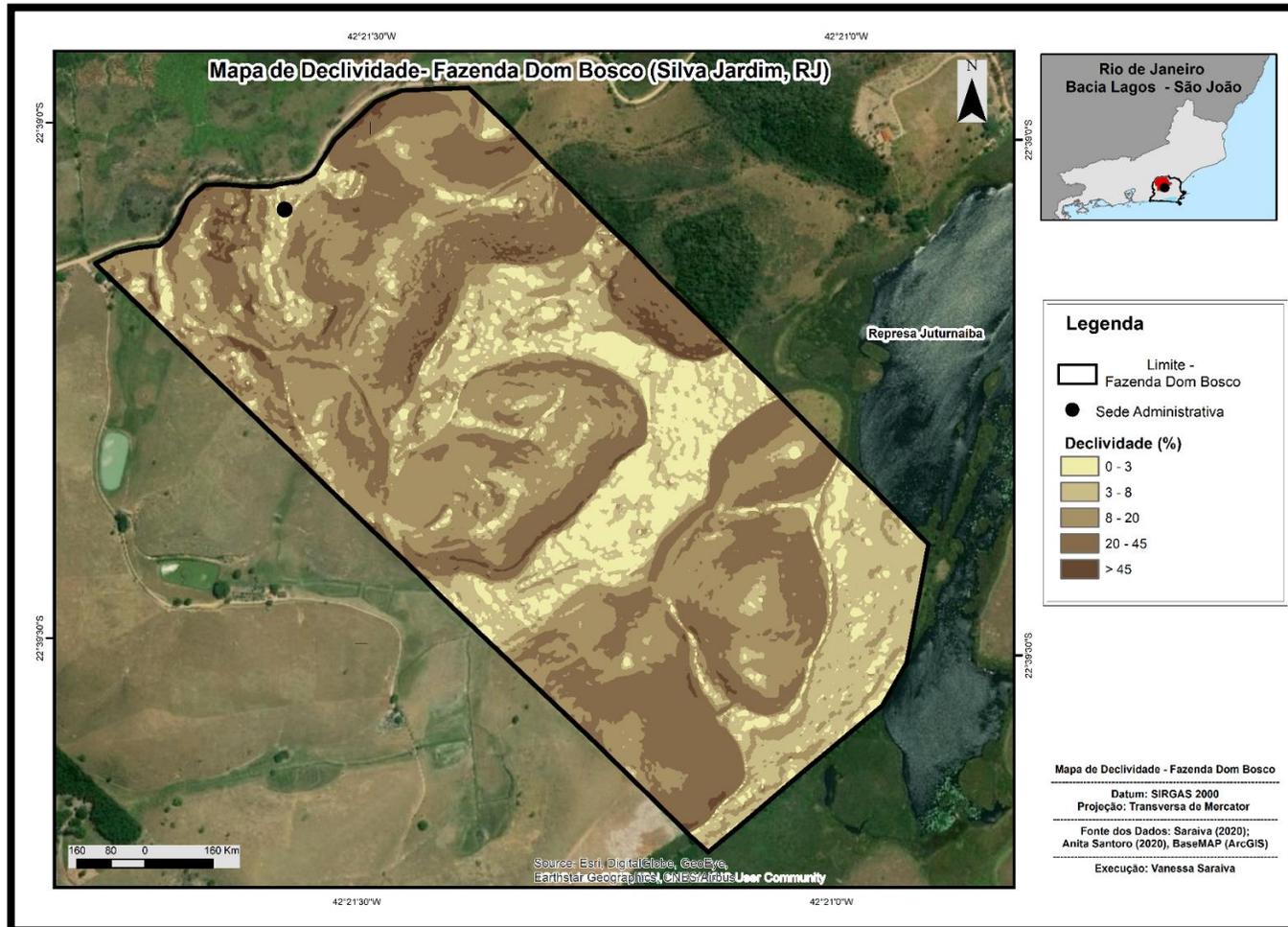
Fonte: A autora, 2021.

Figura 53 – Distribuição em percentual das classes de declividade da fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

Figura 54 - Mapa de declividade da fazenda Dom Bosco (%).



Fonte: A autora, 2021.

O entendimento das formas das vertentes de toda a fazenda Dom Bosco facilita a identificação de setores dispersores e setores acumuladores, tanto de água, quanto de materiais sólidos. Somente pode ser entendido em escala de detalhe, onde se pode individualizar estes setores, determinando assim as curvaturas, que foram classificadas em: muito convexo, convexo, retilíneo, côncavo, muito côncavo. A representatividade de cada classe no total da área da fazenda é apresentada na tabela 6.

Na Figura 55, está o gráfico onde fica evidenciado a distribuição das curvaturas na fazenda Dom Bosco, a vertente retilínea predomina espacialmente a fazenda, sobretudo quando na disposição das planícies (60%, um total de 581.905m<sup>2</sup>). As vertentes seguem o padrão côncavo (22%, um total de 208.431m<sup>2</sup>), na parte superior das colinas, e as vezes em meia vertente, passando no setor de meia vertente para porções retilíneas. Na base destas comumente estão as vertentes de padrão convexo (cerca de 16%, 158.232m<sup>2</sup>).

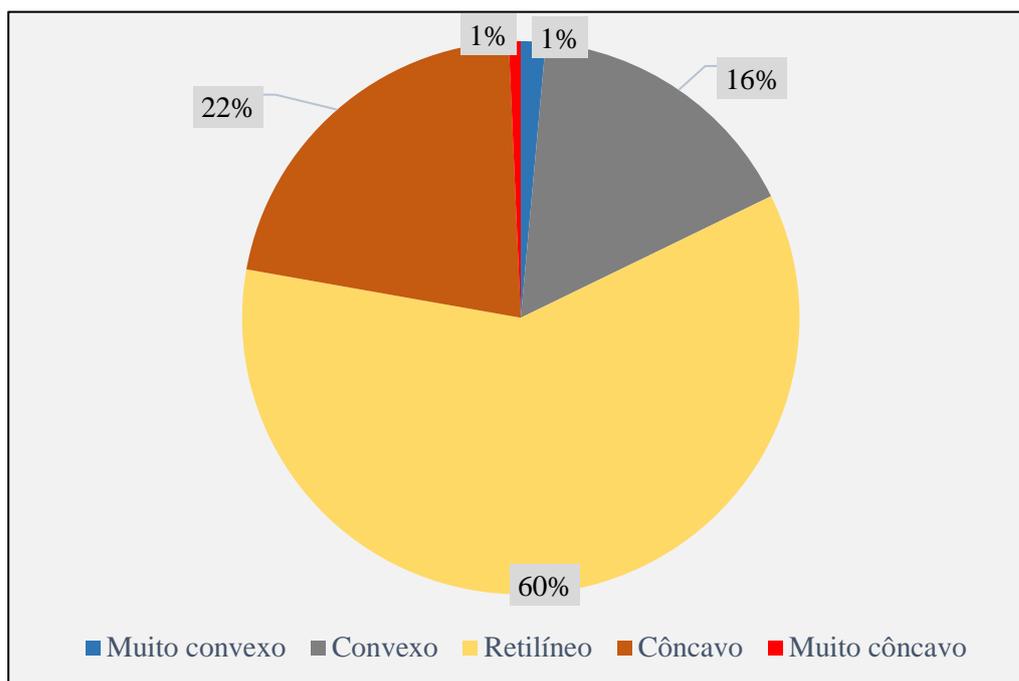
Os padrões muito côncavo e muito convexo representaram apenas 1% da área mapeada, não sendo comuns este tipo de curvatura mais acentuada. Toda a disposição do padrão de vertente (curvatura) pode ser vista na Figura 56.

Tabela 6 – Padrão de vertente (curvatura) da fazenda Dom Bosco.

Curvatura - Fazenda Dom Bosco	
Classe de Declividade (%)	Total de Área
Muito convexo	13.840
Convexo	158.252
Retilíneo	581.905
Côncavo	208.431
Muito côncavo	6.698
Total	969.126

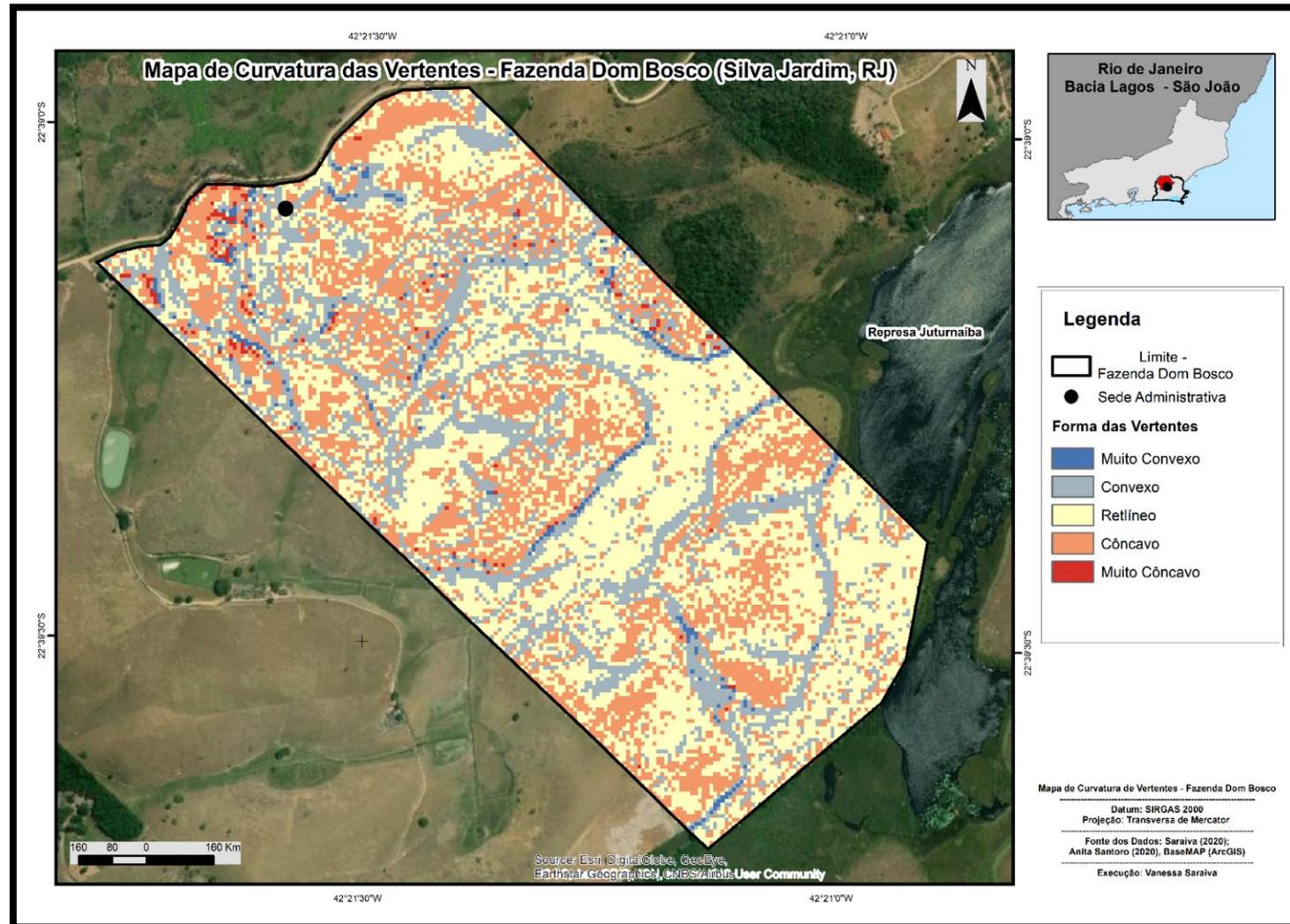
Fonte: A autora, 2021.

Figura 55 – Representatividade espacial do padrão de vertente da fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

Figura 56 – Mapa de padrão de vertente (curvatura) da fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

## 6.2. Análise das principais variáveis climáticas locais na fazenda Dom Bosco.

Para o desenvolvimento dos solos e manejo das terras, sobretudo em agricultura, é necessário se ter um entendimento local de algumas variáveis climáticas. Quando possível, realizar alguns mapeamentos locais destas variáveis auxilia no entendimento da dinâmica climática local.

### 6.2.1. Análise das principais variáveis climáticas locais na fazenda Dom Bosco: análise da temperatura e pluviosidade.

O contexto amplificado climático foi trabalhado na caracterização climática local, com enfoque para todo município de Silva Jardim. Sendo selecionada para uma descrição mais complexa a estação do bairro do Caju, por ser a estação mais próxima da área de estudo. Os dados brutos foram analisados por ano desde 2016 a 2019 (janeiro a dezembro), por serem os anos disponíveis, e são apresentados no Quadro a seguir.

Quadro 12 – Tabela de dados climáticos gerais por ano e média – Estação Caju (Silva Jardim).

Ano	<u>Precipitação total</u> (mm/ano)	<u>Radiação Global</u> (KJ/m <sup>2</sup> /ano)	<u>Umidade relativa</u> do ar (%)	<u>Vento - rajada</u> máxima (m/s)	<u>Vento - velocidade</u> horária (m/s)
2016	1749	683,41	78,68	3,58	1,34
2017	1111,4	703,71	73,88	3,72	1,39
2018	1676	663,97	77,95	3,21	1,17
2019	1721	1292,34	80,02	3,49	1,27
Média	1564	897,41	77,96	3,55	1,32

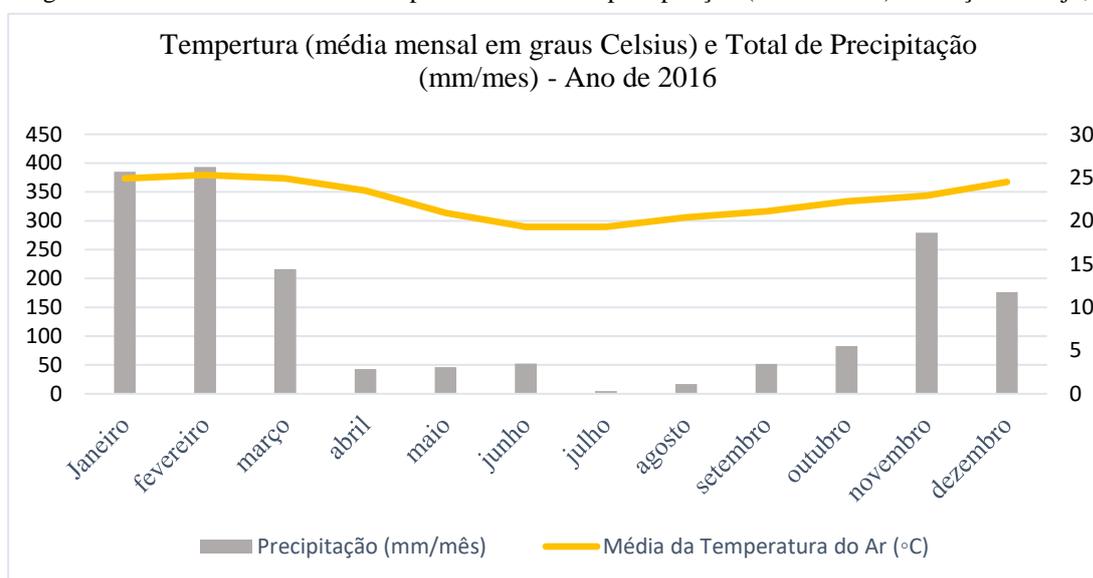
Fonte: INMET, 2021.

A média de precipitação foi de 1564 mm por ano, os meses mais chuvosos são janeiro, novembro e dezembro, e os meses mais secos são junho, julho e agosto. A radiação global foi de 897,41KJ/m<sup>2</sup>/ano, com uma umidade do ar média de 78%, ventos anuais de rajadas máximas em média 3,55m/s, e média de velocidade 1,32m/s. Estes dados foram apresentados aos técnicos da EMATER-RIO, sendo analisados e discutidos na elaboração das unidades produtivas, como

sensibilidade de alguma cultura a velocidade do vento, a média de umidade para desenvolvimento de pragas dentre outras questões trabalhadas nas reuniões.

Gráficos foram realizados para cada ano disponível, na estação do Caju, com enfoque na média da precipitação total mensal e a média mensal. No ano de 2016, o total de precipitação foi de 1.749mm, uma média de temperatura de 22,6°C, como pode ser observado na Figura 57, a chuva se concentrou em novembro, janeiro e fevereiro; e as médias de temperaturas mais quentes se concentram em janeiro, fevereiro e março.

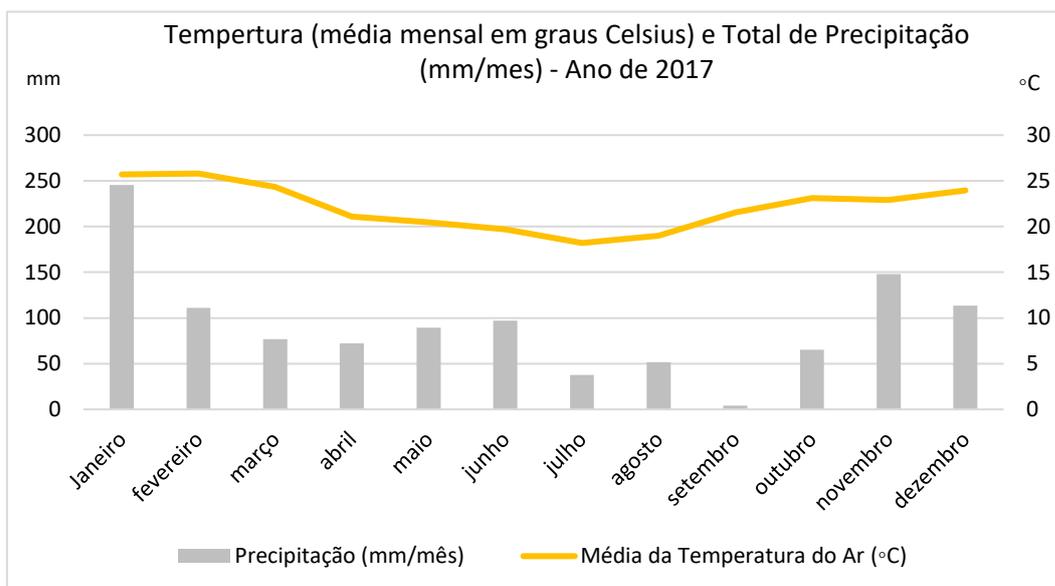
Figura 57 - Gráfico da média de temperatura e total de precipitação (ano de 2016) – estação do caju, Silva Jardim.



Fonte: A autora, 2021.

No ano de 2017, o total de precipitação foi de 1.112mm, a média de temperatura foi de 24°. Como pode ser observado no gráfico da Figura 58, foi um ano de distribuição menos típica, comparado aos outros anos que está sendo analisados. Os meses diferenciados em termos de precipitação foi novembro, dezembro e janeiro, sendo este último o de maior precipitação mensal (245mm). As maiores médias mensais de temperatura foram janeiro, fevereiro e março.

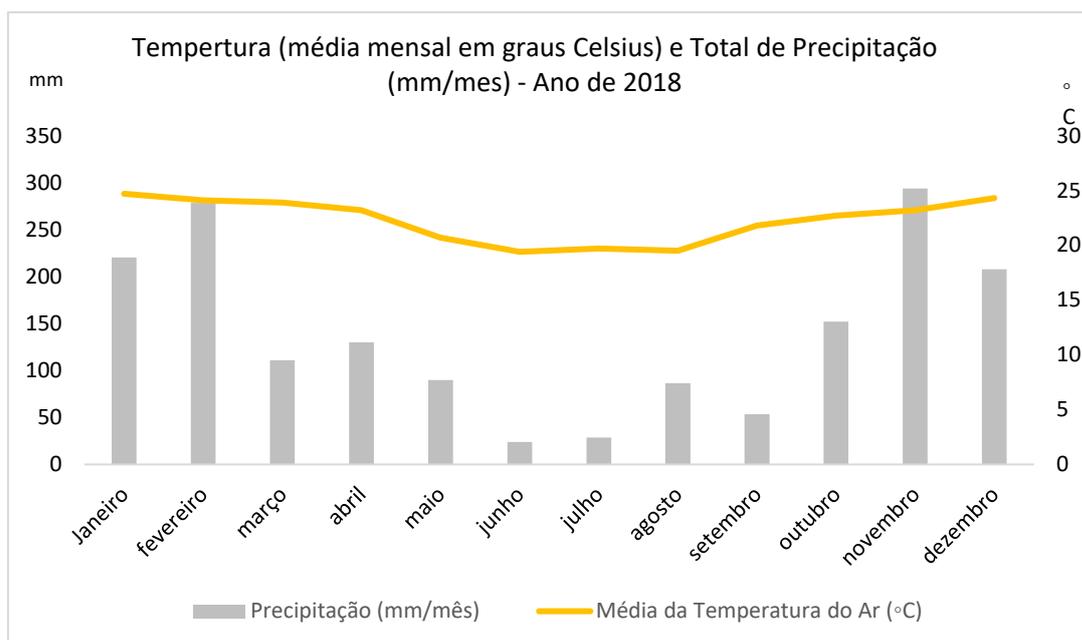
Figura 58 - Gráfico da média de temperatura e total de precipitação (ano de 2017) – estação do caju, Silva Jardim.



Fonte: A autora, 2021.

No ano de 2018, o total de precipitação foi de 1676mm, com média de temperatura de 23°C, como pode ser observado no gráfico apresentado na Figura 59, a chuva se concentrou em novembro, dezembro, janeiro e fevereiro; e as médias de temperaturas mais quentes se concentram em dezembro, janeiro, fevereiro e março deste ano.

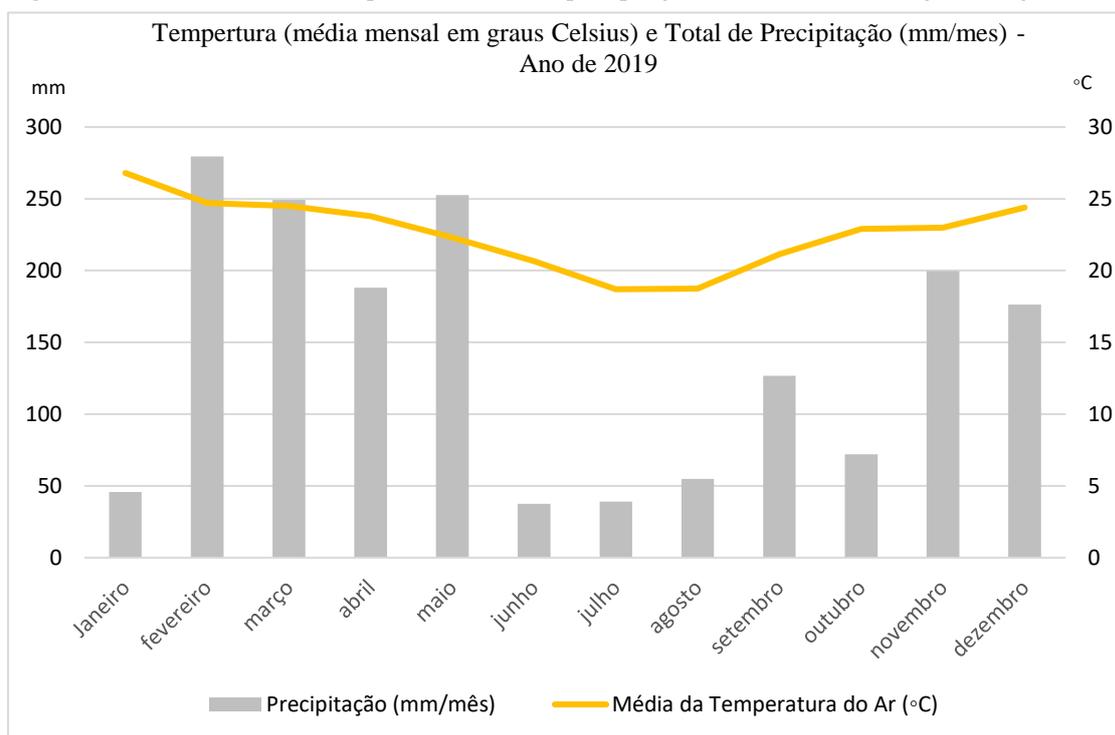
Figura 59 - Gráfico da média de temperatura e total de precipitação (ano de 2018) – estação do caju, Silva Jardim.



Fonte: A autora, 2021.

No ano de 2019, o total de precipitação foi de 1.721mm, uma média de temperatura de 23°C, como pode ser observado na Figura 60. As chuvas se concentraram nos meses fevereiro, março e maio, cabe destacar que maio aparece como um mês de precipitação mais elevada de forma incomum, comparado aos outros anos. As médias de temperaturas mais quentes se concentraram em dezembro, janeiro, fevereiro e março deste ano, destacando a temperatura média do mês de janeiro, que foi de 27°C, este valor somado ao fato de ter tido uma precipitação média de 45,8mm, o mês de janeiro foi um mês atipicamente seco e quente.

Figura 60 - Gráfico média de temperatura e total de precipitação (ano de 2019) – estação do caju, Silva Jardim.



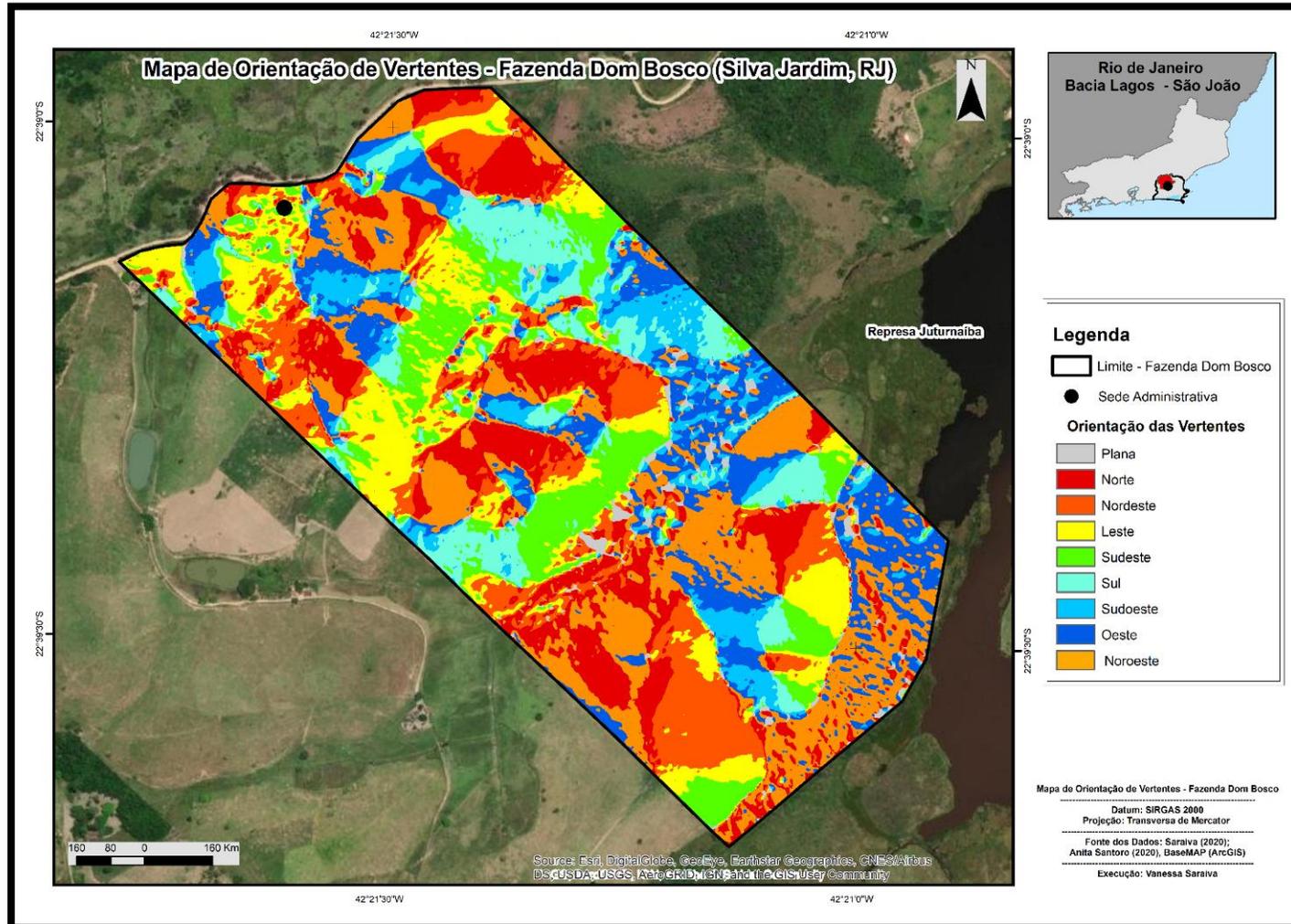
Fonte: A autora, 2021.

#### 6.2.1.1 Análise das principais variáveis climáticas locais na fazenda Dom Bosco: orientação da vertente e exposição solar.

Com o objetivo de aprofundar o entendimento de alguns atributos dos solos da fazenda, especificamente os que podem apresentar maior influência da exposição solar, e o impacto desta na conformação das culturas, foi elaborado um estudo sobre duas variáveis. A orientação da vertente buscou visualizar o período de exposição solar ao longo do dia (sol da tarde, ou sol da manhã). A análise exploratória da exposição solar total, ao longo de um ano, dentro da fazenda Dom Bosco buscou compreender as áreas mais expostas ao sol cumulativamente, e se existia alguma relação com algum aspecto do solo, ou da produtividade deste.

A orientação da vertente (Figura 61) foi fundamental no entendimento da disposição da luz solar ao longo do dia e entendimento da relação desta com a disposição atual dos solos. Os solos com horizontes amarelados tinham orientação preferencial, se situando, principalmente em vertentes voltadas a norte e a nordeste. Este entendimento também possibilitou a melhor escolha das culturas de acordo com esta orientação.

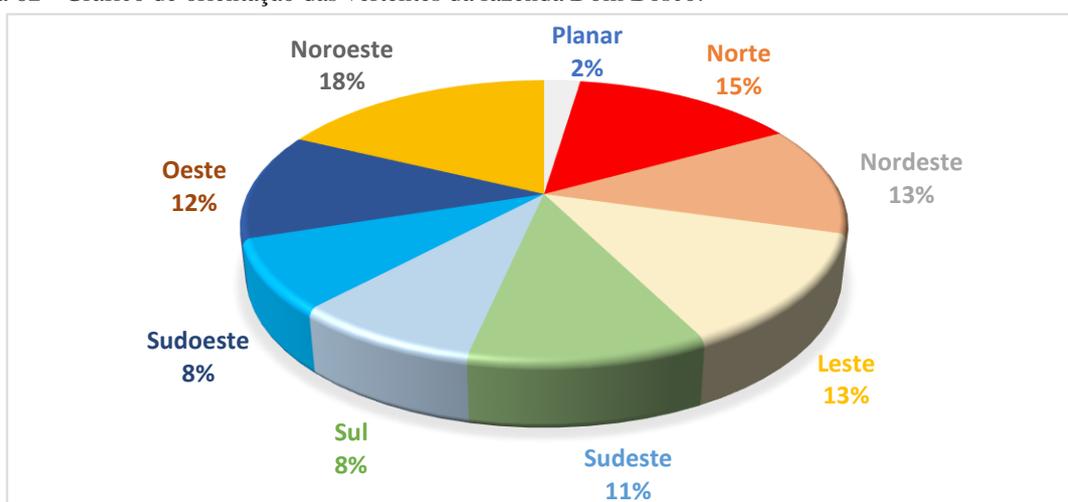
Figura 61 - Mapa de orientação de vertentes da fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

As representatividades espaciais das orientações de vertente, à exceção da vertente do tipo planar, se dispõem de modo bem distribuído (Figura 62), cabe destacar, que a vertente noroeste detém a maior representatividade espacial (18%, ou 172.197m<sup>2</sup>), seguida das vertentes voltadas ao norte (15% 140.685m<sup>2</sup>), depois predominam as vertentes voltadas a nordeste e leste (com 13%, cerca de 122.543m<sup>2</sup> e 126.931m<sup>2</sup>, respectivamente), as vertentes voltadas a oeste somam 12% (cerca de 118.973m<sup>2</sup>), e as de menor proporção são as vertentes voltadas para o sul e sudoeste, com 8% de representatividade (cerca de 82.373m<sup>2</sup>, e 78.057m<sup>2</sup>, respectivamente). Destacando que no verão, o sol nasce à direita do leste, e no inverno à esquerda do leste (BEDAQUE E BRETONES, 2016), existe uma influência, de acordo com a orientação da vertente, na disposição dos solos e cultivos, ao longo do dia e da estação.

Figura 62 - Gráfico de orientação das vertentes da fazenda Dom Bosco.



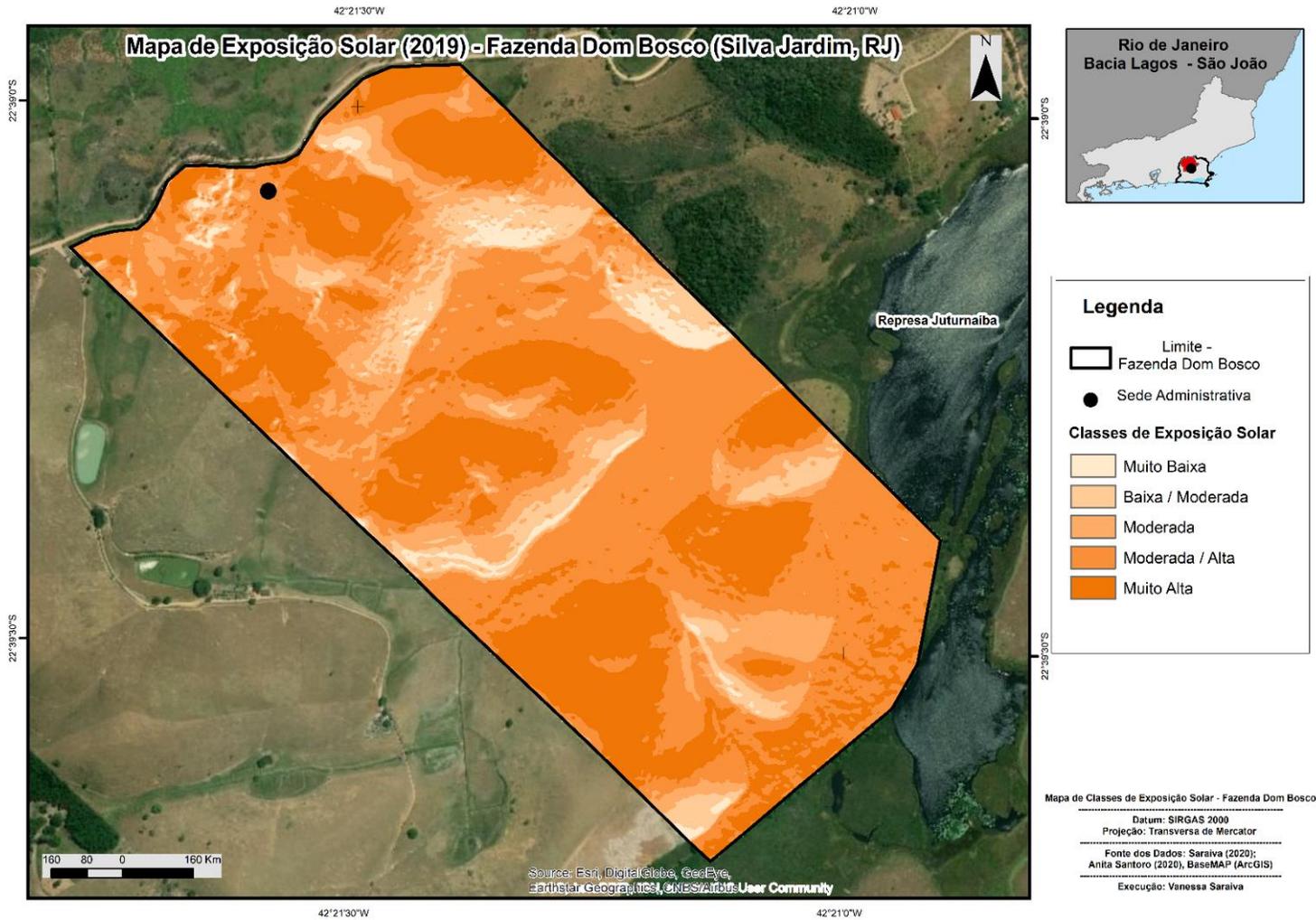
Fonte: A autora, 2021.

Relacionando a orientação das vertentes com o total de exposição solar no ano de 2019 (Figura 63), observa-se que as vertentes Sul e Sudoeste, recebem uma menor quantidade total de insolação anual, já as vertentes norte, nordeste e noroeste recebem um total maior de insolação ao longo do ano.

Este mapeamento condiz com a ocorrência de solos amarelados em setores de maior receptividade de energia solar, e solos de matizes vermelho-amarelos em setores de mediana receptividade solar.

Em solos hidromórficos não foi encontrada nenhuma relação direta com a orientação da vertente, ou a exposição solas. Um resultado natural da dinâmica destes solos, pois, solos hidromórficos respondem mais as variáveis da morfologia das vertentes, e do regime fluvial.

Figura 63 – Mapa de exposição solar (ano de 2019) da fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

### 6.3 Descrição dos solos e análises físico-químicas

A descrição dos solos realizadas em campo, foram somadas as análises de laboratório para identificação do tipo de solo, esta descrição foi aqui apresentada, em texto resumido, contendo as principais características. Um quadro com informações dos horizontes e foto de cada perfil, bem como a tabelas de dados químicos foram avaliados e são aqui apresentados. Esta coleta e apresentação dos dados serviu à identificação dos solos, para a análise das topossequências, bem como, o posterior mapeamento dos solos, os perfis foram situados dentro dos segmentos e das topossequências que fazem parte.

A trincheira 1 fica posicionada próximo ao relevo de topo, dentro do segmento 1, na primeira topossequência, o Quadro 13 resumiu suas principais características. O Horizonte Ap possui cerca de 13 cm; cores brunadas e bruno-escuras; com textura franco-argilo-arenosa, e estrutura grumosa forte. Os horizontes subsuperficiais (Bt1, Bt2, Bt3, Bt4 e Bt5), apresentaram cores mais vermelho-amareladas e bruno-forte quando úmidas, textura argilosa e estrutura em blocos subangulares. A partir de 63cm de profundidade (Bt4 e Bt5), os horizontes assumem uma microestrutura granular combinada a macroestrutura em blocos subangulares macios ou ligeiramente duros. O horizonte Bt5 é o único de textura muito argilosa. Cabe destacar a presença de uma zona diferenciada, denominada “zona do U”, descrita em campo, como uma zona mais porosa, e de estrutura granular.

A composição granulométrica (Tabela 7) apresenta uma queda no teor de areia com a profundidade, variando de 583g/kg (horizonte Ap) a 294g/kg (horizonte Bt5); o teor de silte segue sendo baixo neste solo, variando de 171g/kg (horizonte Bt2), até 82g/kg (horizonte Bt5); o teor de argila aumenta consideravelmente ao longo do perfil dobrando de quantidade até a base do perfil analisado, esta, varia de 260g/kg (horizonte Ap) até 624g/kg (horizonte Bt5). A relação silte/argila varia de 0,6 (horizonte Ap) até 0,1 (horizonte Bt5).

A densidade aparente variou de 1,05g/cm<sup>3</sup> (horizonte Bt4) a 1,43g/cm<sup>3</sup> (horizonte Bt2), a densidade de partículas variou de 2,49g/cm<sup>3</sup> (horizonte Bt2), até 2,67g/cm<sup>3</sup> (horizonte Bt4), a umidade variou de 16% (horizonte A), aumentando conforme a profundidade, até 22% (horizonte Bt4 e Bt5). A porosidade em geral aumentou com a profundidade de 44% (horizonte A) até 61% (horizonte Bt4). Cabe destacar sobre estes resultados a maior densidade do horizonte Bt3, que apresenta também uma maior porosidade (61%), que em campo apresentou uma maior atividade de fauna. O horizonte Bt2 apresentou uma maior densidade aparente e

uma menor porosidade (44%), histórico de uso e ocupação pode ser explorado para entendimento deste resultado.

O perfil como um todo apresenta uma acidez alta (Tabela 6), variando seu pH (em h<sub>2</sub>O) de 4,8 (horizonte Ap) a 4,5, neste nível de acidez começa a existir a toxidez dos solos em relação as plantas, apesar da elevada acidez, não foram verificadas alta saturação por alumínio Al<sup>3+</sup>, variando entre 0 e 2%. O teor de fósforo assimilável variou de 9mg/dm<sup>-3</sup> (horizonte Bt4, Bt5) até 12 mg/dm<sup>-3</sup> (horizonte Ap), um teor médio para solos tropicais. O teor de carbono orgânico foi de 23,41 g/kg no horizonte superficial, o que representa 4% de matéria orgânica.

Tem característica eutróficas (mesotrófica – saturação de bases entre 54% a 61%, Tabela 6), devido sobretudo ao alto teor de Calcio nas amostras, este teor pode estar relacionado ao perfil químico dos ortognaisses do domínio tectônico do Cabo Frio, porém deve ser mais estudado. O caráter eutrófico é visto como uma propriedade que facilita a predisposição natural dos solos à agricultura.

O aumento de argila ao longo do perfil é significativo resultando em alta relação textural (2,0), caracterizando horizonte B texturais, este dado junto as cores apresentadas nos perfis, estrutura em blocos subangulares (com microestrutura granular em profundidade), e, seu perfil químico foram os principais fatores para a caracterização deste solo como Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico típico mesoeutrófico microgranulado.

Quadro 13 - Descrição morfológica da trincheira 1.

## Trincheira 1

Data da Coleta: 07/11/2017

Tipo de Solo: Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico típico mesoeutrófico microgranulado

**Ap** 0-13 cm; cores 10YR 5/3 (bruno) e 7,5YR 3/3 (bruno-escuro); textura franco-argilo-arenosa; grumosa, média a grande, forte, friável; ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e abrupta.

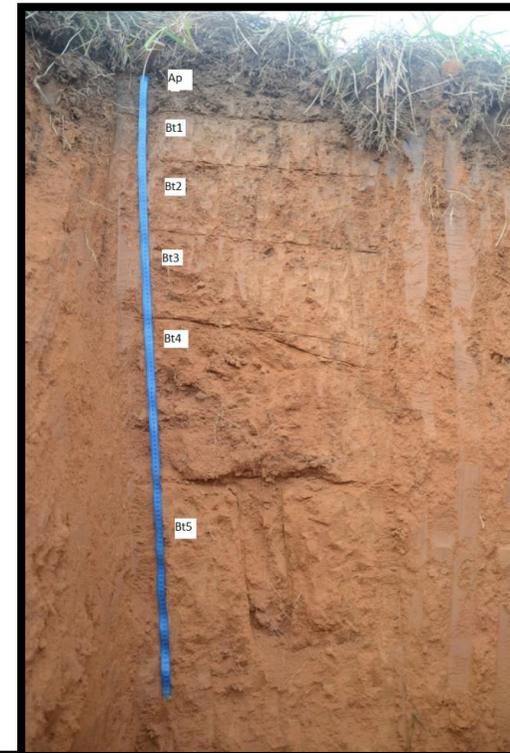
**Bt1** 13-25 cm; cores 10 YR 6/4 (bruno-amarelado-claro) e 7,5YR 6/6 (amarelo-avermelhado); e 7,5YR 5/6 (bruno forte) e 7,5YR 4/4 (bruno); textura argilosa; blocos subangulares, grande, moderado, friável, ligeiramente dura e plástica e pegajosa transição plana e gradual.

**Bt2** 25-43 cm; cores 7,5YR 4/4 (bruno) e 7,5YR 5/6 (bruno-forte); textura argilosa; blocos subangulares, médio a pequeno, moderado, média, friável, dura; plástica e pegajosa, transição plana e gradual.

**Bt3** 43-63 cm; cores 7,5YR 7/4 (rosado) e 7,5YR 5/6 (bruno-forte); textura argilosa; blocos subangulares, médio, moderado, friável, ligeiramente dura; muito plástica e muito pegajosa, transição plana e gradual.

**Bt4** 63- 110 cm; cores 5YR 7/6 (amarelo-avermelhado) e 5YR 5/8 (vermelho-amarelo); textura argilosa; macroestrutura blocos subangulares, microestrutura microgranular; grande a muito grande, moderada, ligeiramente dura, friável; muito plástica e muito pegajosa, transição plana e clara.

**Bt5** 110-180 cm; cores 7,5YR 7/6 (amarelo-avermelhado) e 5YR 5/8 (vermelho-amarelo); textura muito argilosa, macroestrutura em blocos subangulares e microestrutura microgranular, muito friável, moderada, macia, muito plástica e muito pegajosa, transição plana e gradual.



Fonte: A autora, 2021.

Tabela 7 - Dados físico-químicos trincheira 1.

Trincheira 1												
Horizonte												
	Profundidade (cm)	Areia g/kg	Silte g/kg	Argila] g/kg	Relação Silte/Argila	Densidade Aparente g/cm <sup>3</sup>	Densidade Partículas g/cm <sup>3</sup>	Umidade (%)	Porosidade (%)			
Ap	0 -13	583	157	260	0,6	1,26	2,53	16	50			
Bt1	13 -25	413	171	416	0,4	1,43	2,54	17	44			
Bt2	25 -43	374	157	469	0,3	-	2,49	21	-			
Bt3	43 - 63	340	145	515	0,3	1,21	2,57	21	53			
Bt4	63 - 101	327	122	551	0,2	1,05	2,67	22	61			
Bt5	101+	294	82	624	0,1	1,12	2,55	22	56			
Horizonte	pH (1:215)	Complexo Sortivo cmol <sub>c</sub> /kg								Valor V (%)	Sat uraç ão por alu mín io (%)	P assimilável mg/dm <sup>-3</sup>
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H +Al	Valor T (soma)			
Ap	4,8	4,0	2,7	0,34	0,28	7,9	0,0	5,1	14,8	59	0	12
Bt1	4,6	3,6	1,7	0,20	0,24	6,5	0,3	4,3	12,3	57	2	10
Bt2	4,6	3,3	1,9	0,17	0,23	6,7	0,3	4,8	12,4	54	2	9
Bt3	4,6	3,0	1,6	0,17	0,23	6,3	0,1	4,3	11,3	54	1	9
Bt4	4,7	3,5	1,9	0,17	0,23	6,7	0,3	11,1	12,6	34	2	9
Bt5	4,5	3,2	1,3	0,15	0,22	6,0	0,2	3,1	10,9	61	2	9
Horizonte	C (orgânico) g/kg	M.O. g/kg										
Ap	23,41	40,36										
Bt1	8,19	14,12										

Fonte: A autora, 2021.

A trincheira 2 (Quadro 14) fica posicionada no meio da vertente da primeira topossequência, segmento 1. Se encontrava a mesma situação de uso da trincheira 1 (pousio). Foi dividida em três horizontes, sendo seu horizonte Ap (0 – 10 cm) de cor bruno escura amarelada, textura franco-argilo-arenosa, estrutura grumosa e forte. Os horizontes subsuperficiais são o Bt1 e Bt2 (Quadro 14) apresentam cores amareladas brunadas e estrutura em blocos subangulares, de texturas muito argilosa, sendo a microestrutura granular encontrada no horizonte Bt2 organizadas na macroestrutura dos blocos subangulares.

O teor de areia diminui com a profundidade (Tabela 8), variando de 561g/kg (horizonte Ap) até 28 g/kg (horizonte Bt1) o teor de varia de 150g/kg (horizonte Ap) até 61g/kg (horizonte Bt1); a argila segue o padrão de aumento considerável com a profundidade variando de 289g/kg (horizonte Ap) até 652g/kg (horizonte Bt1), assim possuindo forte relação textural (2,1) configurando horizontes b texturais. A relação silte argila foi de 0,5 para o horizonte Ap, 0,1 para o horizonte Bt1 e 0,2 para o volume escuro e o Bt2.

A densidade aparente aumentou com a profundidade variando de 1,24g/cm<sup>3</sup> (horizonte Ap) até 1,41g/cm<sup>3</sup> (horizonte Bt2); a densidade de partículas, no geral, aumentou com a profundidade, variando de 2,58g/cm<sup>3</sup> (horizonte Ap) até 2,63g/cm<sup>3</sup> (horizonte Bt2); a umidade aumentou com a profundidade de 18% (horizonte Ap) até 26% (horizonte Bt2), a porosidade diminuiu com a profundidade de 51% (horizonte Ap) até 46% (horizonte Bt2).

O pH continua sendo muito ácido, variando de 4,5 (horizonte Ap) até 4,3 (horizonte Bt2), a saturação por alumínio é um pouco maior no horizonte Bt2 (6%), mas ainda não sendo no teor nocivo (acima de 10%). Os horizontes B são mesoeutróficos, bem próximos ao limite inferior da eutrofia (50%), variando de 49% (volume escuro) até 59% (Bt1). O elemento de maior participação no valor da soma de bases segue sendo o Cálcio. O teor de fósforo assimilável variou de 1mg/dm<sup>-3</sup> (horizonte Ap), passando para 9 mg/dm<sup>-3</sup> (horizontes Bt2 e Bt2). O teor de carbono orgânico foi 15,40g/kg no horizonte Ap e 5,21g/kg no horizonte Bt1, uma média de 3% de teor de matéria orgânica.

A relação textural calculada foi de 2,1, parâmetro para a caracterização da presença do horizonte B textural. Todas as características físico-químicas, juntamente as análises morfológicas, caracterizam sua classificação como Argissolo Amarelo Tb Eutrófico típico mesoeutrófico microgranulado.

Quadro 14 - Descrição por perfil do solo da trincheira 2.

## Trincheira 2

Tipo de Solo: Argissolo Amarelo Tb Eutrófico típico mesoeutrófico microgranulado

Data da coleta: 07/11/2017

**Ap** 0-10cm; cores 10YR 5/3 (bruno) e 10YR 3/4 (bruno-amarelado-escuro); textura franco-argilo-arenosa; grumosa, muito grande, moderada, ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição irregular e gradual.

**Bt1** 10-78cm; cores 10YR 6/6 (amarelo-brunado) e 7,5YR 5/8 (bruno-forte); textura muito argilosa; blocos subangulares, moderada, grande a média, ligeiramente dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e clara.

**Bt2** 78 +; cores 10YR 7/6 (amarelo) e 7,5YR 5/8 (bruno-forte); textura argilosa; macroestrutura blocos subangulares e microestrutura microgranular, grande, moderada, ligeiramente dura, friável, muito plástica e muito pegajosa.



Tabela 8 - Dados físico-químicas trincheira 2.

Trincheira 2												
Horizonte	Profundidade (cm)	Areia g/kg	Silte g/kg	Argila g/kg	Relação Silte/Argila	Densidade Aparente g/cm <sup>3</sup>	Densidade Partículas g/cm <sup>3</sup>	Umidade (%)	Porosidade (%)			
Ap	0 -10	561	150	289	0,5	1,24	2,58	18	51			
Bt1	10 -78	287	61	652	0,1	1,37	2,61	22	47			
Volume escuro	64 - 78	397	92	511	0,2	-	2,65	-	-			
Bt2	78 - 127	345	101	554	0,2	1,41	2,63	26	46			
Complexo Sortivo cmol <sub>c</sub> /kg												
Horizonte	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H +Al	Valor T (soma)	Valor V (%)	Saturação por alumínio (%)	P mg/dm <sup>-3</sup>
Ap	4,5	4,5	2,2	0,21	0,25	7,2	0,0	5,9	13,1	55	0	11
Bt1	4,4	3,4	2,5	0,17	0,23	6,3	0,4	4,5	10,8	59	3	9
Volume escuro	4,5	3,2	2,0	0,18	0,23	5,6	0,4	5,9	11,6	49	3	9
Bt2	4,3	3,2	1,0	0,15	0,22	4,6	0,5	3,5	8,0	57	6	9
Horizonte	C (orgânico) g/kg	M.O. g/kg										
Ap	15,40	26,55										
Bt1	5,21	8,98										

Fonte: A autora, 2021.

A trincheira de número 3 (Quadro 15) se situa na planície do primeiro seguimento, uma área onde o lençol freático varia consideravelmente, por vezes alagando totalmente área, o uso principal é pupunha. Foi dividido em cinco horizontes, o horizonte Ap apresenta a coloração bruno-acinzentado-escuro com estrutura grumosa forte, logo abaixo deste horizonte, se apresentava uma camada arenosa de 16 cm, com textura de areia franca e estrutura em grãos simples. Os demais horizontes subsuperficiais compreendem horizontes Glei, com cores acinzentadas e estrutura maciça, quanto a textura, o Cg3 apresenta textura argiloarenosa, enquanto o Cg4 textura franco-argilo-arenosa.

O teor de areia segue alto em todos os horizontes analisados (Tabela 9), variou de 501g/kg (horizonte Ap) até 964g/kg (Cg1), esta camada quase totalmente composta por areia surge entre 24 e 40cm. Ressalta-se que em 130 cm de profundidade o lençol freático aflorava, sendo coletados apenas os horizontes expostos. O teor de silte variou entre 13g/kg (Cg1) até 144g/kg (Cg2); e o teor argila vaiou de 2g/kg (Cg1) até 357g/kg (Cg 2). A relação silte/argila foi de 0,2 na camada Cg4, 0,4 na camada 1, 0,6 na camada Cg1, e 0,4 para o horizonte Ap.

O pH segue ácido, variando de 4,4 (Cg4 e Ap) até 5,0 (Cg1), como pode ser observado na tabela 8. O valor da soma das bases (em percentual) varia consideravelmente, de acordo com a camada analisada, sendo de 81% na camada Cg4, 55% na camada 1, 88% na camada arenosa, e 52% no horizonte A, possui assim uma característica hipertrófica (média de 75%). O teor de fósforo assimilável variou conforme a camada analisada, 12mg/dm<sup>-3</sup>, no horizonte A; 11mg/dm<sup>-3</sup>, na Cg1; 15 mg/dm<sup>-3</sup>, horizonte Cg2; 11 mg/dm<sup>-3</sup>, no horizonte Cg4. O alumínio e a saturação por alumínio nas amostras são nulos, o teor de carbono orgânico é de 15,93g/kg e a matéria orgânica é de 27,46g/kg (2,7%).

A presença do horizonte glei, a atividade da argila, a saturação por bases, dentre outras características químicas combinadas com a análise morfológica caracterizam este solo como um Gleissolo Háptico Ta eutrófico típico.

Quadro 15 - Descrição morfológica da trincheira 3.

### Trincheira 3

Tipo de Solo: Gleissolos Háplico Ta Eutrófico típico

Data da Coleta: 08/11/2017

**Ap** 0-24cm; cores 10YR 6/1 (cinza) e 10YR 4/2 (bruno-acinzentado-escuro); textura argiloarenosa, estrutura grumosa, muito grande, forte, dura, firme, muito plástica pegajosa; transição plana e abrupta.

**Cg1** 24-40cm; cores acinzentadas, textura areia franca; estrutura em grãos simples; transição irregular e gradual

**Cg2** 40-55cm; cores 7,5YR 6/8 (amarelo-avermelhado) e 10YR 5/1 (cinza); 7,5YR 5/8 (bruno-forte) e 10YR 5/13 (cinza); textura argiloarenosa; estrutura maciça, muito dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição irregular e gradual

**Cg3** 55-90cm, não descrito

**Cg4** 134cm; cores 1for Glei 8/n (cinzento-esverdeado-claro) e 2,5Y 7/2 (vermelho-claro-acinzentado); textura franco-argilo-arenosa; estrutura maciça, macia, muito friável.



Tabela 9 – Dados físico-químicos trincheira 3.

Trincheira 3												
Horizonte	Profundidade (cm)	Areia g/kg	Silte g/kg	Argila g/kg	Relação Silte/Argila	Densidade Aparente g/cm <sup>3</sup>	Densidade Partículas g/m <sup>3</sup>	Umidade (%)	Porosidade (%)			
Ap	0 - 24	501	142	357	0,4	-	2,51	-	-			
Cg1	24 - 40	964	13	23	0,6	-	2,67	-	-			
Cg2	40 - 55	500	144	356	0,4	-	2,48	-	-			
Cg3	55 - 134	669	58	273	0,2	-	2,61	-	-			
Complexo Sortivo cmolc/kg												
Horizonte	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H + Al	Valor T (soma)	Valor V (%)	Saturação por alumínio (%)	P mg/dm <sup>3</sup>
Ap	4,4	4,8	1,3	0,21	0,24	6,6	0,1	6,1	12,7	52	0	12
Cg1	5,0	3,3	1,0	0,16	0,23	4,7	0,0	0,7	9,22	88	0	11
Cg2	4,5	4,9	1,6	0,17	0,27	6,9	0,0	5,8	12,7	55	0	15
Cg4	4,4	3,4	3,0	0,18	0,27	6,8	0,0	1,7	8,5	81	0	11
Horizonte	C (orgânico) g/kg	M.O. g/kg										
Ap	15,93	27,46										

Fonte: A autora, 2021.

A trincheira 4 (Quadro 16) é a de posição meia encosta na topossequência 2, ainda no segmento 1, drenando para a planície 1. Em termos de profundidade é a de maior profundidade do horizonte Ap (41cm), dentre as sondagens e perfis analisados, porém se apresenta irregular, ora medido 40 ou 30cm, ora medindo 15 a 20cm (média dos outros horizontes Ap). É uma trincheira localizada em uma área em que, desde a aquisição da propriedade, foi mantida como pousio. Este horizonte apresenta cor bruno-escuro-amarelada, grumosa e forte de textura argiloarenosa. Os horizontes subsuperficiais são do tipo horizonte B textural, o horizonte Bt1 apresenta textura argilosa, e a partir do limite de 86 cm de profundidade, se apresenta o horizonte Bt2, de textura muito argilosa, ambos apresentam cores amarelas-avermelhadas e brunadas, macroestrutura em blocos subangulares e microestrutura granular.

Observando a granulometria (Tabela 10), a areia diminui ao longo do perfil 180g/kg, indo de 525g/kg (horizonte Ap) para 345 g/kg no horizonte Bt1; o teor de silte segue baixo, variando de 102g/kg (horizonte Bt1) a 49g/kg (horizonte Bt2). O aumento de argila com a profundidade segue sendo significativa, variando de 385g/kg (horizonte Ap) até 606g/kg (horizonte Bt2), apesar do aumento de argila, a relação textural é de 1,5, somado a estrutura, densidade e porosidade foram categorizados como B textural. A relação silte/argila é bem baixa varia entre 0,2 (horizontes Ap e Bt1) e 0,1 no horizonte Bt2.

A densidade aparente variou diminuindo com a profundidade, de 1,24g/cm<sup>3</sup> (horizonte Ap), até 1,16g/cm<sup>3</sup> (horizonte Bt2); a densidade de partículas aumentou conforme a profundidade de 2,51g/cm<sup>3</sup> (horizonte Ap) até 2,65g/cm<sup>3</sup> (horizonte Bt2) a umidade aumentou com a profundidade de 17% (horizonte Ap) e 23% tanto no horizonte Bt1 e Bt2. A porosidade aumentou de 51% (horizonte Ap) até 56% (horizonte Bt2).

A acidez alta é presente em todos os horizontes, apresentando pH de 4,4 no horizonte Bt2, 4,2 no horizonte Bt1 e 4,3 no horizonte Ap. Existe uma saturação por alumínio no horizonte Bw1 mais alta (8%) o que acarreta uma problemática maior à fixação de culturas para a agricultura. Os horizontes subsuperficiais são mesoeutróficos, bem próximos do limite inferior da eutrofia, seguindo o padrão de maior contribuição do cálcio neste somatório. O teor de fósforo assimilável variou de 11mg/dm<sup>-3</sup> (horizonte Ap) até 8mg/dm<sup>-3</sup> (horizonte Bt2) O carbono orgânico foi calculado em 19,0g/kg no horizonte Ap e 9,1g/kg no horizonte Bt1, um percentual de 3,3% de matéria orgânica para o horizonte superficial.

A presença da estrutura em blocos, o aumento considerável de argila com a profundidade somada as demais características físico-químicas definiram a classificação deste solo como um Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado.

Quadro 16 - Descrição morfológica da trincheira 4.

## Trincheira 4

Tipo de Solo: Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado

Data da Coleta: 08/11/2017

**A** 0-41cm; textura argiloarenosa; cores 10YR 5/3 (bruno) e 10YR 3/3 (bruno-amarelado-escuro); grumosa, grande, moderada, dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

**Bt1** 41-86cm; textura argilosa; cores 7,5YR 7/6 (amarelo-avermelhado) e 7,5YR 5/8 (bruno-forte); macroestrutura blocos subangulares e microestrutura microgranular, tamanho da macroestrutura média, fraca, ligeiramente dura, muito friável, muito plástica e muito pegajosa, transição plana e clara.

**Bt2** 86-150cm; muito argilosa; cores 7,5YR 7/6 (amarelo-avermelhado) e 7,5YR 5/8 (bruno-forte), blocos subangulares, médio, fraca, ligeiramente dura, friável, muito plástica e muito pegajosa.



Tabela 10 - Dados físico-químicos trincheira 4.

Trincheira 4									
Horizonte	Profundidade (cm)	Areia g/kg	Silte g/kg	Argila g/kg	Relação Silte/Argila	Densidade Aparente g/cm <sup>3</sup>	Densidade Partículas g/cm <sup>3</sup>	Umidade (%)	Porosidade (%)
Ap	0 - 41	525	90	385	0,2	1,24	2,51	17	51
Bt1	41 - 86	375	102	523	0,2	1,18	2,58	23	54
Bt2	86 - 150	345	49	606	0,1	1,16	2,65	23	56

Complexo Sortivo cmol <sub>e</sub> /kg												
Horizonte	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H + Al	Valor T (soma)	Valor V (%)	Saturação por alumínio (%)	P mg/dm <sup>3</sup>
Ap	4,3	3,1	1,9	0,24	0,28	5,5	0,6	9,1	14,6	38	4	11
Bt1	4,2	3,3	0,7	0,17	0,24	4,4	0,7	4,5	8,86	50	8	9
Bt2	4,4	3,1	1,0	0,15	0,23	4,5	0,3	3,6	8,1	55	4	8

Horizonte	C (orgânico) g/kg	M.O. g/kg
Ap	19,0	32,8
Bt1	5,3	9,1

Fonte: A autora, 2021.

A trincheira 5 (Quadro 17) se situa em uma posição de topo na topossequência 2, estava em uma área em que havia sido plantado mandioca, que se misturava com o capim braquiária. No seu horizonte superior foram notadas duas colorações, uma mais bruno-escuro e uma segunda cor bruno-amarelada, que aponta para um revolvimento do material, no preparo do solo para a cultura anteriormente plantada. Apresenta estrutura bloco subangular e grumosa, muito grande e dura, sendo a textura argiloarenosa. Os horizontes Bt apresentam cores vermelho-amarelada e brunada com macroestrutura em blocos subangulares e microestrutura granular de textura argilosa até a profundidade de 107cm (Bt3) onde se torna muito argilosa.

Em termos de granulometria (Tabela 11), esta mistura do material superficial ao subsuperficial é notada pelo alto teor de argila e um teor de areia menos variável. A areia total variou de 476g/kg (horizonte Ap) até 335g/kg (Horizonte Bt3); o silte variou de 117g/kg (horizonte Ap) até 59g/kg (horizonte Bt3); e a argila variou de 407g/kg até 606g/kg (horizonte Bt3), destaca-se o alto percentual de argila no horizonte Ap (41 %), ocorre um aumento da argila com a profundidade, a relação textural foi calculada em 1,4. A relação silte/argila segue baixa de 0,3 no horizonte Ap, 0,2 no horizonte Bt1 e 0,1 nos horizontes Bt2 e Bt3.

A densidade aparente variou de 1,48g/cm<sup>3</sup> (no horizonte Ap) decrescendo com a profundidade para 1,31g/cm<sup>3</sup> no horizonte Bt2, enquanto a densidade de partículas apresenta um pequeno aumento com a profundidade, variando de 2,55g/cm<sup>3</sup> (horizonte A) até 2,60g/cm<sup>3</sup> (Horizonte Bt3). A umidade aumenta ao longo de perfil de 15%, no horizonte superficial até 22% (no horizonte Bt2), assim a porosidade aumenta com a profundidade, ressaltando a baixa porosidade no horizonte Ap, de 42% chegando até 49% (horizonte Bt2). Ressalta-se a ausência do horizonte Bt3 nas densidades aparentes, e os cálculos de umidade e porosidade devido a perda da integridade da amostra indeformada coletada em campo, que impossibilitou a análise.

O pH no horizonte Ap é de 5,8, mais adequado as culturas, a produtora afirma que houve leve correção de calcário neste solo, refletindo neste teor, junto a um elevado teor de cálcio na amostra do horizonte superficial. Porém ocorre um grande decréscimo do pH no horizonte Bt1 (pH de 4,1), onde a saturação por alumínio aumenta para 8%. Quimicamente os horizontes subsuperficiais apresentam características mesotrófica. O carbono orgânico é de 15,92g/kg no horizonte Ap e de 5,67g/kg no horizonte Bt1, um teor médio de matéria orgânica superficial de 3%. O fósforo foi de 10cm/dm<sup>-3</sup> no horizonte superficial, e de 9mg/dm<sup>-3</sup> nos horizontes subsuperficiais.

Cabe ressaltar que o arado passado no solo, mistura os primeiros 40cm do solo, para solos de horizonte Ap pouco espesso, essa mistura pode ser especialmente problemática, pois

traz à superfície uma grande quantidade de argila, alterando a estrutura do horizonte e o tornando quimicamente menos ativo.

Pelas características físicoquímicas, somadas ao manejo do solo, e, morfologia estes solos foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico abruptico latossólico mesoeutrófico manejado .

Quadro 17 - Descrição morfológica da trincheira 5..

### Trincheira 5

Tipo de Solo: Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico abruptico latossólico mesoeutrófico manejado

Data da Coleta: 06/11/2017

**Ap** 0-15cm; textura argiloarenosa; cores 10YR 5/4 (bruno- amarelado) e 10YR 6/6 (amarelo-brunado); 10YR 4/4 (bruno-amarelado-escuro) e 7,5YR 5/8 (bruno-forte); estrutura em blocos subangulares e grumosa, muito grande, forte (com sinais de compactação), dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e abrupta.

**Bt1** 15-57cm; textura argilosa, cores 7,5YR 7/8 (amarelo-avermelhado) e 7,5YR 5/8 (bruno-forte); macroestrutura em blocos subangulares e microestrutura em microgranular, média a grande, moderada, ligeiramente dura, friável e plástica e pegajosa, transição plana e clara.

**Bt2** 57-107; textura argilosa, cores 7,5YR 7/8 (amarelo-avermelhado) e 7,5YR 5/8 (bruno-forte); blocos subangulares (macroestrutura) e microgranular (microestrutura); grande, moderada, macia, muito friável, muito plástica e muito pegajosa, transição plana e clara.

**Bt3** 107-180cm; textura muito argilosa; cores 7,5YR 7/8 (amarelo-avermelhado) e



Tabela 11 - Dados físico-químicos trincheira 5.

Trincheira 5									
Horizonte	Profundidade (cm)	Areia g/kg	Silte g/kg	Argila g/kg	Relação Silte/Argila	Densidade Aparente g/cm <sup>3</sup>	Densidade Partículas g/cm <sup>3</sup>	Umidade (%)	Porosidade (%)
Ap	0 - 15	476	117	407	0,3	1,48	2,55	15	42
Bt1	15 - 57	408	89	503	0,2	1,42	2,59	19	45
Bt2	57 - 107	410	43	547	0,1	1,31	2,59	22	49
Bt3	107 - 180	335	59	606	0,1	-	2,60	-	-

Complexo Sortivo cmol <sub>e</sub> /kg												
Horizonte	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H + Al	Valor T (soma)	Valor V (%)	Saturação por alumínio (%)	P mg/d m <sup>3</sup>
Ap	5,8	6,7	2,8	0,32	0,25	10,1	0,0	3,1	13,2	76	0	10
Bt1	4,1	3,1	1,6	0,17	0,23	5,1	0,7	3,1	8,2	62	8	9
Bt2	4,3	3,2	1,8	0,16	0,23	5,4	0,5	4,1	9,5	57	5	9
B3t	4,5	3,1	1,5	0,15	0,23	5,0	0,4	3,5	8,4	59	4	9

Horizonte	C (orgânico) g/kg	M.O. g/kg
Ap	15,92	27,45
Bt1	5,67	9,78

Fonte: A autora, 2021.

A trincheira de número 6 é uma meia encosta (Quadro 18), situada na 3ª topossequência de solos, segmento 2, drenando para a planície 2. É uma trincheira particular, apresentava problemas de total remoção de seu horizonte superficial, assim, a pedido da produtora, foi aberto um perfil nesta posição de meia encosta favorecendo este entendimento. Está situada em um local que estava em preparo para receber cultura, seu horizonte Ap foi coletado da posição lateral do perfil exato analisado, já que não existia nessa zona erodida. O horizonte Ap lateral apresenta coloração bruna escura junto a cores amareladas, a textura é franco-argilo-arenosa, com estrutura grumosa grande e ligeiramente dura. Os horizontes subsuperficiais são de textura argilosa, cores amareladas e bruno-amareladas, com estrutura em blocos subangulares grandes e ligeiramente duros.

O teor de areia diminui com a profundidade (Tabela 12), variando de 641g/kg (horizonte Ap lateral) até 381g/kg (horizonte Bt2); o teor de silte varia de 44g/kg (horizonte Ap lateral) até 80 g/kg (horizonte Bt2), sendo um dos mais baixos teores gerais de silte; a argila aumenta com a profundidade, vai de 315g/kg, no horizonte Ap lateral, para 539g/kg no horizonte Bt2. A relação textural calculada é de 1,7 configurando um horizonte B textural, a relação silte/argila é das mais baixas, em todos os perfis é de 0,1, mostrando ser um solo altamente intemperizado.

A densidade aparente variou de 1,55g/cm<sup>3</sup> (horizonte Ap) decaindo até 1,35g/cm<sup>3</sup> (horizonte Bt2); a densidade de partículas foi de 2,55g/cm<sup>3</sup>, no horizonte Ap, aumentando suavemente com a profundidade até 2,64g/cm<sup>3</sup>, no horizonte Bt2. O teor de umidade variou de 13 % no horizonte superficial, aumentando com a profundidade até 21%, a porosidade foi de 39%, no horizonte Ap, 46% no horizonte Bt1 e 48% no horizonte Bt2.

O pH é mais alto no horizonte Ap lateral (5,1), seguido do horizonte Bt1 (4,3) e do Bt2 (4,1), o aumento do pH do horizonte superficial foi devido a uma pequena correção do pH, porém percebe-se a característica altamente ácida dos materiais, sendo inclusive a saturação do alumínio de 9% (Bt1) e 11% (Bt2), considerado tóxico para o desenvolvimento de qualquer vegetal, na área a produtora afirma já ter perdido sementes semeadas que nunca cresceram. O valor do percentual de saturação por bases apresentado é de mesoeutrófico, apresentando 51% em ambos horizontes subsuperficiais, sendo o cálcio o maior contribuinte. O fósforo foi de 11mg/dm<sup>-3</sup>, no horizonte Ap, passando para 9 mg/dm<sup>-3</sup> nos horizontes subsuperficiais.

O teor de carbono orgânico é de 15,7g/kg (horizonte Ap lateral) e 3,9 (horizonte Bt1), uma média de material orgânica em percentual no horizonte superficial de 3% de matéria orgânica, acima do limite mínimo para a desestabilização dos agregados.

Com base nas características morfológicas, de manejo e físico-químicas este solo foi classificado como Argissolo Amarelo Tb eutrófico abruptico mesoeutrófico manejado.

Quadro 18 - Descrição morfológica da trincheira 6.

## Trincheira 6

Tipo de Solo: Argissolo Amarelo Tb Eutrófico abruptico mesoeutrófico ultramanejado

Data da Coleta: 08/11/2017

**Ap Lateral** 0-18cm; textura franco-argilo-arenosa; cores 7,5YR 5/2 (bruno) e tons amarelados (seca) e 7,5YR 3/3 (bruno-escuro); grumosa, grande a muito grande, fraca, ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e abrupta.

**Bt1** 18-45cm; textura argilosa; cores 10YR 7/6 (amarelo) e 10YR 5/8 (bruno-amarelado), blocos subangulares, grande, moderado, macia, friável, muito plástica e pegajosa; transição plana e clara.

**Bt2** 45+; textura argilosa; cores 10YR 7/6 (amarelo) e 10YR 5/8 (bruno-amarelado), blocos subangulares, grande a muito grande, forte, ligeiramente dura e muito friável, muito plástica e pegajosa.

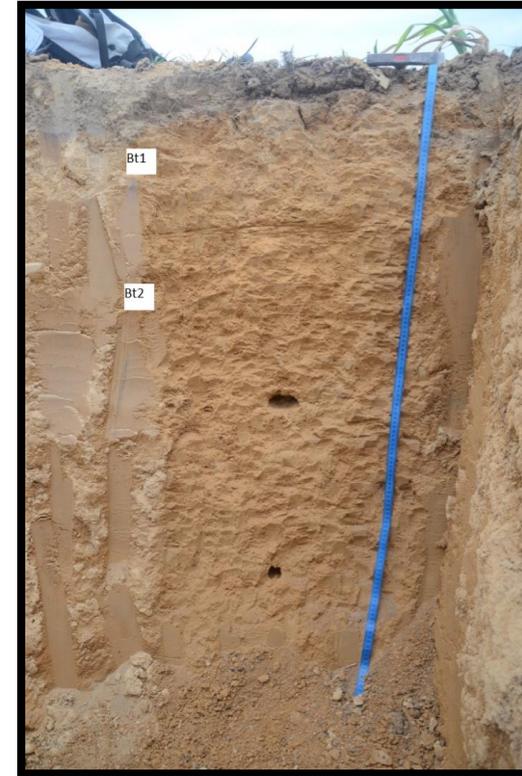


Tabela 12 - Dados físico-químicos trincheira 6.

Trincheira 6												
Horizonte	Granulometria g/kg				Densidade g/cm <sup>3</sup>			Umidade (%)	Porosidade (%)			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia	Silte	Argila	Relação Silte/Argila	Aparente	Partículas					
Ap	0 - 18	641	44	315	0,1	1,55	2,55	13	39			
Bt1	5 -- -45	413	70	517	0,1	1,42	2,61	19	46			
Bt2	45+	381	80	539	0,1	1,35	2,64	21	48			
Complexo Sortivo cmol <sub>c</sub> /kg												
Horizonte	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H + Al	Valor T (soma)	Valor V (%)	Saturação por alumínio (%)	P mg/d m <sup>-3</sup>
A	5,1	5,1	1,5	0,28	0,26	7,1	0,0	4,3	11,4	62	0	11
Bt1	4,3	3,2	0,8	0,16	0,23	4,4	0,8	4,3	8,68	51	9	9
Bt2	4,1	3,3	1,2	0,16	0,23	4,9	1,1	4,6	9,5	51	11	9
Horizonte	C (orgânico) g/kg	M.O. g/kg										
Ap	15,7	27,1										
Bt1	3,9	6,8										

Fonte: A autora, 2021.

A trincheira 7 (Quadro 19) fica localizada na planície 2, no 2º segmento analisado, para esta planície drenam as topossequências 3 e 4, o uso da área é do cultivo do palmito pupunha. O horizonte Ap já apresentava cores mais acinzentadas e esverdeadas em comparação ao primeiro Gleissolo descrito, sendo a textura grumosa média macia. Abaixo se encontra uma camada de areia de espessura de 29cm, textura areia franca, porém estruturada em blocos subangulares grandes e ligeiramente duros. O horizonte glei abaixo apresenta as cores acinzentadas e cores avermelhadas, de textura franco-argilo-arenosa, apresentado estrutura em blocos subangulares, médios e macios. O terceiro horizonte Glei apresenta cores cinzenta-azulada junto a cores amareladas possui textura franco-arenosa, com estrutura em blocos subangulares, grande a muito grande e ligeiramente dura.

O total de areia é alto em todos o perfil (Tabela 13), havendo a camada Cg1 que se pronuncia neste sentido com 87% de areia (868g/kg), seguida pelo horizonte Ap o total de areia é de 776g/kg, camada Cg2 é de 734g/kg, e na camada Cg3 onde o total de areia é de 711g/kg. O teor de silte é baixo no geral, excetuando a camada Cg3 (183g/kg de silte), seguido pelo horizonte Ap, com 74g/kg de silte, camada Cg1 com 57g/kg e camada Cg2 com 46g/kg de silte. O conteúdo de argila variou de 220g/kg (camada Cg2) até 74g/kg (camada Cg1), mais baixo no geral, sendo a relação silte argila um pouco mais elevada, de 1,7 na camada Cg3, 0,8 na camada Cg1, 0,5 no horizonte Ap e 0,2 na camada Cg2.

O pH ainda que seja de solos ácidos (Tabela 12), se eleva levemente, variando de 5,1 (horizonte A e camada Cg2) até 4,7 (camada Cg1). A saturação por bases é mais elevada em todas as camadas, variando de 70% (camada Cg1 e Cg2) e 68% (camada Cg3). O teor de alumínio, bem como a saturação por este elemento é nula, o carbono orgânico é de 18,18g/kg, sendo a média em percentual de matéria orgânica de 3%. O fósforo segue com um teor pouco mais elevado do que nos solos de encosta, com valores de 16mg/dm<sup>3</sup> no horizonte Ap, e 11mg/dm<sup>3</sup> nos horizontes subsuperficiais.

As características morfológicas, unidas as físico-químicas apontam para sua classificação como Gleissolo Melânico Ta Eutrófico neofluvíssólico.

Quadro 19 – Descrição morfológica trincheira 7.

Trincheira 7 –

Tipo de Solo: Gleissolo Melânico Ta Eutrófico neofluvissólico

Data da Coleta: 07/11/2017

**Ap** 0-39cm; cores 1 for Glei 4/1 10Y(cinzeno-esverdeado-escuro); 1 for Glei 2.5/ 10Y (preto-esverdeado; textura franco-arenosa; grumosa, média, moderada, macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, transição irregular e gradual.

**Cg1** 39-68; textura areia franca; cores 1 for Glei 7/5PB (cinzeno-claro) e cores avermelhadas; 1 for Glei 4/1 10Y (cinzeno-esverdeado-escuro) e cores avermelhadas (úmida), maciça, média a grande, fraca, macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e gradual.

**Cg2** 68-80cm; textura franco-argilo-arenosa; cores 1 for Glei 8/1 5PB (cinzeno-azulado-claro) e cores amareladas; 1 for Glei 7/1 5PB (cinzeno-azulado-claro) cores amarelas avermelhada, maciça, grande a muito grande, forte, ligeiramente duro, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição irregular e gradual.

**Cg3** 80-110cm; textura franco-arenosa; cores 1 for Glei 8/1 5PB (cinzeno-azulado-claro) e cores amarelas claras (seca); 1 for Glei 7/1 5PB (cinzeno-azulado-claro) e cores amareladas (úmida), maciça, grande, forte, ligeiramente duro, friável, plástica e ligeiramente pegajosa.



Fonte: A autora, 2021.

Tabela 13 - Dados físico-químicos trincheira 7.

Trincheira 7												
Horizonte	Profundidade (cm)	Areia g/kg	Silte g/kg	Argila g/kg	Relação Silte/Argila	Densidade Aparente g/cm <sup>3</sup>	Densidade Partículas g/cm <sup>3</sup>	Umidade (%)	Porosidade (%)			
A	0 - 39	776	74	150	0,5	-	2,54	-	-			
C1	39 - 68	869	57	74	0,8	-	2,64	-	-			
C2	68 - 80	734	46	220	0,2	-	2,60	-	-			
C3	80 - 110	711	183	106	1,7	-	2,75	-	-			
Complexo Sortivo cmol <sub>c</sub> /kg												
Horizonte	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H + Al	Valor T (soma)	Valor V (%)	Saturação por alumínio (%)	P mg/dm <sup>3</sup>
A	5,1	5,4	1,4	0,19	0,29	7,3	0,0	5,6	12,9	56	0	16
C1	4,7	3,5	0,8	0,15	0,23	4,7	0,0	2,0	6,66	70	0	11
C2	5,1	4,1	1,6	0,17	0,25	6,1	0,0	2,6	8,8	70	0	11
C3	5,0	3,7	1,5	0,17	0,24	5,6	0,0	2,6	8,3	68	0	11
Horizonte Ap	C (orgânico) g/kg	M.O. g/kg										
	18,18	31,34										

Fonte: A autora, 2021.

A trincheira 8 (Quadro 20) se posiciona na 4ª topossequência, no setor de meia encosta, no segmento 2, aberto em uma área de plantação de eucaliptos jovens. O horizonte Ap possui cores bruno-escuro e amarelo-avermelhado, com estrutura granular, grande a muito grande e macio. O horizonte Bt1e Bt2 (15 – 150 cm) é de cor vermelho-amarela e brunada, possuindo a macroestrutura em blocos subangulares grandes e macios, e microestrutura granular, com textura argilosa. O horizonte Bt3 é vermelho-amarelo, de textura muito argilosa, com estrutura em blocos subangulares média e macia.

O conteúdo de areia (Tabela 14) diminui com a profundidade variando de 508g/kg (horizonte Ap) até 345 g/kg (horizonte Bt3); o teor de silte varia de 118g/kg (horizonte Ap) até 43g/kg (horizonte Bt2); e o conteúdo de argila variou de 374g/kg (horizonte Ap) até 600g/kg (horizonte Bt3) aumentando conforme a profundidade analisada.

A densidade aparente apresentada variou de 1,30g/cm<sup>3</sup> (horizonte Ap) até 1,29g/cm<sup>3</sup> (horizonte Bt2), a densidade de partículas, em geral aumentou suavemente com a profundidade de 2,59g/cm<sup>2</sup> (horizonte Ap) até 2,62g/cm (horizonte Bt3). A umidade aumentou com a profundidade de 18%, no horizonte Ap; até 24% no horizonte Bt2; a porosidade variou a cada perfil, sendo de 50%, no horizonte Ap; 52%, no horizonte Bt1 e 51%, no horizonte Bt2. O horizonte Bt3 não foi avaliado para estas análises, devido a não coleta em campo de amostra indeformada.

O padrão de acidez, medido pelo pH (Tabela 13), segue alto, variando de 4,6 (horizonte Ap) a 4,3 (horizonte Bt2), a saturação por alumínio varia de 3% (horizonte Ap) a 6% no horizonte Bt2, nota-se que não somente nesta trincheira existe uma maior concentração de alumínio onde o pH é o mais rebaixado. A saturação por bases, em termos percentuais, nos horizontes subsuperficiais é de 51% (horizonte Bt1) até 57% (horizonte Bt3), sendo classificados como mesoeutróficos. O carbono orgânico foi calculado em 20,19g/kg, no horizonte Ap, e 6,27g/kg no horizonte Bt1, assim um teor médio de 3,5% de matéria orgânica em superfície.

As características morfológicas, de manejo e físico-químicas apontaram sua classificação como Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico Abruptico argissólico mesoeutrófico manejado.

Quadro 20 – Descrição morfológica trincheira 8.

## Trincheira 8

Tipo de Solo: Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico abruptico latossólico mesoeutrófico manejado

Data da Coleta: 07/11/2017

**Ap** 0-15cm; cores 7,5YR 5/2 (bruno-amarelado); 7,5YR 3/3 (bruno-escuro); textura argiloarenosa; estrutura granular, grande a muito grande, forte, macio, muito friável, plástica e pegajosa; transição irregular e abrupta.

**Bt1** 15-51cm; cores 10YR 7/6 (amarelo); 7,5YR 5/8 (bruno-forte); textura argilosa; macroestrutura em blocos subangulares e microestrutura microgranular, grande, moderada, macia, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição irregular e gradual.

**Bt2** 51-150cm; cores 7,5YR 7/6 (amarelo-avermelhado); 7,5YR 5/8 (bruno-forte), textura argilosa; blocos subangulares, grande, moderado, macio, friável, muito plástica e muito pegajosa, transição plana e clara.

**Bt3** 150-200; cores 7,5YR 7/6 (amarelo-avermelhado), 7,5YR 6/8 (amarelo avermelhado); textura muito argilosa; blocos subangulares, médio, fraco, macio e muito friável, muito plástica e muito pegajoso.



Tabela 14 - Dados físico-químicos trincheira 8.

Trincheira 8												
Horizonte		Densidade g/cm <sup>3</sup>										
	Profundidade (cm)	Areia g/kg	Silte g/kg	Argila g/kg	Relação Silte/Argila	Densidade Aparente g/cm <sup>3</sup>	Densidade Partículas g/cm <sup>3</sup>	Umidade (%)	Porosidade (%)			
Ap	0 - 15	508	118	374	0,3	1,30	2,59	18	50			
Bt1	15 - 51	422	97	481	0,2	1,24	2,59	22	52			
Bt2	51 - 150	365	43	592	0,1	1,29	2,63	24	51			
Bt3	150 - 200	345	56	600	0,1	-	2,62	-	-			
Complexo Sortivo cmol/kg												
Horizonte	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H + Al	Valor T (soma)	Valor V (%)	Saturação por alumínio (%)	P mg/dm <sup>3</sup>
Ap	4,6	4,6	0,8	0,24	0,31	5,9	0,5	10,6	16,5	36	3	10
Bt1	4,4	3,7	0,7	0,17	0,23	4,8	0,4	4,6	9,4	51	4	8
Bt2	4,3	3,3	0,7	0,15	0,23	4,4	0,5	3,6	8,0	55	6	8
Bt3	4,5	3,2	1,0	0,15	0,24	4,6	0,3	3,5	8,1	57	4	8
Horizonte	C (orgânico) g/kg	M.O. g/kg										
Ap	20,19	34,81										
Bt1	6,27	10,81										

Fonte: A autora, 2021.

A trincheira 9 se posiciona na topossequência 4, posição de topo de colina, segmento 2, o uso é de silvicultura de eucaliptos (em estágios de maior maturidade), suas principais características morfológicas são apresentadas em detalhe no Quadro 21. O horizonte Ap apresenta cor bruno-escuro, textura argiloarenosa, sendo a estrutura grumosa grande e ligeiramente dura. Os horizontes Bt1 e Bt2 (28cm – 81cm) apresentam tons rosados e brunado forte, textura argilosa, e estrutura em blocos subangulares, médios e macio. O horizonte Bt3 apresenta cores amarelas e brunadas forte, estrutura em blocos subangulares grandes e macio, com textura muito argilosa.

Na tabela 15 são apresentadas as principais características químicas. Pode se observar neste perfil que o conteúdo de areia, diminui com a profundidade, variando de 485g/kg (horizonte Ap), até 314g/kg, no horizonte Bt1. O teor de silte apresenta decréscimo com a profundidade, indo de 160 g/kg (horizonte Ap) para 53g/kg (horizonte Bt1). A argila apresenta um aumento com a profundidade, variando de 355g/kg (horizonte Ap) à 633g/kg (horizonte Bt1). A relação silte/argila varia de 0,5 (horizonte Ap), 0,3 (horizontes Bt1 e Bt2) e 0,1 (horizonte Bt3), havendo uma menor relação, de acordo com a profundidade.

A densidade aparente apresentada variou conforme o perfil entre 1,30g/cm<sup>3</sup>, no horizonte Ap; 1,24g/cm<sup>3</sup>, no horizonte Bt1; e 1,29, no horizonte Bt2. A densidade de partículas aumentou com a profundidade, variando de 2,59g/cm<sup>3</sup> (horizonte Ap), até 2,62g/cm<sup>3</sup> (horizonte Bt3). A umidade aumentou conforme a profundidade de 18% (horizonte Ap) até 24% (horizonte Bt2); a porosidade apresentada variou conforme o perfil, variando assim de 50% no horizonte Ap, 52% no horizonte Bt1, e 51% no horizonte Bt2. O horizonte Bt3 não teve coleta de amostra indeformada, assim não foram realizadas as análises de densidade aparente, umidade e porosidade.

O solo é ácido apresentando pH de 4,6 nos horizontes Ap e Bt3, 4,3 no horizonte Bt2 e pH de 4,1 no horizonte Bt1. A saturação por alumínio é próxima do valor de toxicidade nos horizontes Bt1 e Bt2 (8% de saturação), ficando em 1% no horizonte Ap e 6% no horizonte Bt1. Apesar de apresentar horizontes distróficos (48% de saturação por bases no horizonte Bt1 e 49 % no horizonte Bt2) a média de saturação por bases, no geral, foi de 52%, sendo assim considerado eutrófico. O teor de carbono contribuiu consideravelmente para esta saturação por bases, sobretudo nos horizontes superiores. O teor de fósforo foi de 10mg/dm<sup>-3</sup>, no horizonte Ap e 8mg/dm<sup>-3</sup> nos horizontes subsuperficiais. O conteúdo de carbono orgânico foi de 17,64g/kg no horizonte Ap e 6,71g/kg no horizonte Bt1, tendo assim no horizonte superficial um teor de matéria orgânica de 3%.

A partir das características morfológicas, de manejo e físico-químicas este solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico argissólico mesoeutrófico manejado.

Quadro 21 – Descrição morfológica trincheira 9.

## Trincheira 9

Tipo de Solo: Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado

Data da Coleta: 07/11/2017

**Ap** 0-28cm; cores 7,5YR 5/2 (bruno); 7,5YR 3/2 (bruno escuro); textura argiloarenosa; grumosa, grande, moderada, ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

**Bt1** 28-48cm; cores 7,5YR 7/4 (rosado); 7,5YR 4/6 (bruno forte); textura argilosa, blocos subangulares, médio a pequeno, fraco, macio, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e clara.

**Bt2** 48-81cm; cores 7,5YR 7/4 (rosado - Pink); 7,5YR 5/6 (bruno forte); textura argilosa; blocos subangulares, médio, fraco, macio, muito friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

**Bt3** 81-160cm; cores 10YR 8/6 (amarelo); 7,5YR 5/8 (bruno forte); textura muito argilosa; blocos subangulares grande a muito grande, moderado, macio, muito friável, muito plástica e muito pegajosa.

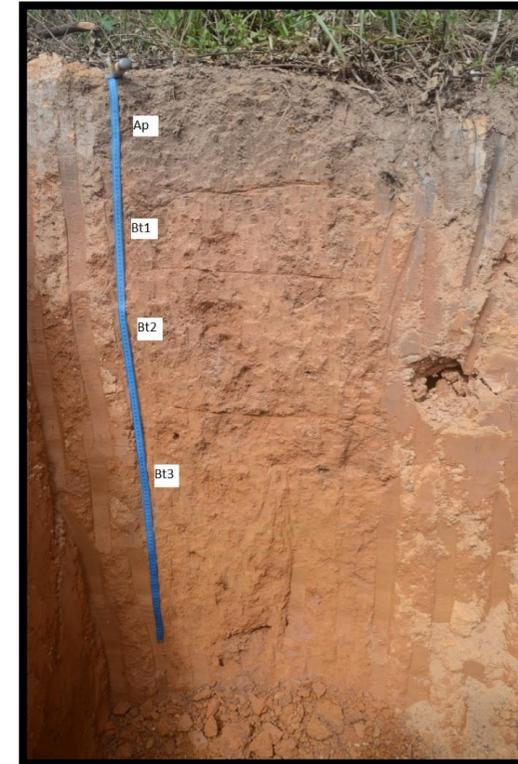


Tabela 15 - Dados físico-químicos trincheira 9.

Trincheira 9												
Complexo Sortivo cmol <sub>c</sub> /kg												
Horizonte	Profundidade (cm)	Areia g/kg	Silte g/kg	Argila g/kg	Relação Silte/Argila	Densidade Aparente g/cm <sup>3</sup>	Densidade Partículas g/cm <sup>3</sup>	Umidade (%)	Porosidade (%)			
A	0 - 28	485	160	355	0,5	1,23	2,56	16	52			
B1	28 - 48	418	129	453	0,3	1,31	2,63	18	50			
B2	48 - 81	400	142	458	0,3	1,32	2,56	21	48			
B3	81 - 160	314	53	633	0,1	1,34	2,65	22	50			
Horizonte	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H +Al	Valor T (soma)	Valor V (%)	Saturação por alumínio (%)	P mg/dm <sup>3</sup>
A	4,6	4,2	1,8	0,31	0,31	6,6	0,2	6,9	13,6	49	1	11
B1	4,1	3,9	0,4	0,17	0,23	4,7	0,8	5,1	9,8	48	8	9
B2	4,3	3,6	1,0	0,16	0,24	5,0	0,8	5,1	10,1	49	8	9
B3	4,6	3,7	1,1	0,16	0,47	5,4	0,5	3,6	9,1	60	6	8
Horizonte	C (orgânico) g/kg	M.O. g/kg										
A	17,64	30,41										
	6,71	11,57										

Fonte: A autora, 2021.

## 6.4 Topossequências de Solos

Neste subitem primeiramente foram descritas, as topossequências selecionadas, bem como cada tipo de solo. Posteriormente foi abordada a topossequência com enfoque na descrição de cada horizonte encontrada.

### 6.4.1 Topossequência da fazenda Dom Bosco

A topossequência pode ser definida como sendo uma sequência de solos, que guardam relações genéticas, principalmente relacionadas com o relevo (BOULET *et al.* 1982). A topossequência analisada da fazenda Dom Bosco, em função de ser uma topossequência composta por quatro extensões topo até base e duas drenagens diferenciadas, esta foi dividida entre segmento 1, e, segmento 2, onde foram dispostas as topossequência 1, topossequência 2, topossequência 3, topossequência 4.

De maneira geral, a sequência traçada, contendo 4 topossequências do topo a base na área de estudo possui cerca de 880 metros de extensão, sendo sua cota mais elevada de 65 metros de altitude seguindo o padrão de predominância de Argissolos no topo e na meia encosta, variando para Gleissolos na base. Padrão este, descrito nos domínios suaves colinosos do entorno. Estes tipos de solos, devido ao seu contraste textural entre horizontes A e B devem ter um manejo inteligente para qualquer atividade agropastoril que vá ser devolvida nos mesmos, devido a sua maior condição de erodibilidade natural (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990)

Nas posições de topo, predominam Argissolos em termos de classe de solos, embora algumas destas posições apresentaram a característica da presença de alguns horizontes microgranulados, com macroestrutura em blocos subangulares, o que pode ter sido condicionado pelo relevo, que permite em posições de topo maior infiltração, sugerindo uma maior maturidade pedológica nestes perfis. A maior parte dos Argissolos da fazenda apresentam a coloração Vermelho-Amarelo (trincheira 3 e trincheira 6), porém ocorrem dois perfis descritos de Argissolos Amarelos, ambos em posição de meia encosta.

Nas planícies foram encontrados os Gleissolos, que apresentaram diferenciações de uma planície para outra, diferença entre os solos Gleissolo Háptico Ta eutrófico típico (trincheira 3) e Gleissolo Melânico Ta eutrófico neofluvisólico (trincheira 7).

As topossequências de solos levantadas na fazenda Dom Bosco possibilitaram entender a dinâmica da distribuição dos solos e a relação topo/encosta/planície. A Figura 64 mostra a localização, bem como, a variação do relevo em cada uma das topossequências selecionadas. A descrição dos resultados, neste setor, será sempre relacionando as trincheiras onde foram analisados, os perfis dos solos (numerados de 1 a 9), com a posição na encosta (topo de vertente, meio de vertente ou planície), também visualizando a qual topossequência pertence o perfil.

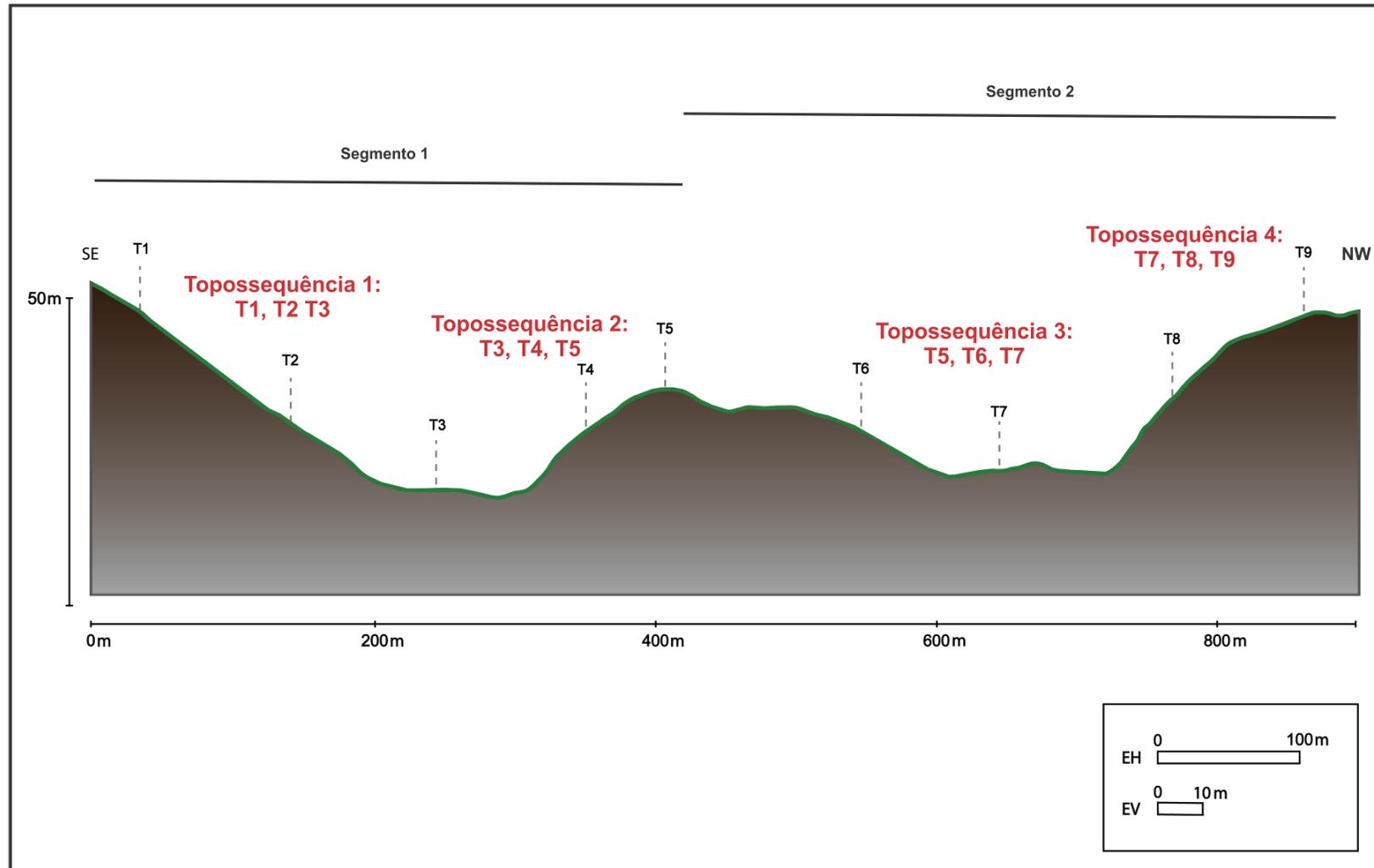
A Figura 65 mostra a localização e distribuição das trincheiras e a 64 mostra a distribuição destes perfis associados às fotos de cada um deles. Na topossequência 1 (SE/NW), foram identificados os seguintes tipos de solos no sentido topo base, respectivamente: Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico típico mesoeutrófico microgranulado (trincheira 1); seguido em meia encosta, Argissolo Amarelo Tb eutrófico típico mesoeutrófico microgranulado (trincheira 2); na planície foi identificado o Gleissolo Háptico Ta eutrófico típico (trincheira 3).

A topossequência 2 (NW/SE) perpassa os perfis 5, 4 e 3 identificados no sentido topo - base, respectivamente Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico abruptico latossólico mesoeutrófico ultramanejado (trincheira 5) Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico, mesoeutrófico manejado (trincheira 4) e Gleissolo Háptico Ta eutrófico típico (trincheira 3), que também faz parte da topossequência 1.

A Topossequência 3 (S/NW) perpassa as trincheiras 5, 6 e 7 dos solos, assim sendo identificados no sentido topo base, respectivamente: Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico abruptico latossólico mesoeutrófico ultramanejado (trincheira 5), seguido em meia encosta, Argissolo Amarelo Tb eutrófico mesoeutrófico (trincheira 6), na planície foi identificado o Gleissolo Melânico Ta eutrófico neofluvisólico (trincheira 7).

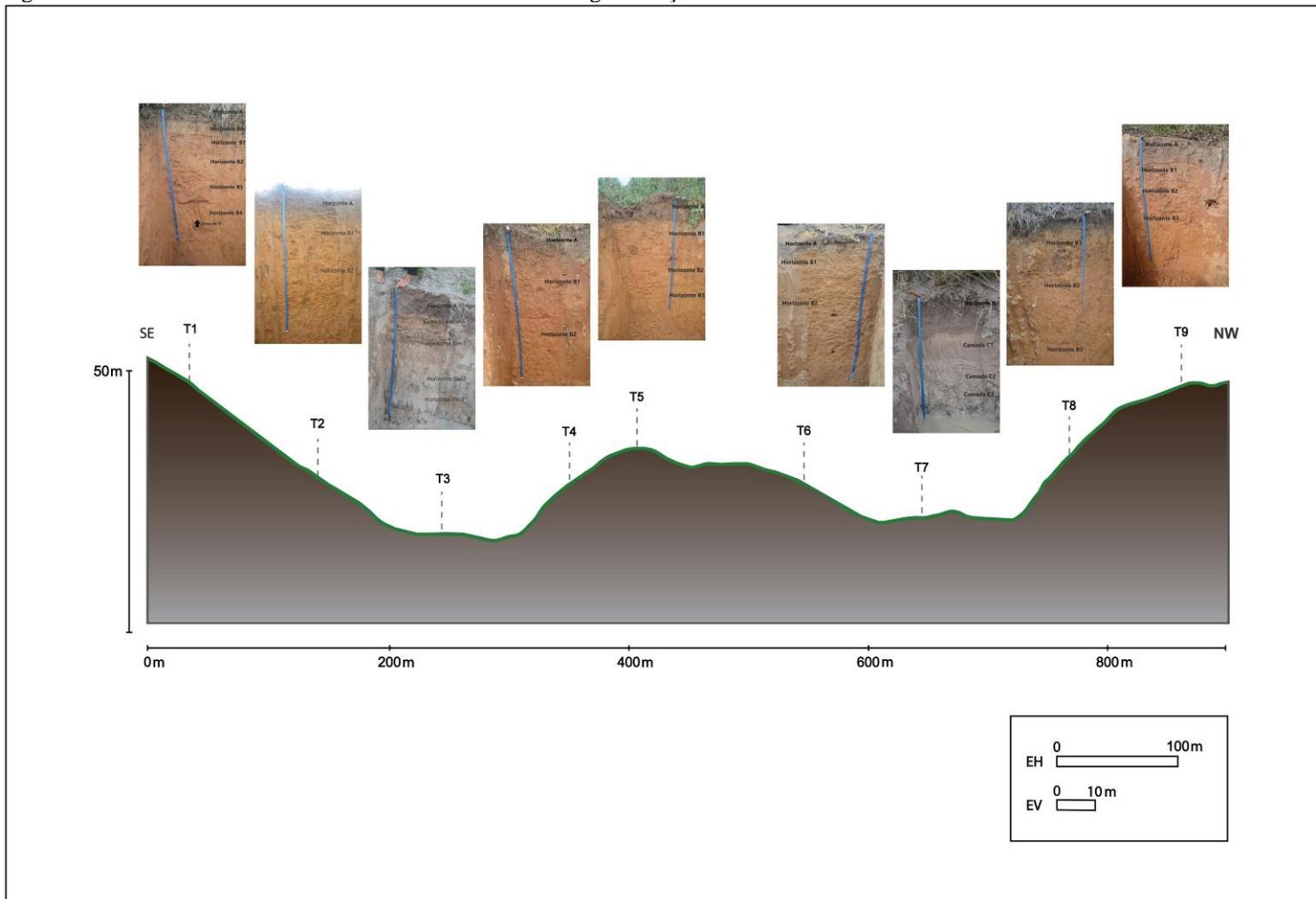
A topossequência 4 (NW/S) perpassa os perfis 9, 8 e 7 dos solos, assim sendo identificados no sentido topo base: Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico abruptico latossólico mesoeutrófico manejado (trincheira 8), seguido em meia encosta, Argissolo Amarelo Tb eutrófico abruptico mesoeutrófico (perfil 6), na planície segue sendo o já citado na Topossequência 3 o Gleissolo Melânico Ta eutrófico neofluvisólico (trincheira 7).

Figura 64 – Perfil Topográfico com a identificação das trincheiras, topossequências e segmentos na fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

Figura 65 – Perfis identificados nas trincheiras de solos ao longo da seção transversal na fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

#### 6.4.1 Topossequência de solos da fazenda Dom Bosco: descrição e caracterização das camadas identificadas

Todas as topossequências tiveram sentido topo, meio e base da vertente, mantendo assim mais definida a relação com o relevo e com o fluxo natural da água dentro de cada topossequência na sua relação com os processos pedogenéticos. O Quadro 22 apresenta as camadas encontradas na topossequência 1, e, suas principais características. A distribuição das camadas ao longo das topossequências é apresentada na Figura 66.

Quadro 22 – Camadas identificadas na topossequência 1.

Topossequência 1						
Nome da camada	Sigla	Trincheira	Textura	Cor	Estrutura	Observações
A brunado	Ap1	1 e 2	franco-argilo-arenosa	brunada	grumosa - média a grande	Abaixo do horizonte A, existe um horizonte E rem formação (cores pálidas)
B brunado	Bt	1	argilosa	brunada	blocos subangulares - médio	
B vermelho amarelo	Bt2	1	argilosa	vermelha-amarela	blocos subangulares - médio	
Zona do U	ZU	1	-	-	-	
B microestruturado	Btw	1	muito argilosa	vermelho-Amarela	blocos subangulares fracos com microestrutura granular	
B brunado amarelado	Bt3	2	muito argilosa	bruno-amarelada	blocos subangulares - médio a grande	
B amarelado argiloso	Btw	2	argilosa	amarelada	blocos subangulares fracos com microestrutura granular	
A bruno escuro	Ap2	3	argilo-arenoso	bruno-escuro	grumosa muito grande	
Areia franca	AF	3	areia franca	amarelada-claro	maciça	
C argilo arenoso	C1	3	argilo-arenoso	cinzento-avermelhada	maciça	
C verde	C2	3	franco-argilo-arenoso	cinzento-esverdeada	maciça	

Fonte: A autora, 2021.

A topossequência 1 (Quadro 22, Figura 65) foi analisada, a partir das 3 trincheiras completas, e, observações adicionais de campo. Em seu topo, uma camada recobre praticamente toda a topossequência, identificada como a camada “A brunado” (Ap1). Em geral, esta camada apresenta textura franco-argilo-arenoso, de cor brunada, estrutura grumosa de tamanho médio a grande.

A camada superior que demarca o início da planície é a camada denominada “A bruno escuro” (Ap2), que recobre toda a planície, com profundidade média de 24 cm, textura argiloarenosa, cor bruno escura e de estrutura grumosa muito grande.

Subsuperficialmente, entre 13 cm até 43 centímetros de profundidade, se encontra a camada “B brunado” (Bt1), que ganha características da camada “B Bruno-amarelada” (Bt3), desde a metade da topossequência até a base desta, apresentando estrutura em blocos subangulares e cor bruno-amarelada. Em maior profundidade, na posição de topo (de 43cm a 100cm) se identificou a camada “B vermelho-amarelada” (Bt2), de cor vermelha-amarelada e estrutura em blocos subangulares, como última camada em termos de profundidade, na posição de topo começa a camada “B microestruturada” (Btw), que apresentou microestrutura granular, inserida nesta foi observado, a “zona do U” (entre 100cm até 170cm), uma zona de característica microestruturada e cor escurecida.

As camadas B vermelha-amarelada (Bt2) e B microestruturada (Btw) migram, a partir da meia vertente, para a camada denominada “B bruno-amarelada” (Bt3) (78cm+ da trincheira 2), que também apresenta estrutura a estrutura em blocos subangulares, porém de maior porte.

Ocorre então a transição desta topossequência para sua base, esta mudança é demarcada a partir do surgimento da camada “A bruno-escura” (Ap2). Em profundidade de 24cm a 40cm se tem o início a “camada arenosa” (AF), composta de areia franca, a partir de então se identificam as camadas gleizadas. Nestas camadas se tem a camada “C argilo arenoso” (C1) entre 40cm e 90 cm, de estrutura maciça e cor esverdeada, e, a partir de 86cm a camada denominada “C verde” (C2) entre 90 a 134cm (altura média do lençol freático na trincheira 3 e nas sondagens adicionais).

A topossequência de número 2 está entre 24 metros de altitude, em seu topo, e, 10 metros na sua base da vertente. No Quadro 23 estão identificadas e descritas as camadas identificadas ao longo da topossequência, sua distribuição pode ser analisada na Figura 65.

Quadro 23 - Camadas identificadas na topossequência 2.

Topossequência 2						
Nome da camada	Sigla	Trincheira	Textura	Cor	Estrutura	Observações
A antrópico pronunciado	Ap3	5	argiloarenosa	bruno-amarelada	blocos subangulares + grumoso	horizonte A muito afetado pelas atividades antrópica (agrícola)
B brunado	Bt1	5	argilosa	brunada	blocos subangulares	
A brunado	Ap1	4	argiloarenoso	brunada	grumosa - dura	textura do Horizonte A é pouco diferente
B vermelho amarelado	Bt2	4	argilosa	vermelho-amarela	blocos subangulares - médio	
B microestruturado	Btw	4	Muito argilosa	Vermelho-Amarela	Blocos subangulares fracos com microestrutura granular	
A bruno escuro	Ap2	5	argiloarenoso	bruno-escura	grumosa muito grande	
Areia franca	AF	3	areia franca	amarelada-clara	maciça	
C argilo arenoso	C1	3	argiloarenosa	cinzento-avermelhada	maciça	
C verde	C2	3	franco-argiloarenosa	cinzento-esverdeada	maciça	

Fonte: A autora, 2021.

Seu topo é constituído pela camada superior denominada “A antrópico pronunciado” (Ap3), uma camada que apresenta sinais de degradação e apresentação irregular, ora com total ausência, ora com até 15cm, pois em grande parte já havia sofrido transporte, assim, este horizonte foi então representado na Figura 65 ondulado. A partir da meia encosta esta camada superior adquire características da camada “A brunada” (Ap1), com irregularidades nas espessuras da camada, porém, de maior espessura e cor mais escurecida. Na base da vertente esta camada assume as configurações da camada A bruno escuro (Ap2), já situada na planície de número 1.

Na posição de topo, a cerca de 15cm até 107cm ocorre a camada B Brunada (Bt1), que lateralmente ganha contorno para uma camada “B vermelho-amarelado” (Bva) que tem espessura de 41 a 86cm (aferido na trincheira 4). A camada “B microestruturada” (Btw) é

registrada, em posição de topo a partir de 107 cm de profundidade, e segue para a porção de meia encosta surgindo a partir da profundidade de 86 cm.

A transição para a base da vertente se dá claramente pela camada superficial que passa a ser “A bruno escuro” (Ap2) com a típica coloração escurecida desta camada nas planícies, com espessura média de até 24 centímetros, em maior profundidade se identifica novamente a “camada arenosa” (AF), com espessura de 24 cm até 40 cm, A camada “C argilo arenosa” (C1) possui espessura de 40 cm a 60 cm, a camada mais profunda é a camada “C verde” (C2), encontra a partir dos 90cm até 134cm, onde, a partir de então aflora o lençol freático.

A topossequência 3 inclui as trincheiras 5, 6, e, 7 seu padrão de vertente é côncavo/convexo, sua maior altitude é 24 metros (T5) e sua menor altitude é a de 7 metros (T7). As camadas identificadas ao longo desta topossequência estão descritas no Quadro 24, sua visualização pode ser realizada na Figura 66.

Quadro 24 - Camadas identificadas na topossequência 3.

Topossequência 3						
Nome da camada	Sigla	Trincheira	Textura	Cor	Estrutura	Observações
A antrópico pronunciado	Ap3	5 e 6	argilo-arenosa	bruno-amarelada	blocos subangulares + grumosa	horizonte A muito afetado pelas atividades antrópica (agrícola)
B brunado	Bt1	5	argilosa	brunada	blocos subangulares	
B microestruturado	Btw	5	muito argilosa	vermelho-Amarela	blocos subangulares fracos com microestrutura granular	
B bruno amarelado argiloso	Bt4	6	argilosa	amarelado	blocos subangulares - médio	
A gleizado	Ap4	7	franco-arenosa	cinzenta-escuro	grumosa	
Areia franca	AF	7	-	-	ausente	
C arenoso	C3	7	areia franca	brunada	maciça	
C gleizado amarelado	C4	7	franco-argilo-arenosa	vermelho-Amarela	maciça	
C franco arenoso	C	7	franco-arenosa	vermelho-Amarela	maciça	

Fonte: A autora, 2021.

A camada superficial segue sendo “A antrópico pronunciado” (Ap3), tanto no topo, quando na posição de meia vertente, esta camada é marcada por irregularidades de espessura, sendo a média em torno de 15 centímetros, até que na base da vertente e planície assume as características de um “A Gleizado” (Ap4).

Em posição de topo, na topossequência, 3, em maior profundidade, desde 15cm até os 107cm, se tem o “B Brunado” (Bt1), a partir do meio da vertente (marcado pela trincheira 6) foi identificada a camada “B amarelado argiloso” (Bt5), ainda na porção de topo encosta se encontra a camada “B microestruturada” (Btw, 107cm+ de profundidade), seguida, na posição de meia encosta a camada “B bruno amarelado argiloso” (Bt5) forma uma espessa camada até a base da vertente.

Marcada ao centro da planície e final desta topossequência está a trincheira de número 7 que possui uma camada escura que segue até a profundidade de 39cm, posteriormente a mesma lâmina de “areia franca” (AF) ocorre, semelhante a planície 1, porém com menor espessura. Abaixo, segue a camada “C Arenosa” (C3) de 41cm a 68cm, já dos 68cm a 80cm ocorre a camada C gleizado amarelado (C4), e a mais profunda camada registrada antes do encontro com o lençol freático foi a “C franco arenoso vermelho amarelo” (C5).

A topossequência 4, apresenta forma convexa, as camadas que se dispõem ao longo desta topossequência, podem ser analisadas no Quadro 25, sua conformação e distribuição na Figura 66.

Quadro 25 - Camadas identificadas na topossequência 4.

Topossequência 4					
Nome da camada	Sigla	Trincheira	Textura	Cor	Estrutura
A brunado	Ap1	9 e 8	Argiloarenosa	Brunada	Grumosa
B vermelho amarelo	Bt2	9 e 8	Argilosa	Vermelho-Amarelo	Bloco subangular
B microestruturado	Btw	9 e 8	Muito argilosa	Vermelho-Amarelo	Blocos subangulares fracos com microestrutura granular
B bruno amarelado argiloso	Bt4	8	Argilosa	Bruno-amarelada	Blocos subangulares
A gleizado	Ap4	7	Franco-arenosa	Cinzenta-escura	Grumosa
Areia Franca	AF	7	-		ausente
C arenoso	C3	7	Areia franca	Brunada	Maciça
C gleizado amarelado	C4	7	franco-argilo-arenosa	Vermelho-Amarela	Maciça
C franco arenoso	C5	7	Franco-arenosa	Vermelho-Amarela	Maciça

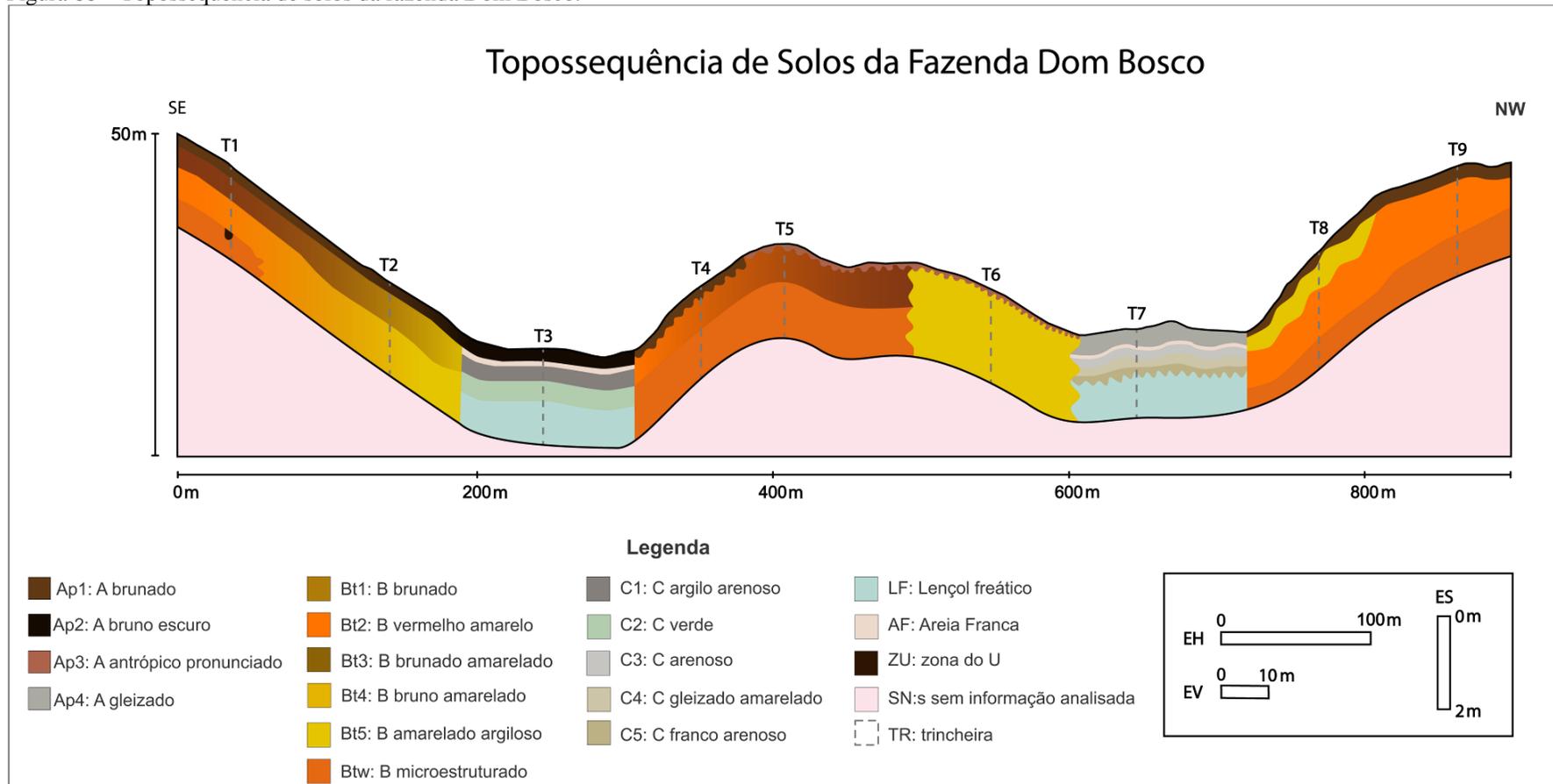
Fonte: A autora, 2021.

A camada superficial identificada é o “A Brunado” (Ap1), com profundidade média de 28cm, que segue desde o topo, seguindo a meia encosta afinando progressivamente sua espessura. Na posição de topo se inicia o “B vermelho amarelo” (Bt2) que tem início em 28cm e indo até a profundidade de 80cm, esse horizonte segue lateralmente, localizado na faixa de profundidade de 50 a 150cm na posição de meia encosta. A camada de maior profundidade analisada na posição de topo deste topossequência foi novamente o “B microestruturado”, que vem aparecendo em diferentes topossequências (sempre em profundidade) seguindo lateralmente até o encontro com a planície.

A base na vertente é a planície 2, como a da topossequência 3 com as sequencias de camadas “A gleizado” (Ap4), “areia franca” (sigla AF), “C arenoso” (C3), “C gleizado amarelado” (4), e, “C franco vermelho-amarelo” (C5).

Cabe ressaltar que a transição das camadas poderiam ser mais bem entendida com maior número de amostragens a trado, testes com GPR acessível não produziram resultados adequados devido a indisponibilidade de antena em frequência adequada para a sondagem de solos, porém como a topossequência não tem como objetivo o entendimento da gênese de solos não afetou o trabalho.

Figura 66 – Topossequência de solos da fazenda Dom Bosco.



Legenda: Ap1: A brunado; Ap2: A bruno escuro; Ap3: A antrópico pronunciado; Ap4: A gleizado; Bt1: B brunado; Bt2: B vermelho amarelo; Bt3: B brunado amarelado; Bt4: B bruno amarelado; Bt5: B amarelado argiloso; Btw: B microestruturado; C1: C argilo arenoso; C2: C verde; C3: C arenoso; C4: C gleizado amarelado; C5: C franco arenoso; LF: Lençol freático; AF: Areia Franca; ZU: zona do U; SN:s sem informação analisada; TR: trincheira.

Fonte: A autora, 2021.

## 6.5 Micromorfologia de solos

A micromorfologia seguiu as normas de descrição contidas em Bullock *et al.* (1985) e Castro (2020). A descrição foi pautada em geral no que foi observado no esqueleto, plasma e na porosidade de cada lâmina analisada (Quadro 26, Quadro 27 e Quadro 28). As feições pedológicas também foram observadas, porém em caráter menos detalhado.

Foram elaborados quadros, a fim de facilitar o entendimento, ponto a ponto, da análise micromorfológica das amostras coletadas nas trincheiras. As imagens, apresentadas em cada quadro, são das lâminas sem aumento, escaneadas e divididas por zonas (quando existentes).

A trincheira 1 se localiza na trincheira aberta na posição de topo da encosta da primeira topossequência, no primeiro segmento. Foram coletadas amostras de micromorfologia do horizonte Ap, Bt1 e Bt2 e Bt3. Todas as amostras estão descritas em detalhe no Quadro 26, descrita a parte 1, Quadro 27 onde está descrita a parte 2, e, Quadro 28 onde está descrita a parte 3, a imagem das lâminas poder ser vistas na Figura 67.

A única lâmina de conteúdo homogêneo é a do horizonte Ap, sendo as lâminas do Bt1, Bt2 e Bt3 são heterogêneas. A distribuição é aleatória, não referida e porfírica (variando entre porfírica concêntrica e porfírica fechada). No esqueleto foi observado grãos em tamanho de areia média no horizonte Ap, e média fina nos horizontes Bt1 e Bt2. Os minerais identificados foi basicamente quartzo, frequentemente picotado, fragmentado e cariado, sendo subarredondados e subsférico no horizonte Ap e nos demais subangular.

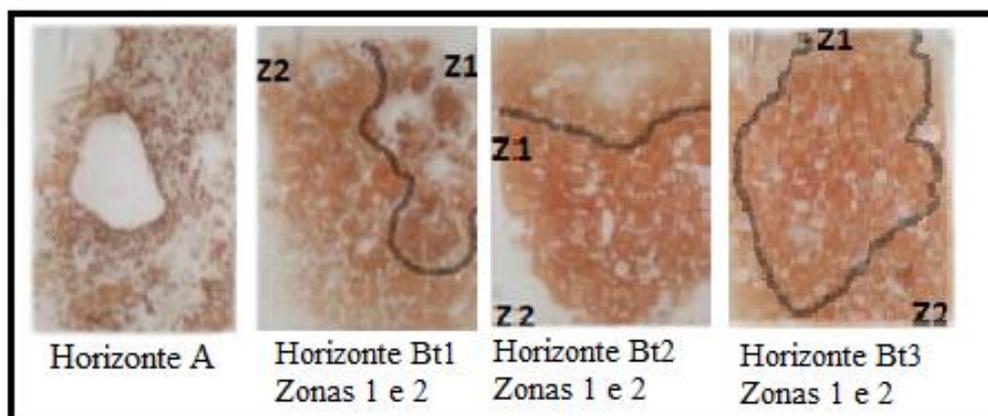
O plasma foi do tipo microcristalino, com colorações de bruno claro (horizonte Ap), bruno claro e amarelado avermelhado (horizonte Bt1, zona 1 e 2), amarelo brunado, bruno amarelado ou bruno forte (horizonte Bt2, zona 1 e 2), composto de argila, com matéria orgânica associada no horizonte Ap. Anisotropia foi encontrada no horizonte Ap, Bt1 (zona 1) e Bt3 (zonas 1 e 2).

Os agregados eram esferoidais no horizonte Ap e Bt1, moderadamente no Ap e bem desenvolvidos no Bt1, não acomodados, com poros cavitário e integrado, em tamanho de mesoporos (Ap) e macroporos e microporos no horizonte Bt1, sendo bio e pedo poros no Ap, e pedoporos no Bt1. No horizonte Bt1, zona 2; Bt2 e Bt3 os agregados eram em blocos subangulares, geralmente não acomodados, a porosidade no Ap era cavitária de porte mesoporos; no Bt1, zona 1 eram poros inter-agregados meso e macro poros. Na zona 2 os poros

eram de canais de porte mesoporos; no Bt2 eram poros em canais e caviários; no Bt3, zona 1, os poros eram cavitares e planares.

Os agregados nos horizontes Ap e na zona 1 do Bt1 eram esferoidais, de moderado a bem desenvolvidos. Nos horizontes Bt1 (zona 2), Bt2 e Bt3 os agregados passam para blocos subangulares, de fraco a bem desenvolvidos e não acomodados.

Figura 67 – Imagens das lâminas da trincheira 1.



Fonte: A autora, 2021.

Quadro 26 – Micromorfologia da trincheira 1, primeira parte.

Ponto 1 (7 e 8)								
Lâmina	Trincheira e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Orgânicos	Pedocaracteres e pedotúbulos
7	Trincheira 1 Horizonte Ap	Homogênea	Não orientada, referida ou relacionada. De distribuição aleatória e Porfírica	Areia média, composta principalmente por quartzo; idiomorfo, cariado e fragmentado; subarredondados e subangulados; subesférico e subalongado, bastante alterados.	Microcristalino de coloração Bruno Claro, composto por argila e matéria orgânica; Anisotropia não resolvível, de natureza manchada, Silassépico.	Agregados esferoidais, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros cavitários de porte meso, constituídos de bio e pedoporos.	Não identificáveis	Ausente
8 (Zona 1)	Trincheira 2 Horizonte Bt1 (Zona 1)	Heterogênea, Zona 1 e 2, do tipo nítida	Fracamente orientada, curvada e não relacionada. Distribuição concêntrica, fracamente paralela e Porfírica concêntrica.	Areia média e fina, possuindo quartzo e granada; idiomorfo, cariado e picotado, subangular à angular; subesférico possuindo alteração.	Microcristalino de coloração Bruno Claro, composto por argila; anisotropia fraca de natureza estriada, com parede de fenda e Insépico.	Agregados esferoidais, bem desenvolvidos e rugosos, não acomodados. Poros interagregados de porte macro e micro, constituídos de pedoporos.	Não identificáveis	Ausente
8 (Zona 2)	Horizonte Bt1 (Zona 2)	Heterogênea, Zona 1 e 2, do tipo nítida	Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica fechada.	Areia média e fina, composta por quartzo; idiomorfo, cariado e picotado; subangular à angular; subesférico possuindo alteração.	Microcristalino de coloração Amarelo Avermelhado à Bruno Escuro, composto por argila; isotrópica de orientação Silássépica.	Agregados em blocos, fracamente desenvolvidos e não acomodados. Poros de canais de porte meso, constituídos de pedoporos.	Não identificáveis	Ausente

Fonte: A autora, 2021.

Quadro 27 – Micromorfologia da trincheira 1, segunda parte.

Ponto 1 (9)								
Lâmina	Ponto e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Organicos	Pedocaracteres e pedotubulos
9 (Zona 1)	Horizonte Bt2 (Zona 1)	Heterogênea, Zona 1 e 2, do tipo difusa.	Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia média e fina, composta por quartzo; idiomorfo, cariado e picotado; subangular à angular; subsférico possuindo alteração.	Microcristalino de coloração Amarelo Brunado à Bruno, composto de argila; Isotrópica de orientação Silassépica.	Agregados em blocos, fracamente desenvolvidos e não acomodados. Poros cavitários e de canais, de porte macro e meso, constituídos por pedoporos.	Ausente	Ausente
9 (Zona 2)	Horizonte Bt2 (Zona 2)	Heterogênea, Zona 1 e 2, do tipo difusa.	Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia média e fina, composto por quartzo; idiomorfo cariado e fragmentado; subangular à angular; subalongado possuindo alteração.	Microcristalino de coloração Bruno Amarelado e Bruno Forte na luz polarizada, composta de argila isotrópica de orientação Silassépica.	Agregados em blocos subangulares, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros de canais e cavitários de porte meso e micro, constituídos por pedoporos.	Ausente	Ausente

Fonte: A autora, 2021.

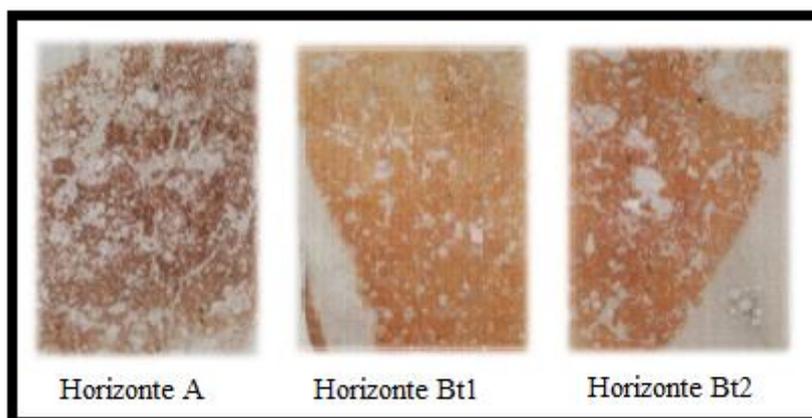
Quadro 28 – Micromorfologia da trincheira 1, terceira parte.

Ponto 1 (10)								
Lâmina	Ponto e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Organicos	Pedocaracteres e pedotubulos
10 (Zona 1)	Horizonte Bt3 (Zona 1)	Heterogênea, Zona 1 e 2, do tipo gradual.	Fracamente orientada, não referida e relativamente oblíqua. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia média e fina, possuindo quartzo, idiomorfo fragmentado e um pouco cariado, subangular à angular e subsférico, possuindo sinais de alteração externa e fratura interna.	Microcristalino de coloração vermelho amarelo, composta de argila anisotrópica não resolvível, estriada e manchada, de orientação Bissépica.	Agregados em blocos, fracamente desenvolvidos e não acomodados. Poros cavitários e planares de porte meso e macro, constituídos de pedoporos.	Ausente	Ausente
10 (Zona 2)	Horizonte Bt3 (Zona 2)	Heterogênea, Zona 1 e 2, do tipo gradual.	Não orientada, não referida e não relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia média e grande, possuindo quartzo, idiomorfo fragmentado e um pouco cariado, subangular e subalongado, possuindo sinais de alteração fragmentados.	Microcristalino de coloração vermelho mais amarelado e vermelho escuro; composta de argila anisotrópica não resolvível, de orientação Insépica.	Agregados em blocos, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros de canais e cavitários de porte meso, constituídos por pedoporos.	Ausente	Ausente

Fonte: A autora, 2021.

A trincheira 2 se localiza na trincheira aberta na posição de meia encosta da primeira topossequência, no primeiro segmento. Foram coletadas amostras de micromorfologia do horizonte Ap, Bt1 e Bt2. Todas as amostras estão descritas em detalhe no Quadro 29, a imagem das lâminas poder ser vistas na Figura 68.

Figura 68 – Imagens das lâminas da trincheira 2.



Fonte: A autora, 2021.

Em geral, as lâminas se apresentaram homogêneas, sem orientação, exceto o horizonte Bt2 que é fracamente orientado. A distribuição é aleatória, não referida e porfírica (transicionando para enaulica no horizonte Ap). No esqueleto foi observado grãos em tamanho de areia média no horizonte Ap, e média fina nos horizontes Bt1 e Bt2. Os minerais identificados foram o quartzo predominantemente e granada ferruginizada em menor quantidade, se apresentavam frequentemente picotado, fragmentado e cariado, sendo subarredondados e subsférico no horizonte Ap e nos demais subangular.

O plasma foi do tipo microcristalino, com colorações de bruno claro (horizonte Ap), bruno amarelado e bruno forte (horizonte Bt2), e bruno e bruno (horizonte Bt1), composto de argila, com matéria orgânica associada no horizonte Ap. Anisotropia foi encontrada nas três amostras, sendo a primeira anisotrópica não resolvível, de natureza estriada e silassépico (horizonte Ap), já no horizonte Bt1 a anisotropia é moderada e estriada, com orientação de parede de poro, vossépica, e no horizonte de maior profundidade Bt2 a anisotropia foi fraca e estriada, com orientação referida de parede de grão e esquelsépico.

Os agregados eram esferoidais, bem desenvolvidos e parcialmente acomodados, com poros de câmaras, em tamanho de macroporos do tipo pedoporos no horizonte Ap. No horizonte

Bt1 os agregados eram em blocos subangulares, moderadamente desenvolvidos, e não acomodados, a porosidade era em câmaras e do tipo planar, em tamanho de mesoporos do tipo pedoporos. Os agregados no horizonte Bt2 eram em blocos subangulares bem desenvolvidos e não acomodados, os poros eram em maioria planar, em tamanho de microporos e mesoporos do tipo pedoporos.

Nos horizontes Bt1 e Bt2 foram identificados pedocaracteres, no horizonte Bt1 foram identificados cutãs de poro, de forma em micropan, com textura de argila impura e orientação nítida, os cutãs eram complexos, com subcutãs presentes. No horizonte Bt2 foram identificados cutãs de tipo grãos livres, de capeamento, com textura de argila turba e orientação difusa, os cutãs eram do tipo simples.

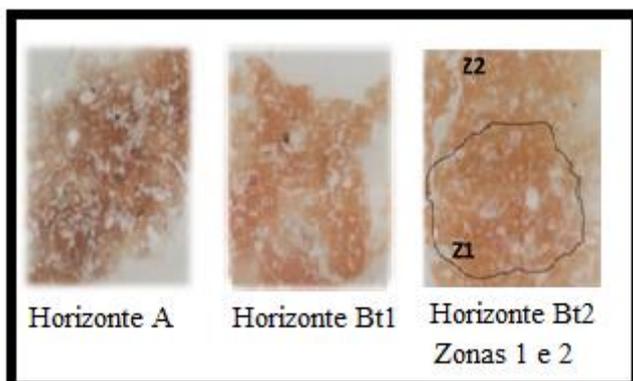
Quadro 29 - Micromorfologia da trincheira 2.

Trincheira 2 (11, 13, 12)								
Lâmina	Trincheira e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Orgânicos	Pedocaracteres e pedotubulos
11	Trincheira 2 - Horizonte Ap	Homogênea	Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica transicionando para Enaulica.	Areia média, possuindo quartzo, idiomorfo picotado, fragmentado e cariado, subarredondado e subsférico, possuindo bastante alteração.	Microcristalino de coloração Bruno Claro, composto por argila e matéria orgânica; Anisotropia não resolúvel, de natureza manchada, Silassépico.	Agregados esferoidais, bem desenvolvidos e parcialmente acomodados. Poros de câmaras de porte macro, constituídos por pedoporos.	Excremento	Ausente
13	Trincheira 2 - Horizonte Bt1	Homogênea	Não orientada, não referida e não relacionada. Distribuição aleatória, cutânica e Porfírica.	Areia média fina, possuindo quartzo e granada, idiomorfo fragmentado e cariado e subangular; subsférico de alteração moderada.	Microcristalino de coloração Bruno e Bruno Escuro, composta por argila anisotrópica moderada e estriada, com orientação referida de parede de poro e orientação relativa Vossépica	Agregados em blocos subangulares, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros de câmaras e planares de porte meso, constituídos por pedoporos.	Não identificáveis	Cutãs do tipo poros, de forma micropan, com textura argilosa impura e orientação nítida, composta por cutãs complexo, possuindo subcutãs. Não possui pedotubulos.
12	Trincheira 2 - Horizonte Bt2	Homogênea	Fracamente orientada, não referida e não relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia média fina, possuindo quartzo e granada, idiomorfo picotado, fragmentado e cariado, subangular à angular; subsférico e possuindo alteração.	Microcristalino de coloração Bruno amarelado e Bruno forte na luz polarizada, composta de argila anisotrópica fraca e estriada, com orientação referida de parede de grão e orientação relativa Esquelssépico.	Agregados em blocos, bem desenvolvidos e não acomodados. Poros planares de porte micro e meso, constituídos por pedoporos.	Ausente	Cutãs do tipo grãos livres, de forma capeada, com textura argilosa turva e orientação difusa, composta de cutãs simples. Não possui pedotubulos.

Fonte: A autora, 2021.

O ponto 4 fica no meio da topossequência 2, dentro do segmento 1, foram descritas 3 lâminas neste perfil. Foram coletadas amostras de micromorfologia do horizonte Ap, Bt1 e Bt2. Todas as amostras estão descritas em detalhe no Quadro 30, onde está a primeira parte da descrição aqui apresentada e Quadro 31 que descreve o restante das lâminas, a imagem das lâminas podem ser vistas na Figura 69.

Figura 69 – Imagens das lâminas da trincheira 4.



Fonte: A autora, 2021.

A lâmina do horizonte Ap apresentou uma conformação geral heterogênea, porém sem uma zona forte distinta, podendo presumir que o material deste horizonte se encontrava muito misturado, sem zonas específicas, não apresentava orientação, com distribuição aleatória, não referida, do tipo porfírica (transicionando para enaulica). O esqueleto era composto de areia média, principalmente quartzo e granada ferruginizada, e outros minerais de coloração escura não identificáveis, idiomorfo, cariado, picotado e fragmentado, sua forma era angular e subesférica, em avançado grau de alteração. O plasma é microcristalino de coloração bruno claro, composto por argila e matéria orgânica, isotrópica e asséptica. Agregados em formas esferoidais, moderadamente desenvolvidos e não acomodados, porosidade em maior parte em canais, ocorrendo ainda poros planares, de tamanho de mesoporos, constituídos por pedoporos. Constituintes orgânicos, provavelmente raízes presentes na lâmina.

No horizonte Bt1 a conformação geral também é heterogênea, porém com pouca distinção para haver separação da descrição, sendo não orientada, não referida e porfírica. Seu esqueleto apresentava areia de tamanho grande a média, composta por quartzo e granada, idiomorfo, fragmentado, cariado e picotado, em formas subangulares, subesférica, com avançada alteração. O plasma era microcristalino de coloração amarelada e pontos vermelho-amarelos, ficando de cor bruno e bruno forte sob luz polarizada, composto de argila, não

orientada, manchada silassépica. Os agregados eram em blocos subangulares, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. A porosidade era do tipo canais e planares, do porte de macroporos e constituídos por pedoporos.

O horizonte Bt2 apresenta duas zonas com transição difusa entre elas, a zona 1 é fracamente orientada, de referência cruzada e não relacionada. A distribuição é aleatória, não referida e porfírica. O esqueleto é em areia grande a média, composto de quartzo e granada, idiomorfo, cariado e fragmentado, em formato angular e subangular, subalongado em estado avançado de alteração. O plasma é microcristalino de coloração amarela e brunada em luz polarizada, a composição é de argila moderadamente anisotrópica, manchada e massépica. Os agregados são em blocos subangulares, moderadamente desenvolvida e não acomodada. Porosidade do tipo cavitária, e em canais de porte de mesoporos e macroporos, constituídos de pedoporos.

A zona 2 (horizonte Bt2) não apresenta orientação, referida ou relacionada, distribuição aleatória, não referida e porfírica. O esqueleto é composto de areia média e fina, de quartzo, granada e minerais escuros em avançado grau de alteração, idiomorfos, cariado e fragmentado, em formato subangular a angular e subalongado, em avançado grau de alteração. O plasma é microcristalino de colocação amarelo claro e bruno (luz polarizada), composto por argila anisotrópica, fraca, manchada, com orientação referida de parede de grão e orientação silassépica. Os agregados são subesferoidais, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Porosidade planar e em câmaras de porte mesoporos e microporos, constituído de pedoporos.

Quadro 30 - Micromorfologia do trincheira 4, primeira parte.

Trincheira 4 (14 e 15)								
Lâmina	Trincheira e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Orgânicos	Pedocaracteres e pedotubulos
14	Trincheira 4 - Horizonte Ap	Heterogênea, contudo, as zonas não se distinguem o bastante para uma descrição aprofundada de cada uma.	Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica transicionando para Enaulica.	Areia média, possuindo quartzo e minerais escurecidos não identificáveis, idiomorfo cariado, picotado e fragmentado, angular e subsférico com bastante alteração.	Microcristalino de coloração Bruno Claro para muito escuro, composta por argila e matéria orgânica isotrópica e Asséptica.	Agregados esferoidais, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros de canais e planares de porte meso, constituídos por pedoporos.	Presentes, sendo prováveis raízes.	Ausente
15	Trincheira 4 - Horizonte Bt1		Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia grande e média, possuindo quartzo e granada, idiomorfo fragmentado, cariado e picotado, subarredondado e subangular; subsférico com alteração para algum elemento com ferro.	Microcristalino de coloração Amarelo Brunado e Vermelho Amarelado, sendo Bruno e Bruno Forte na luz polarizada. Composta de argila não orientada, manchada e Silassépica.	Agregados em blocos subangulares, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros de canais e planares, de porte macro e meso, constituídos por pedoporos.	Ausente	Ausente

Fonte: O autor, 2021.

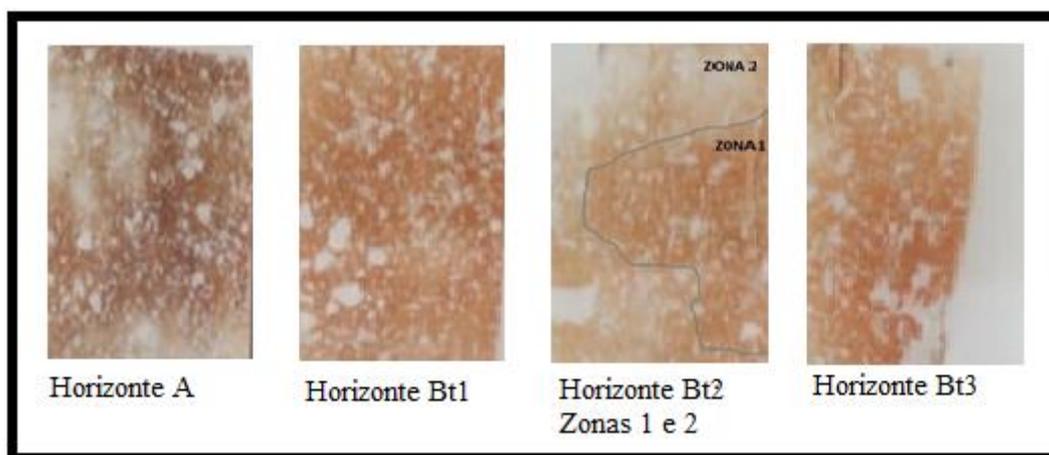
Quadro 30 - Micromorfologia da trincheira 4, segunda parte.

Trincheira 4 (16)								
Lâmina	Trincheira e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Orgânicos	Pedocaracteres e pedotubulos
16 (Zona 1)	Trincheira 4 - Horizonte Bt2 (Zona 1)	Heterogênea, Zona 1 e 2, do tipo difusa.	Fracamente orientada, de referência cruzada e não relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia grande e média, possuindo quartzo e granada, idiomorfo cariado e fragmentado, angular e subangular; Subalongados e bem alterados	Microcristalino de coloração Amarelo Brunado e Marrom Forte na luz polarizada. Composta de argila moderadamente anisotrópica, manchada e Massépica.	Agregados em blocos subangulares, moderadamente desenvolvida e não acomodada. Poros cavitários e canais de porte meso e macro, constituídos por pedoporos.	Ausente	Ausente
16 (Zona 2)	Trincheira 4 - Horizonte Bt2 (Zona 2)		Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia média e fina, possuindo quartzo, granada e minerais escuros alterados, idiomorfo cariado e fragmentado, subangular à angular; subalongados e bem alterados, mas do que a Zona 1.	Microcristalino de coloração Amarelo Claro e Bruno na luz polarizada. Composta de argila anisotrópica fraca, manchada, com orientação referida de parede de grão e orientação relativa Silassépica.	Agregados subesferoidais, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros planares e de câmaras de porte meso e micro, constituídos por pedoporos.	Ausente	Ausente

Fonte: A autora, 2021.

O ponto 5 se localiza no topo da topossequência 2, dividindo o segmento 1, para o segmento 2, foram descritas quatro lâminas dentro deste perfil. Foram coletadas amostras de micromorfologia do horizonte Ap, Bt1, Bt2 e Bt3. Todas as amostras estão descritas em detalhe no Quadro 32, onde está descrita a primeira parte da lâmina, já no Quadro 33 se encontra o restante da descrição, a imagem das lâminas podem ser vistas na Figura 70.

Figura 70 – Imagens das lâminas da trincheira 5.



Fonte: A autora, 2021.

O horizonte Ap apresenta uma estrutura geral heterogênea, porém com pouca distinção a ser observada em microscópio, não apresentava orientação, referida, com distribuição aleatória, não referida e porfírica. O esqueleto era composto de areia média a fina, possuindo quartzo, idiomorfo, fragmentado e cariado, subangular, subesférico e com alteração interna. O plasma era do tipo microcristalino, de coloração bruno forte e amarelo, composto de argila, não resolvível, manchada, com orientação referida de parede de grão, Silassépica. Os agregados eram esferoidais, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Porosidade do tipo cavitária e em canais, de porte de mesoporos e microporos, constituído de pedoporos.

O horizonte Bt1 apresentava uma leve heterogeneidade, porém sem distinção suficiente para uma descrição em separado. Não apresentava orientação, não referida e não relacionada, distribuição aleatória, não referida e porfírica. Esqueleto em areia grande a média, composta por quartzo e granada ferruginizada, além de minerais escuros não identificáveis, idiomorfo, cariado e fragmentado, em forma subangular e subalongado em mediano grau de alteração. O plasma é do tipo microcristalino, de coloração amarela brunada que se tornava

bruno escuro em luz polarizada, composto por argila não resolvível, manchada a estriada, com orientação referida de parede de grão e orientação relativa insépica. Os agregados eram em blocos subangulares, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros cavitários de porte de mesoporos e microporos, constituídos por pedoporos. Cutãs do tipo grãos englobados, de forma capeada, com textura argilosa turva e orientação difusa, compostos por cutãs complexos.

O horizonte Bt2 era heterogêneo, apresentando duas zonas com transição do tipo gradual. A zona 1 era do tipo não orientada, não referida, não relacionada, com distribuição aleatória, não referida e porfírica. O esqueleto era de tamanho dos grãos areia média a grande, composta por quartzo, idiomorfo, fragmentado e picotado, de forma angular e subalongado, com avançado grau de alteração. O plasma era microcristalino de coloração amarelada e brunada, assumindo a cor bruno escuro em luz polarizada, a composição identificada foi de argila, anisotrópica, não resolvível, manchada e estriada, com orientação referida de parede de grão, insépica. Os agregados eram em blocos, moderadamente desenvolvidos e não acomodados, com porosidade do tipo planar e cavitária, de porte de mesoporos constituídos por pedoporos.

A zona 2 do horizonte Bt2 não apresenta orientação, do tipo não referida e não relacionada, sua distribuição é do tipo aleatória, não referida e porfírica. O esqueleto é de areia média a fina, composto de quartzo, idiomorfo, fragmentado e cariado, em formas angulares, subsférica medianamente alterado. O plasma é microcristalino, de coloração amarelada, composto por argila, anisotrópica, não resolvível, estriada e silassépica. Os agregados eram em blocos, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Porosidade do tipo planar e cavitária, constituídos por pedoporos.

O horizonte Bt3 era de estrutura geral homogênea, não apresentando orientação, não referida e não relacionada, com distribuição aleatória, não referida e porfírica. Seu esqueleto apresentava areia média, predominantemente quartzo, idiomorfo, cariado e fragmentado, de formato subangular a angular e subsférico a subalongado, possuindo mediana alteração. Seu plasma era microcristalino de coloração amarelo brunado, composto por argila isotrópica e Silassépica. Os agregados eram em blocos subangulares, moderadamente desenvolvidos e não acomodados, a porosidade era em canais e do tipo planar de porte de mesoporos e microporos e gênese de pedoporos.

Quadro 32- Micromorfologia da trincheira 5, primeira parte.

Trincheira 5 (17 e 18)								
Lâmina	Ponto e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Orgânicos	Pedocaracteres e pedotubulos
17	Trincheira 5 - horizonte Ap	Heterogênea, contudo, as zonas não se distinguem o bastante para uma descrição aprofundada de cada uma.	Não orientada, não referida e não relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia média e fina, possuindo quartzo, idiomorfo fragmentado e cariado, subangular; subesférico e alteração interna.	Microcristalino de coloração Bruno Forte e Amarelo Brunado. Composta de argila não resolvível, manchada, com orientação referida de parede de grão e orientação relativa Silassépica.	Agregados Esferoidais, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros cavitários e de canais de porte meso e macro, constituídos por pedoporos.	Não identificáveis	Ausente
18	Trincheira 5 - horizonte Bt1	Heterogênea, contudo as zonas não se distinguem o bastante para uma descrição aprofundada de cada uma.	Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia grande e média, possuindo quartzo, granada ferruginizada e minerais escuros, idiomorfo cariado e fragmentado, Subangular; subalongado e alterado.	Microcristalino de coloração Amarelo Brunado e Bruno Escuro (luz polarizada). Composta por argila não resolvível, manchada e estriada, com orientação referida parede de grãos e orientação relativa Insépica.	Agregados em blocos, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros cavitários de porte meso e micro, constituídos por pedoporos.	Ausente	Cutãs do tipo grãos englobados, de forma capeada, com textura argilosa turva e orientação difusa, compostos por cutãs complexos.

Fonte: A autora, 2020.

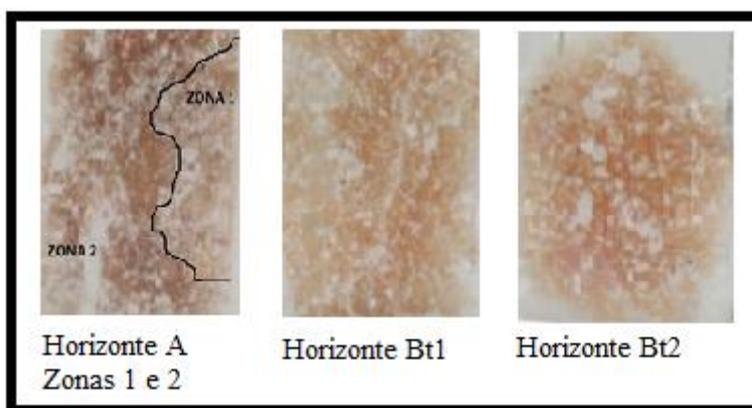
Quadro 33 - Micromorfologia da trincheira 5, segunda parte.

Trincheira 5 (20, 21 e 19)								
Lâmina	Ponto e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Orgânicos	Pedocaracteres e pedotubulos
20 (Zona 1)	Trincheira 5 - Horizonte Bt2 - zona 1	Heterogênea, Zona 1 e 2, do tipo gradual.	Não orientada, não referida não relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia média e grande, possuindo quartzo, idiomorfo fragmentado e picotado, angular e Subalongado; com avançado grau de alteração.	Microcristalino de coloração Amarelado e Marrom, sendo Marrom escuro na luz polarizada. Composta por argila anisotrópica não resolvível, manchada e estriada; orientação referida de parede de grão e Insépico.	Agregados em blocos, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros planares e cavitários de porte meso , constituídos por pedoporos.	Ausente	Ausente
20 (Zona 2)	Trincheira 5 - horizonte Bt2 - zona 2	Heterogênea, Zona 1 e 2, do tipo gradual.	Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia média e fina, possuindo quartzo, idiomorfo fragmentado e cariado, angular; subsférico e possui medianamente alterado.	Microcristalino de coloração amarelada, composta por argila anisotrópica não resolvível, estriada e Silassépica.	Agregados em blocos, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros planares e cavitários de porte meso , constituídos por pedoporos.	Ausente	Ausente
19	Trincheira 5 - horizonte Bt3	Homogênea	Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica.	Areia média, possuindo quartzo, Idiomorfo cariado fragmentado, Subangular à angular; Subesférico e subalongado, possuindo mediana alteração.	Microcristalino de coloração Amarelo Brunado. Composta de argila isotrópica e Silassépica.	Agregados em blocos subangulares, moderadamente desenvolvidos e não acomodados. Poros de canais e planares de porte meso e micro, constituídos por pedoporos.	Ausente	Ausente

Fonte: A autora, 2021.

O ponto 6 situa-se em posição de meia encosta na topossequência, no segmento 2, foram descritas três lâminas para este perfil de solo. Foram coletadas amostras de micromorfologia do horizonte Ap, Bt1, Bt2. Todas as amostras estão descritas em detalhe no Quadro 34 onde está descrita a primeira parte da lâmina e Quadro 35 onde se encontra o restante da lâmina, a imagem das lâminas podem ser vistas na Figura 71.

Figura 71 – Imagens das lâminas da trincheira 6.



Fonte: A autora, 2021.

O horizonte Ap foi descrito em duas zonas, a zona 1 é de natureza não orientada, não referida e não relacionada, a distribuição era do tipo aleatória. não referida e porfírica aberta. O esqueleto é em areia média e fina, composto de quartzo, idiomorfo, fragmentado e picotado, em forma subangular, subalongada e em alteração avançada. O plasma é microcristalino de coloração amarela brunada, composta por argila isotrópica e asséptica. Os agregados são em blocos subangulares e esferoidais, fracamente desenvolvido e não acomodados. A porosidade é cavitária e em canais, de tamanho de mesoporos, seleção moderada, pedoporos, ortoporos. A zona 2 é fracamente orientada, curvada, não relacionada, de distribuição parte concêntrica, parte aleatória, não referida, porfírica transicionando para enaulica. O esqueleto é em tamanho de areia grande a média, composto por quartzo, idiomorfo, fragmentado e picotado, em formato subangular e subsférico medianamente alterados. O plasma da zona 2 é microcristalino, de coloração brunada com composição de argila e compostos orgânicos, não resolvível, manchada, masséptica. Os agregados esferoidais, bem desenvolvidos, abundante e ondulados, de tamanho médio a pequeno e não acomodados. Porosidade interagregada e em canais, tamanho

mesoporos, de média seleção, de gênese pedoporos, do tipo ortoporos. Constituintes orgânicos arredondados e escuros.

A lâmina do horizonte Bt1 é homogênea, moderadamente orientada, não referida, perpendicular e curvada, com distribuição aleatória, não referida a subcutânica, porfírica transicionando para enaulica. O esqueleto era de areia grande a média, formada por quartzo, idiomorfo, fragmentado e cariado, em forma subangular e subsférica, com mediana alteração. Plasma microcristalino, de cor brunada a brunada forte, composição de argila com anisotropia moderada, manchada e estriada, em parede de poro e de grão, vossépica. Os agregados são em blocos subangulares, bem desenvolvidos, abundantes, de tamanho médio a pequeno, não acomodado. Porosidade cavitária e planar, em tamanho de mesoporos a macroporos, moderadamente selecionado, pedoporos, ortoporos. Cutãs de poros, crescente, de argila impura, orientação nítida, acamado composto, complexo, de natureza ferriargilãs, de iluviação.

A lâmina descrita para o horizonte Bt2 era homogênea, moderadamente orientada, curvada, distribuição aleatória, subcutânica, porfírica transicionando para enaulica. O esqueleto era formado por quartzo e granada, ferruginizada, em tamanho de areia média, idiomorfo, cariado e picotado, em forma subangular a angular, subsférico a subalongado em alteração avançada. O plasma microcristalino, em duas cores que se mesclam em bruno claro e bruno escuro, composição de argila, com anisotropia moderada, estriada, parede de poro, massépica. Os agregados eram em blocos esferoidais, moderadamente a bem desenvolvido, levemente ondulado, de tamanho médio, abundante. Poros cavitários, macroporos, moderadamente selecionados, pedoporos, ortoporos. Presença de cutãs de poros, e de ligação, argila impura, orientação difusa a nítida, microlâminada, cutãs simples e argilãs.

Quadro 34 - Micromorfologia da trincheira 6, primeira parte.

Trincheira 6 (21)								
Lâmina	Trincheira e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Orgânicos	Pedocaracteres e pedotubulos
21	Trincheira 6 - Horizonte Ap - Zona 1	Heterogênea	Não orientada, referida e não relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica aberta.	Areia média e fina, possuindo quartzo, idiomorfo fragmentado e picotado, subangular; subalongado e alteração avançada.	Microcristalino de coloração Amarelo Brunado. Composta de argila isotrópica, asséptica.	Agregados em blocos e esferoidais, fracamente desenvolvida e não acomodados. Poros cavitários e de canais, de tamanho de mesoporos, seleção moderada, pedoporos, ortoporos.	Não identificáveis	Ausentes
21	Trincheira 6 - Horizonte Ap - Zona 2		Fracamente orientada, curvada, não relacionada. Distribuição concêntrica e aleatória, não referida e porfírica para enaulica	Areia grande e areia média, quartzo, idiomorfo, fragmentado e picotado, subangular, subsférico com alterações.	Microcristalino, de coloração brunada com composição de argila e composto orgânico. Não resolvível, manchada, mossépico	Agregados esferoidais, bem desenvolvida. Abundante ondulados, médios a pequenos e não acomodados. Poros interagregados e de canais, de tamanho de mesoporos, seleção moderada, pedoporos, ortoporos.	Compostos arredondados escuros	Ausentes

Fonte: A autora, 2021.

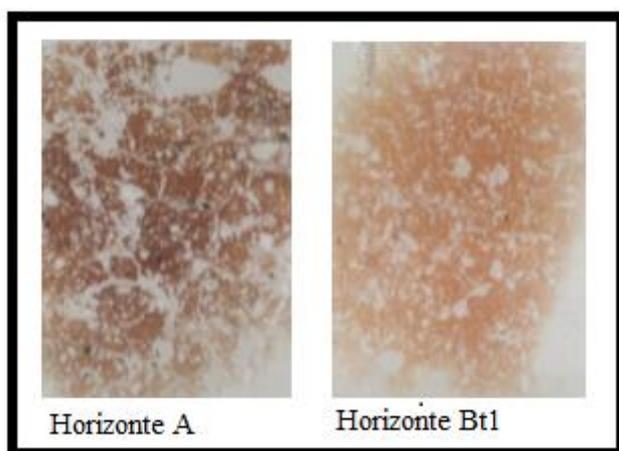
Quadro 35 - Micromorfologia da trincheira 6, segunda parte.

Trincheira 6 (22, 23)								
Lâmina	Trincheira e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Orgânicos	Pedocaracteres e pedotubulos
22	Trincheira 6 - Horizonte B1	Homogênea	Moderadamente orientada, não referida, perpendicular e curvada, com distribuição aleatória, não referida a subcutânica, porfírica para enaulica	Areia média, formada por quartzo, idiomorfo, fragmentado e cariado, subangular, subsférico com alteração.	Microcristalino, de cor brunada a bruno forte, composição de argila com anisotropia moderada, manchada e estriada, parede de poro e de grão vossépica.	Agregados em blocos subangulares, bem desenvolvidos, abundantes de tamanho médio a pequeno, não acomodado. Porosidade cavitária e planar, mesoporos a macroporos, de moderada seleção, pedoporos, ortoporos.	Ausentes	Cutãs de poros, crescente, de argila impura, orientação nítida, acamado composto, complexos, de natureza ferriargilãs iluviação.
23	Trincheira 6 - Horizonte B2		Moderadamente orientada, curvada, distribuição aleatória, subcutânica, porfírica transicionando para enaulica	Quartzo e granada (ferruginizada, em tamanho de areia média, idiomorfo, cariado e picotado, subangular a angular, subsférico a subalongado de alteração avançada.	Microcristalino, de duas cores mescladas bruno claro e escuro, composição de argila, anisotropia moderada, estriada, parede de poro, massépica	Agregados em Blocos e esferoidais, moderadamente a bem desenvolvido, levemente ondulado, de tamanho médio e abundante. Poros cavitários, macroporos, moderadamente selecionado, pedoporos, ortoporos	Ausentes	Cutãs de poros, ligação, argila impura, orientação difusa a nítida, microlaminado, cutãs simples, argilãs.

Fonte: A autora, 2021.

O ponto 8 se localiza na meia encosta da trincheira 4, no segmento 2, onde foram descritas duas lâminas. Foram coletadas amostras de micromorfologia do horizonte A, Bt1, Bt2. Todas as amostras estão descritas em detalhe no Quadro 36, a imagem das lâminas podem ser vistas na Figura 72.

Figura 72 – Imagens das lâminas da trincheira 8.



Fonte: A autora, 2021.

A lâmina descrita no horizonte AP apresentava uma leve heterogeneidade, porém não suficiente para distinção em zonas. Apresenta fraca orientação, não referida e relacionada, com distribuição concêntrica, não referida e enáulica. O esqueleto composto por areia média de quartzo, idiomorfo, fragmentado e picotado, em forma subangular e subalongada, em avançado estado de alteração. O plasma era do tipo microcristalino de coloração amarelada e bruno forte, composição de argila, isotrópica, não orientada e não referida. Os agregados esferoidais e em blocos subangulares, bem desenvolvidos a moderadamente desenvolvidos, poros interagregados e em canais, de tamanho mesoporos e microporos, moderada seleção, gênese de pedoporos, ortoporos. Constituintes orgânicos em formas arredondadas escuras não identificáveis.

A lâmina correspondente ao horizonte Bt1, se apresentava homogênea, não orientada, não referida, não relacionada; de distribuição aleatória, não referida e porfírica. O esqueleto é em areia grossa e areia média, ainda em menor quantidade areia fina, composto por quartzo e granada, idiomorfo, picotado fragmentado e cariado, em formato subangular, subesférico e subalongado, com mediana alteração. Plasma microcristalino de coloração vermelho-amarelo

e bruno escuro quando em luz polarizada. A composição do plasma é em argila, não resolvível, manchada, argilassépico. Os agregados eram esferoidais e em blocos subangulares, moderadamente desenvolvida, ondulada, de tamanhos variados, moderadamente desenvolvidos, ondulados e em tamanhos variados, moderadamente abundantes. Porosidade em canais e do tipo planar, tamanho de microporos e mesoporos, mal selecionados, gênese de pedoporos, ortoporos.

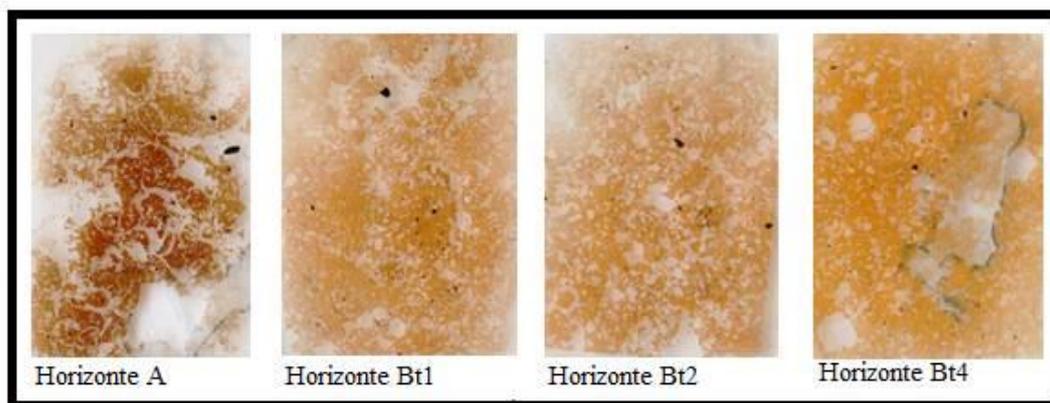
Quadro 36 - Micromorfologia da trincheira 8.

Trincheira 8 (24,25)								
Lâmina	Trincheira e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Orgânicos	Pedocaracteres e pedotubulos
24	Trincheira 8 - Horizonte Ap	Heterogênea, contudo as zonas não se distinguem o bastante para uma descrição aprofundada de cada uma.	Fracamente orientada, não referida e não relacionada. Distribuição concêntrica, não referida, enáulica	Areia média, constituída de quartzo, idiomorfo, fragmentado e picotado, subangular e subalongado, em avançado estado de alteração	Microcristalino de coloração amarelada e bruno forte, composição de argila, isotrópica, não orientada, não referida	Agregados esferoidais e em blocos subangulares, bem desenvolvidos a moderadamente desenvolvidos. Poros interagregados e em canais, mesoporos e microporos de moderada seleção, pedoporos, ortoporos	Formas arredondadas escuras não identificáveis.	Ausente
25	Trincheira 8 - Horizonte Bt1	Homogênea	não orientada, não referida, não relacionada. Distribuição aleatória, não referida e porfírica.	Areia grossa a areia média e fina, quartzo e granada, idiomorfo, picotado, fragmentado e cariado, subangular, subsférico e subalongado, com alteração	Microcristalino de coloração vermelho-amarelada e bruno escuro quando em luz polarizada. Composição de argila, não resolvível, manchada, argilassépico	Agregados, esferoidais e em blocos, moderadamente desenvolvida, ondulada de tamanhos variados, moderadamente abundantes. Porosidade em canais e planares, de tamanho microporos e mesoporos, seleção muito ruim, pedoporos, ortoporos.	Ausente	Ausente

Fonte: A autora, 2021.

A trincheira 9 está localizada em posição de topo de encosta, no segmento 2, quarta topossequência. Foram coletadas amostras de micromorfologia do horizonte Ap, Bt1, Bt2 e Bt4. Todas as amostras estão descritas em detalhe no Quadro 37 onde se observa a primeira parte da lâmina e sua descrição e Quadro 38 onde se encontram as informações da lâmina, a imagem das lâminas poder ser vistas na Figura 73.

Figura 73 – Imagens das lâminas da trincheira 9.



Fonte: A autora, 2021.

A lâmina do horizonte Ap apresenta leve heterogeneidade, porém não suficiente para uma descrição em zonas diferentes. Não apresenta orientação, não referida e não relacionada, a distribuição é aleatória, não referida e porfírica, transição para enáulica. O esqueleto é de areia média a fina, com quartzo e minerais escuros não identificados, idiomorfo, cariado, picotado e fragmentados, em formato subangular e subesférico, medianamente alterado. O plasma é microcristalino, de coloração bruno claro e bruno escuro, composto por argila e compostos orgânicos. Os agregados são esferoidais, moderadamente desenvolvidos e não acomodados, muito abundantes e pouco rugosos. Poros do tipo planar, em canais e cavitários, de tamanho de mesoporos e macroporos, pedoporos. Contendo sinais de carvão ao longo da lâmina.

A lâmina do horizonte Bt1 se apresenta homogênea, sem orientação, sendo a distribuição do tipo aleatória, não referida e porfírica. O esqueleto é composto de areia grossa a média, sendo uma menor parte de areia fina, se identificou a presença do mineral granada, idiomorfo, picotado, fragmentado e cariado, de formato subangular, subesférico e subanlongado com alterações.

O plasma é do tipo microcristalino, com coloração brunada, composto de argila. Agregados em blocos subangulares, fracamente desenvolvidos e não acomodados, de tamanho grande a médio, moderadamente abundante. Poros planares e em canais, de porte mesoporos e macroporos, constituídos por pedoporos, ortoporos. Sinais de presença de carvão, pedocaracteres e pedotubulos não avaliados.

A lâmina referente ao horizonte Bt2 apresenta uma amostra homogênea, não orientada, não referida e não relacionada. A distribuição dos componentes é de natureza aleatória, não referida, porfírica fechada. O esqueleto é composto de areia média, minerais do tipo quartzo e granada já alterada, idiomorfo, fragmentado e picotado, em formato subangular, subalongado e subsférico. O plasma é microcristalino de coloração bruno a bruno claro, composta por argila. Os agregados em blocos subangulares, moderadamente desenvolvidos e não acomodados, poros do tipo planares e canais de porte mesoporos e microporos, do tipo pedoporos e ortoporos, com presença de carvão .

A lâmina, referente ao horizonte Bt4, tem apresentação homogênea, não orientada, referida ou relacionada; distribuição aleatória, não referida e não relacionada. Distribuição do tipo aleatória, não referida, do tipo porfírica fechada.

O esqueleto é composto por areia média a grossa, com quartzo idiomorfo e fragmentado, picotado e cariado, de formato subangular a angular, subsférico moderadamente alterado.

O plasma é do tipo microcristalino de coloração brunada, composto de argila. Os agregados são em blocos subangulares, fracamente desenvolvido e não acomodado. Poros planares, em canais e cavitários, de porte mesoporos e macroporos, constituídos por pedoporos e ortoporos, sinais de carvão. Não sendo avaliados pedotubulos e pedocaracteres.

Quadro 37 - Micromorfologia da trincheira 9, primeira parte.

Trincheira 9 (26, 27)								
Lâmina	Trincheira e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Orgânicos	Pedocaracteres e pedotubulos
26	Trincheira 9 - Horizonte Ap (avaliado via lupa com luz branca)	heterogênea, somente na coloração (sem descrição).	Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica transicionando para Enaulica.	Areia média e fina, possuindo quartzo e minerais escurecidos não identificáveis, idiomorfo cariado, picotado e fragmentado, subangular e subesférico com mediana alteração.	Microcristalino de coloração bruno claro e bruno escuro, composta por argila e matéria orgânica.	Agregados esferoidais, moderadamente desenvolvidos e não acomodados, muito abundantes e pouco rugoso. Poros de planares canais e alguns cavitários, de porte mesoporos e macroporos, constituídos por pedoporos.	Sinais de carvão	não avaliado
27	Trincheira 9 - Horizonte Bt1 (avaliado via lupa com luz branca)	homogênea	Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica fechada.	Areia média, possuindo quartzo e granada ferruginizada, idiomorfo fragmentado, fragmentado e picotado, angular e subalongado com alteração mediana.	Microcristalino de coloração brunada. Composta de argila.	Agregados em blocos subangulares, fracamente desenvolvidos e não acomodados, de tamanho grande a médio, moderadamente abundante. Poros planares e em canais, de porte mesoporos e macroporos, constituídos por pedoporos, ortoporos.	Sinais de carvão	não avaliado

Fonte: A autora, 2021.

Quadro 38 - Micromorfologia da trincheira , segunda parte.

Trincheira 9 (parte 2)								
Lâmina	Trincheira e Horizonte	Estrutura geral	Orientação e Distribuição	Esqueleto	Plasma	Microestrutura, pedalidade e porosidade	Constituintes Orgânicos	Pedocaracteres e pedotubulos
28	Trincheira 9 - Horizonte Bt2 (avaliado via lupa com luz branca)	homogênea	Não orientada, não referida e não relacionada. Distribuição aleatória, não referida e porfírica fechada.	Areia média, possuindo quartzo e granada alterada, idiomorfo fragmentado e picotado, subangular; subalongados e subesféricos e mediamente alterados	Microcristalino de coloração bruno a bruno claro. Composta de argila.	Agregados em blocos subangulares, moderadamente desenvolvida e não acomodada. Poros planares e canais de porte mesoporos e microporos, constituídos por pedoporos, ortoporos.	Sinais de carvão	não avaliado
29	Trincheira 9 - Horizonte Bt4 (avaliado via lupa com luz branca)		Não orientada, referida ou relacionada. Distribuição aleatória, não referida e Porfírica fechada.	Areia média e grossa, possuindo quartzo, idiomorfo fragmentado, picotado e cariado, subangular à angular; subesférico moderadamente alterados.	Microcristalino de coloração brunada. Composta de argila.	Agregados em blocos subangulares, fracamente desenvolvidos e não acomodados. Poros planares canais e cavitário de porte mesoporo e macroporo, constituídos por pedoporos, ortoporos.	Sinais de carvão	não avaliado

Fonte: O autor, 2021.

## 6.6 Mapa de Solos

Neste subcapítulo foi descrito o mapeamento de solos da fazenda Dom Bosco, bem como sua legenda completa, e, características principais de cada unidade de mapeamento. No subcapítulo seguinte se encontram os dados utilizados para a validação e verificação da acuidade do mapeamento, com os pontos de validação e campos adicionais pós-mapeamento.

### 6.6.1 Apresentação e descrição do mapa de solos da fazenda Dom Bosco.

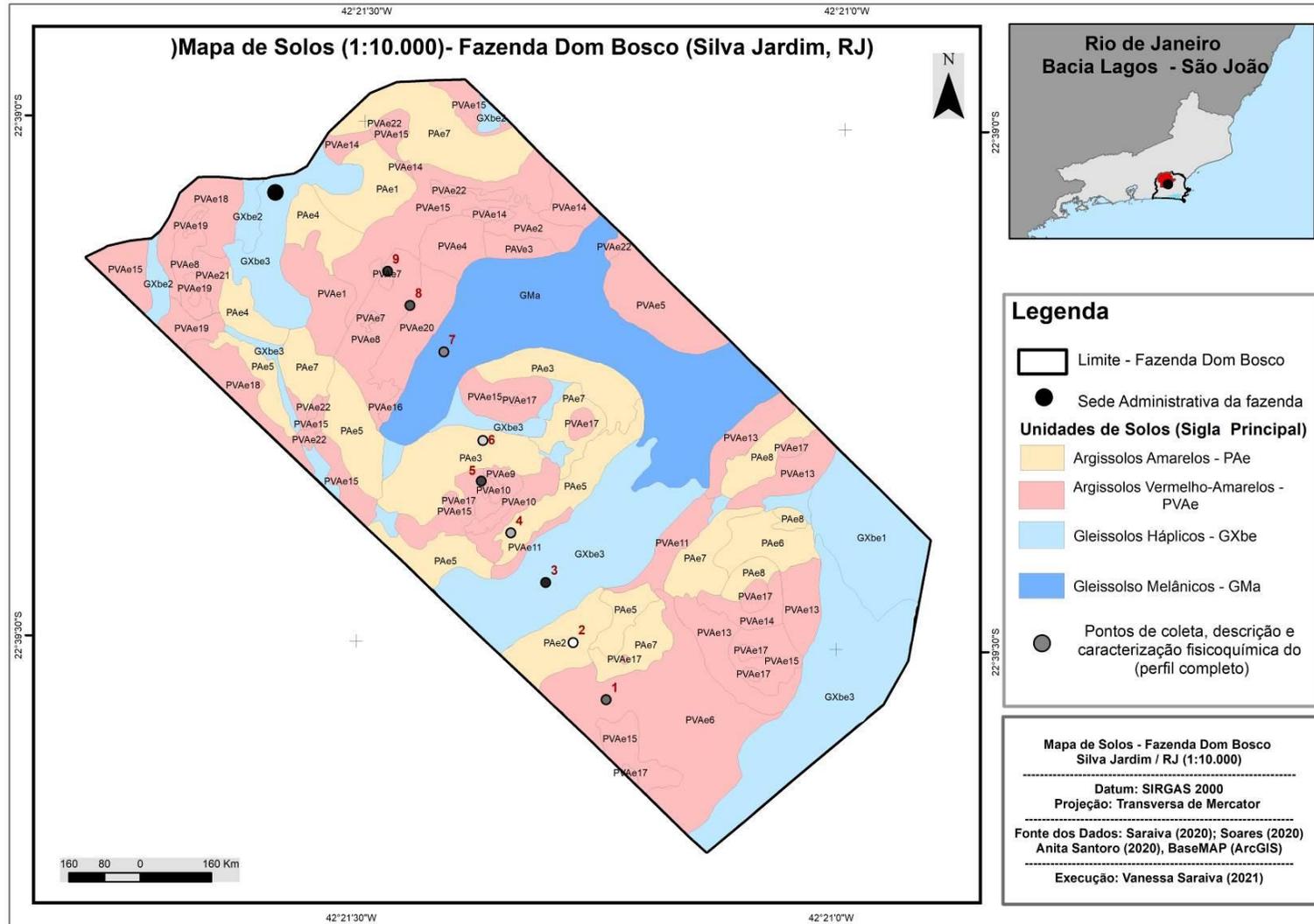
O mapa de solos é uma importante ferramenta de alto potencial para o planejamento de qualquer uso pretendido a ser implementado em determinada área. Torná-lo simples e objetivo, dentro dos padrões de formatação se fez necessário, para que assim, possa haver intercâmbio entre as diferentes plataformas com dados de mapeamento dos solos no Brasil. Desta maneira, foi feito um esforço em manter a forma e apresentação da EMBRAPA na descrição deste mapeamento, bem como se buscou oferecer uma visão detalhada dos solos na fazenda Dom Bosco.

No nível de detalhamento gerado no mapeamento foi possível evidenciar a distribuição e alterações nos tipos de solos dos solos dentro da fazenda, como também as variações em percentuais de cada solo em uma mesma unidade de mapeamento. Este detalhamento também foi evidenciado pela própria variação das unidades de mapeamento, sendo possível observar características de relevo, drenagem ou outra característica do solo analisado.

Assim, o Mapa de Solos foi realizado na escala de 1:10.000, se encontra apresentado na Figura 74. Nas cores rosadas, estão mapeadas as áreas de Argissolo Vermelho-Amarelo; as áreas em amarelo pálido, estão identificadas as áreas de Argissolos Amarelos; em azul claro, estão mapeadas as áreas de Gleissolo Háptico; e em azul forte, as áreas de Gleissolo Melânico.

No total, o mapeamento resultou na apresentação de 52 unidades de mapeamento, sendo preponderantes as unidades do tipo Argissolo Vermelho-amarelo (unidades do PVAe1 ao PVAe22), Argissolo Amarelo (unidades PAe1 ao PAe8), Gleissolo Melânico (unidades GMa) e Gleissolo Háptico (unidades desde a GXbe1 ao GXbe3).

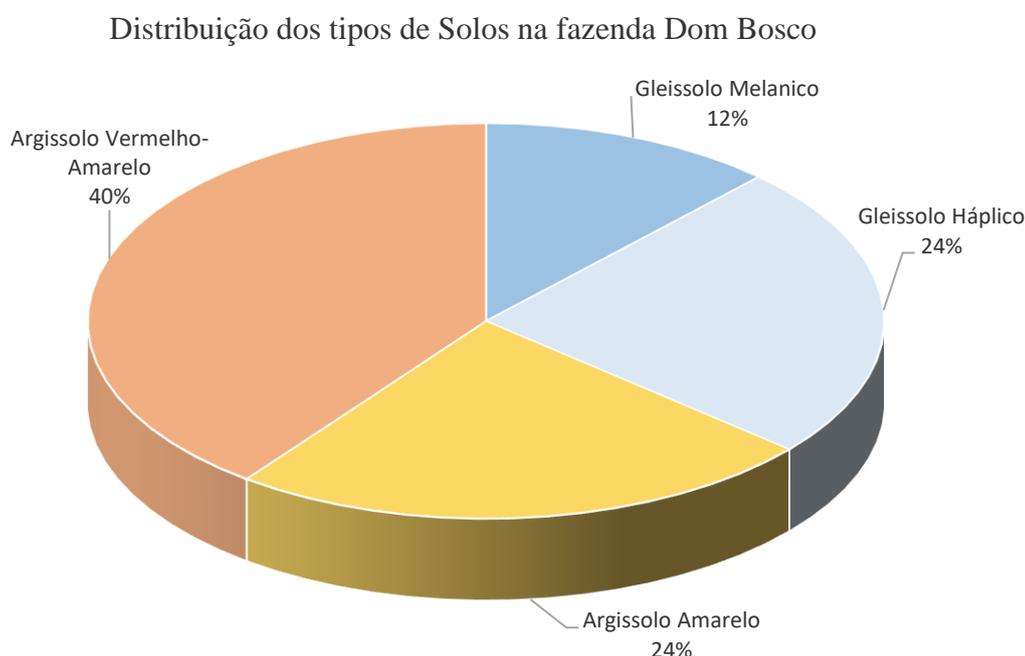
Figura 74 – Mapa de Solos da Fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

As unidades de Argissolos Vermelho-Amarelos (PVAe – Quadro 40 e 41) somam 22 unidades de mapeamento, distribuídas de acordo com o tipo de solo e seu relevo (apresentadas em detalhe nos Quadros 39 e 40). Estas unidades foram as de maior predominância (Figura 75), de 40%, (cerca de 383.561 m<sup>2</sup>), indo desde o PVAe1 ao PVAe22. Os solos identificados foram: Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico abrupto latossólico mesoeutrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico, Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico abrupto latossólico mesoeutrófico manejado, ocorrendo também em menor proporção em associações, os Planossolos Hápticos Tb eutróficos mesoeutrófico, como segundo solo nas unidades PVAe10 e PVA12, ocorrendo como inclusão na unidade PVAe13. Ocorreram nas porções de topo e média encosta, nas colinas de declividade de 8 a 45%, em posição de meia vertente na maioria das vezes, apesar de também dominarem os topos e base das vertentes. Observando a orientação das vertentes se nota que foi identificado em PVAe diferentes orientações, excetuando as vertentes a norte e nordeste onde predominam outros tipos e colorações de Argissolos.

Figura 75 – Gráfico de distribuição dos solos na fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

As unidades de Argissolos Amarelos (PAe – Quadro 40 e 41) somam 24% (231.554 m<sup>2</sup>) dos solos mapeados, em suas unidades estão identificados os solos do tipo Argissolos Amarelos eutróficos mesoeutróficos manejados, sendo encontrado na unidade PAe4

associações com os Planossolos Háplicos Tb eutróficos mesoeutróficos. Ocorreram nas porções de meia vertente principalmente, em declividade que variaram entre 3% até 45%, cabe destacar o papel da orientação da vertente na ocorrência destes solos, pois, em maior parte ocorreram em vertentes voltadas para o norte e nordeste, evidenciando a importância deste padrão de orientação na sua ocorrência. Estando associado também a exposição solar mais alta neste tipo de solo.

As unidades de Gleissolos Melânicos (GMa – Quadro 42) representam cerca de 12% (115.899 m<sup>2</sup>) dos solos mapeados onde ocorre apenas o Gleissolo Melânico Ta eutrófico em diferentes declividades preponderantes. Estes tipos de solo ocorreram na planície de número 2, segmento 2 onde a altitude varia de 5 a 10 metros.

As unidades de Gleissolos Háplicos (GXbe – Quadro 43) representam 24 % (233.778 m<sup>2</sup>) dos solos mapeados, onde ocorrem os solos do tipo Gleissolos Háplico Ta eutrófico típico, e as associações com os Planossolos Háplicos Tb eutróficos mesoeutróficos. Estes tipos de solos se concentraram na planície 1 que rebaixada (até 4 metros) quando comparada a planície de número 2 e passa mais tempo do ano sob ação direta da inundação de todo seu vale, fato observado nos campos ao longo dos anos de 2016, até 2021. A seguir estão dispostas as legendas do mapeamento realizado, dividindo em quadros.

Quadro 39 – Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco – Argissolos Vermelho-Amarelos (parte 1) (continua).

<b>Sigla</b>	<b>Tipo de Solo Principal</b>	<b>Tipo de Solo 1</b>	<b>Tipo de Solo 2</b>	<b>Inclusão</b>	<b>(%) Solo 1</b>	<b>(%) Solo 2</b>
PVAe1	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico abruptico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe2	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe3	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico abruptico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe4	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico abruptico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe5	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe6	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe7	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe8	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico abruptico latossólico mesoeutrófico	-	-	100	-
PVAe9	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico abruptico latossólico mesoeutrófico	-	-	100	-
PVAe10	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	Planossolo Háptico Tb eutrófico	-	60	40

<b>Sigla</b>	<b>Tipo de Solo Principal</b>	<b>Tipo de Solo 1</b>	<b>Tipo de Solo 2</b>	<b>Inclusão</b>	<b>(%) Solo 1</b>	<b>(%) Solo 2</b>
PVAe11	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	Planossolo Háptico Tb eutrófico mesoeutrófico	-	70	30
PVAe13	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	-	Planossolo Háptico Tb eutrófico mesoeutrófico	60	-
PVAe14	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe15	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe16	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abruptico latossolo mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe17	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Amarelo Tb eutrófico típico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe18	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico	-	-	100	-
PVAe19	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe20	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe21	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-
PVAe22	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo Tb eutrófico latossólico mesoeutrófico manejado	-	-	100	-

Fonte: A autora, 2021.

Quadro 40 – Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco – Argissolos Vermelho-Amarelos (parte 2) (continua).

<b>Legenda de Mapa de Solos - Unidade dos Argissolos Vermelho-Amarelos - Parte 2</b>							
<b>Sigla</b>	<b>Declividade - Solo1</b>	<b>Declividade - Solo2</b>	<b>Classe de Relevo</b>	<b>Forma da Vertente</b>	<b>Uso Principal</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
PVAe1	20-45	-	Suave colinoso (meio da vertente)	Côncavo	Campino arbustivo e área construída	0,01	14.796
PVAe2	8-20	-	Suave colinoso (meio e base da vertente)	Côncavo/Convexo	Silvicultura	0,01	6.896
PVAe3	20-45	-	Suave colinoso (base da vertente)	Convexo	Silvicultura	0,00	4.617
PVAe4	8-20	-	Suave colinosa (meio e base de vertente)	Côncavo/Convexo	Silvicultura	0,01	9.919
PVAe5	20-45	-	Suave Colinoso (meio e base da vertente)	Côncavo/Convexo	Arbustiva média densa	0,02	20.760
PVAe6	20-45	-	Suave Colinoso (meio da vertente)	Côncavo/Retilínea	Campino arbustiva	0,05	51.436
PVAe7	3-8	-	Suave Colinoso (topo)	Côncavo	Eucalipto	0,00	1.940
PVAe8	8-20	-	Suave colinoso (meio da vertente)	Côncavo/Retilínea	Eucalipto	0,03	25.424

<b>Sigla</b>	<b>Declividade - Solo1</b>	<b>Declividade - Solo2</b>	<b>Classe de Relevô</b>	<b>Forma da Vertente</b>	<b>Uso Principal</b>	<b>Área (km²)</b>	<b>Área (m²)</b>
PVAe9	3-8	-	Suave Colinoso (topo de vertente)	Côncavo	Arbustivo	0,00	4.116
PVAe10	20-45	-	Suave Colinoso (meio da vertente)	Convexo	Campina	0,01	8.072
PVAe11	20-45	3 8	Suave Colinoso (base da vertente)	Convexo	Campina e estradas	0,01	11.665
PVAe13	20-45	8 20	Suave Colinoso (base da vertente)	Côncavo	Campina	0,04	43.346
PVAe14	3-8	-	Suave Colinoso (meio da vertente)	Côncavo/Retilíneo	Campino Arbustivo	0,02	17.313
PVAe15	8-20	-	Suave Colinoso (Meio superior)	Côncavo//Retilínea	Campino arbustiva	0,09	89.870
PVAe16	8-20	-	Suave Colinoso (base da vertente)	Convexo	Lavoura e em preparo	0,00	1.054
PVAe17	0-3	-	Suave Colinoso (topo)	Côncavo	Campina	0,01	8.923
PVAe18	8-20	-	Suave Colinoso (topo e meio de vertente)	Côncavo/Convexo	Eucalipto	0,03	25.213
PVAe19	3-8	-	Suave colinoso (topo)	Côncavo	Eucalipto	0,01	7.165
PVAe20	20-45	-	Suave Colinoso (meio de vertente)	Côncavo/Convexo	Silvicultura	0,01	14.372

<b>Sigla</b>	<b>Declividade - Solo1</b>	<b>Declividade - Solo2</b>	<b>Classe de Relevô</b>	<b>Forma da Vertente</b>	<b>Uso Principal</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
PVAe21	20-45	-	Suave Colinoso (meio e base da vertente)	Côncavo/Retilíneo	Silvicultura	0,00	3.796
PVAe22	0-3	-	Suave Colinoso (topo)	Côncavo	Campino arbustiva	0,01	5.776

Fonte: A autora, 2021.

Figura 76 – Fotos de exemplos em áreas de Argissolo Vermelho-Amarelo.

Argissolos Vermelho-Amarelos



(a) Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAe6), com vista para (PAe2) – ano de 2018.  
Foto de Antonio Soares.



(b) Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA18) – ano de 2020  
Foto de Vanessa Saraiva



(c) Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA18) – ano de 2020  
Foto de Vanessa Saraiva

Quadro 41 – Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco – Argissolos Amarelos (parte1).

<b>Legenda de Mapa de Solos - Unidade dos Argissolos Amarelos - Parte 1</b>					
<b>Solo Principal</b>	<b>Sigla</b>	<b>Tipo de Solo 1</b>	<b>Tipo de Solo 2</b>	<b>(%) Solo 1</b>	<b>(%) Solo 2</b>
Argissolo Amarelo	PAe1	Argissolo Amarelo eutrófico Tb típico mesoeutrófico manejado	-	100	-
Argissolo Amarelo	PAe2	Argissolo Amarelo Tb eutrófico típico mesoeutrófico manejado	-	100	-
Argissolo Amarelo	PAe3	Argissolo Amarelo Tb eutrófico abruptico mesoeutrófico ultramanejado	-	100	-
Argissolo Amarelo	PAe4	Argissolo Amarelo Tb eutrófico abruptico mesoeutrófico manejado	Planossolo Háptico Tb eutrófico mesoeutrófico manejado	80	20
Argissolo Amarelo	PAe5	Argissolo Amarelo Tb eutrófico típico mesoeutrófico manejado	-	100	-
Argissolo Amarelo	PAe6	Argissolo Amarelo Tb eutrófico mesoeutrófico manejado	-	100	-
Argissolo Amarelo	PAe7	Argissolo Amarelo Tb eutrófico típico mesoeutrófico manejado	-	100	-
Argissolo Amarelo	PAe8	Argissolo Amarelo Tb eutrófico típico mesoeutrófico manejado	-	100	-

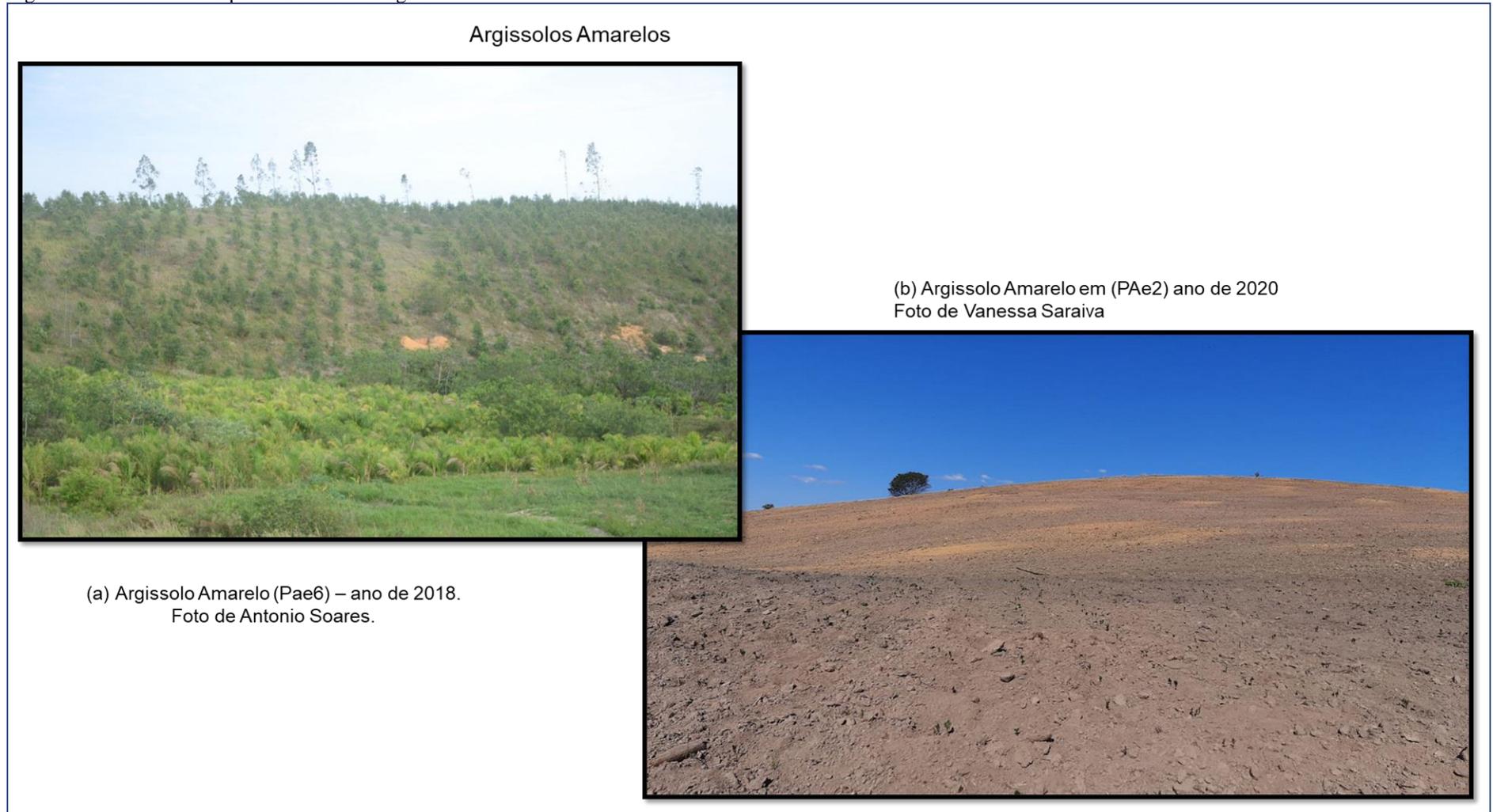
Fonte: A autora, 2021.

Quadro 42 – Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco – Argissolos Amarelos (parte2).

Legenda de Mapa de Solos - Unidade dos Gleissolos - Parte 2							
Sigla	Declividade - Solo1	Declividade - Solo2	Classe de Relevô	Forma da Vertente	Uso Principal	Área (km <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )
PAe1	8-20	-	Suave colinoso (meio e base da vertente)	Côncavo/Convexo	Campina	0,014	14.383
PAe2	8-20	-	Suave Colinosa (base)	Retilínea/Convexo	Campo e Milho	0,016	15.956
PAe3	3-8	-	Suave Colinoso (meio e base da vertente)	Retilíneo	Lavoura - em preparo	0,044	43.737
PAe4	3-8	3 8	Suave Colinoso (meio e base da vertente)	Côncavo/Convexo	Silvicultura	0,018	17.781
PAe5	20-45	-	Suave Colinoso (meio e base)	Retilínea/Convexa	Campina / Lavoura	0,056	55.614
PAe6	20-45	-	Suave Colinoso (meio e base)	Retilíneo	Campino arbustiva	0,013	12.597
PAe7	8-20	-	Suave Colinoso (meio e base da vertente)	Retilínea	Campino arbustiva	0,068	67.672
PAe8	3-8	-	Suave Colinoso (base de vertente)	Côncavo/Retilíneo	Campino arbustiva	0,016	15.526

Fonte: A autora, 2021.

Figura 77 - Fotos de exemplos em áreas de Argissolos.



Fonte: A autora, 2021.

Quadro 43 – Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco Gleissolos (parte1).

<b>Legenda de Mapa de Solos - Unidade dos Gleissolos - Parte 1</b>					
<b>Solo Principal</b>	<b>Sigla</b>	<b>Tipo de Solo 1</b>	<b>Tipo de Solo 1</b>	<b>(%) Solo 1</b>	<b>(%) Solo 2</b>
Gleissolo Melânico	GMa	Gleissolo Melânico Ta eutrófico	-	100	-
Gleissolo Háptico	GXbe1	Gleissolo Háptico Ta eutrófico típico	-	100	-
	GXbe2	Gleissolo Háptico Ta eutrófico típico	Planossolo Háptico Tb eutrófico mesoeutrófico	100	45
	GXbe3	Gleissolo Háptico Ta eutrófico típico	-	100	-

Fonte: A autora, 2021.

Quadro 44 – Legenda do mapa de solos da fazenda Dom Bosco - Gleissolos (parte2).

<b>Legenda de Mapa de Solos - Unidade dos Gleissolos - Parte 2</b>							
<b>Sigla</b>	<b>Declividade - Solo1</b>	<b>Declividade - Solo 2</b>	<b>Classe de Relevo</b>	<b>Forma da Vertente</b>	<b>Uso Principal</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
GMa	3 8	-	Planície	Retilínea/Concava	Campina / Arbustiva	0,12	115.899
GXbe1	3 8	-	Planície	Retilínea	Vegetação alagadiça	0,04	36.220
GXbe2	0 3	0 3	Planície	Convexa	Campina / Arbustiva	0,01	10.280
GXbe3	3 -8	-	Planície	Retilínea	Campina / Arbustiva	0,19	187.276

Fonte: A autora, 2021

Figura 78 - Fotos de exemplos em áreas de Gleissolos.

Gleissolo Planície 1 – Unidade GXbe3



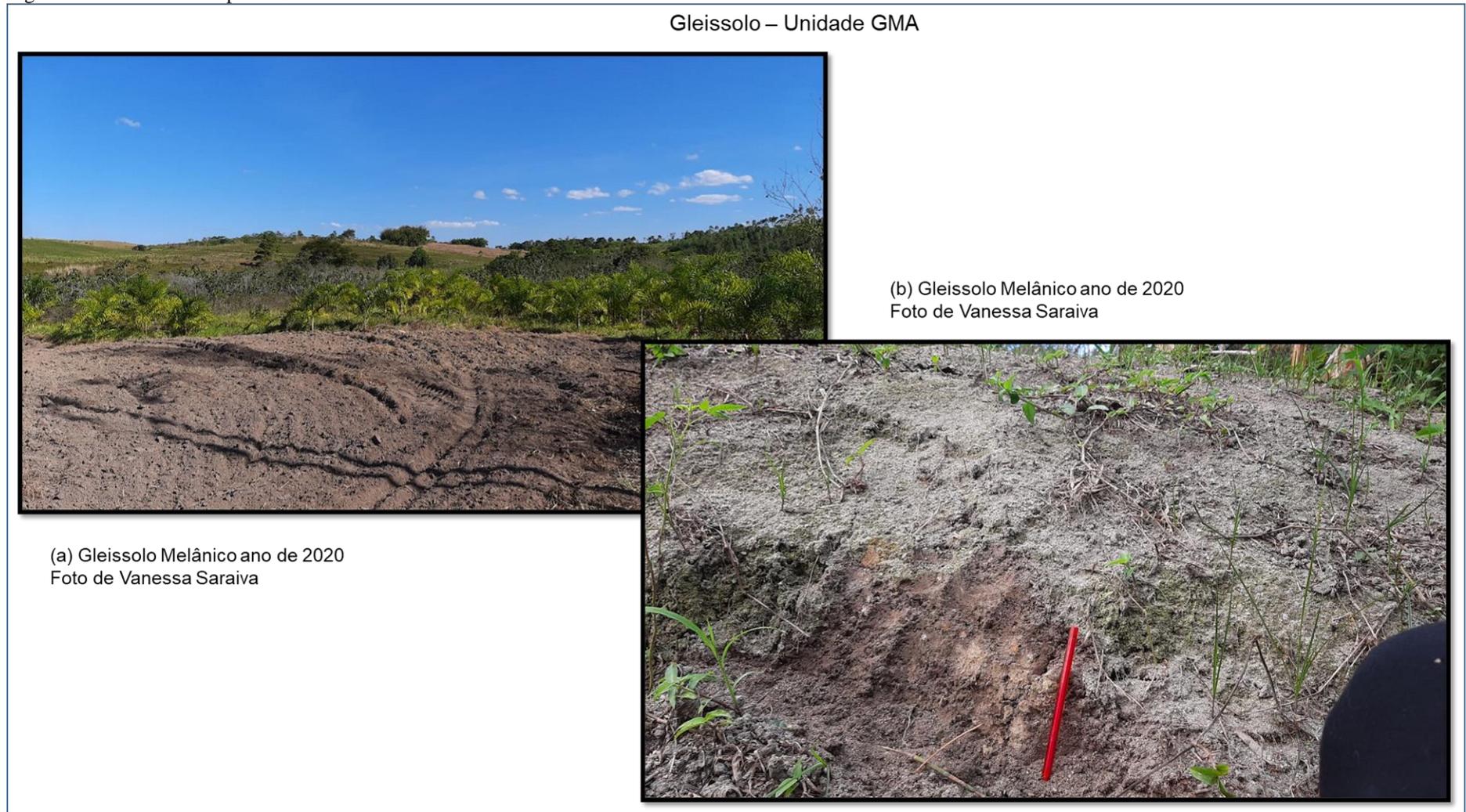
(a) Gleissolo Háptico –ano de 2016.  
Foto de Antonio Soares.



(b) Gleissolo Háptico –ano de 2020.  
Foto de Vanessa Saraiva.

Fonte: A autora, 2021.

Figura 79 - Fotos de exemplos em áreas de Gleissolos Melânicos.



Fonte: A autora, 2021.

### 6.6.2 Acuidade e validação do mapa de solos

O mapa de solos da fazenda Dom Bosco na escala de 1:10.000 após ser elaborado, passou pelo processo de refinamento e validação, realizados através de trabalho de campo ao longo de 2020, com ênfase em um trabalho específico de validação do mapeamento, ocorrido em 4 dias do mês de outubro do ano de 2020, respeitando a cautela necessária para sua realização, seguindo assim todos os protocolos de saúde. disponíveis em [www.coronavirus.saude.gov.br](http://www.coronavirus.saude.gov.br), utilizando veículos e alimentações próprias, dormitórios particulares, manutenção da distância entre pessoas, bem como materiais de proteção individuais.

Na Figura 80, pode ser visualizada a localização de cada ponto (realizado de forma aleatória, de acordo com o acesso apenas), onde foram analisados os dados de cor, estrutura e regime hídrico dos solos, sendo coletados, em pequenas porções quando necessário, e classificados. Esses dados após tabelados são comparados com os dados do mapa de solos já realizado. Assim, foram ao todo analisados 39 pontos, onde foram numeradas as fotos para caso de necessidade de revisão, junto as outras alterações. No Quadro 45 se encontra a tabela que pode ser relacionada aos pontos do mapa de validação.

Dessa forma, 15 destes pontos observaram a classificação do uso identificasdo via imagem e o uso em campo, obtendo total de 10 acertos, pois algumas áreas já estavam sendo preparadas para outros usos, dado a distancia do tempo entre mapeamento e validação. Para os tipos de solos foram verificados 31 pontos, com total de 29 pontos validados em campo, um ótimo índice para o mapeamento.

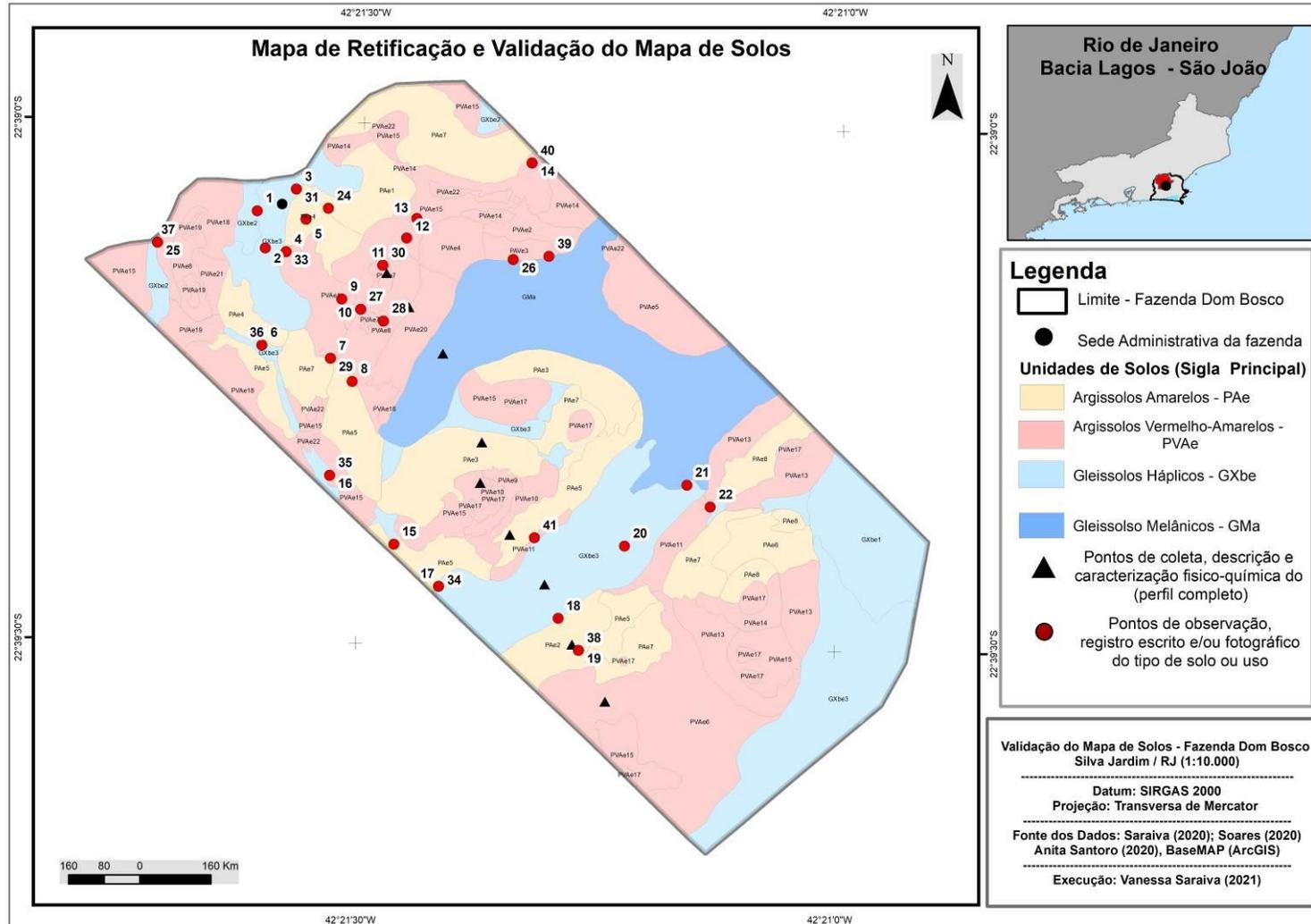
Quadro 45 – Pontos de observação extra versus o observado no mapeamento (Continua).

Pontos de Observação	Tipo de Observação	Solo Observado em Campo	Solo Mapeado na Unidade de	Tipo de Uso do Mapeamento (fev. de 2020)	Uso Atual /out de 2020
1	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Gleissolo Háptico	Gleissolo Háptico	-	-
2	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	-	-	Campino arbustiva	Campino arbustiva
3	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia + foto 5	-	-	Silvicultura	Silvicultura
4	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo	-	-
5	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo	-	-
6	Caderneta de campo + foto 44	Argissolo Amarelo	Argissolo Amarelo	Campino arbustiva	Campino arbustiva
7	Caderneta de campo + foto 32-2	Argissolo Amarelo	Argissolo Amarelo	-	-
8	Caderneta de campo + foto 34 / foto 34 -2	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo	Campo / Arbustiva	Arbustiva
9	Caderneta de campo + foto 40	Gleissolo Háptico	Gleissolo Háptico	-	-
10	Caderneta de campo + foto 39	Gleissolo Háptico	Argissolo Amarelo	-	-
11	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Gleissolo Háptico	Gleissolo Háptico	-	-
12	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Gleissolo Háptico	Gleissolo Háptico	-	-
13	Caderneta de campo + foto 41	Argissolo Amarelo	Argissolo Vermelho Amarelo	-	-
14	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Planossolo Háptico	Argissolo Vermelho-Amarelo	-	-
15	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Argissolo Amarelo	Argissolo Amarelo	Campina	Silvicultura
16	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Gleissolo Háptico	Gleissolo Háptico	-	-
17	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Argissolo Amarelo	Argissolo Vermelho Amarelo	-	-
18	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo	-	-
19	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo	-	-
20	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo	-	-

Pontos de Observação	Tipo de Observação	Solo Observado em Campo	Solo Mapeado na Unidade de	Tipo de Uso do Mapeamento (fev. de 2020)	Uso Atual /out de 2020
21	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia + Foto 21	Argissolo Amarelo	Argissolo Amarelo	-	-
22	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo	-	-
23	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Gleissolo Háptico	Gleissolo Háptico	Campino arbustiva	Campino/ Palmital
24	Caderneta de campo + foto 27	-	-	Campino arbustiva	Campino arbustiva
25	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Argissolo Vermelho--Amarelo	Argissolo Vermelho--Amarelo	-	-
26	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Gleissolo Háptico	Gleissolo Háptico	-	-
27	Caderneta de campo + foto 36	Gleissolo Háptico	Gleissolo Háptico	-	-
28	Caderneta de campo + foto 37	-	-	Campino arbustivo	Silvicultura
29	Caderneta de campo + foto 38	Gleissolo Háptico	Gleissolo Háptico	Campino Arbustiva	Campino arbustiva
30	Caderneta de campo + foto 41	Argissolo Amarelo	Argissolo Amarelo	-	-
31	Caderneta de campo + foto 45	Gleissolo Melânico	Gleissolo Melânico	Campino arbustiva	Campino arbustiva
32	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	-	-	Campina	Preparação de Lavoura
33	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	-	-	Campina com registro queimada	Campino arbustiva
34	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo	-	-
35	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	-	-	Silvicultura	Silvicultura
36	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Gleissolo Háptico	Gleissolo Háptico	Campino Arbustiva	Área em preparo
37	Caderneta de campo + foto 11	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo	-	-
38	Caderneta de campo/ amostra extra de morfologia	Argissolo Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo	-	-
39	Caderneta de campo + foto 21, foto 17	-	-	Arbustivo	Arbustivo

Fonte: A autora, 2021.

Figura 80 – Distribuição dos pontos de validação do Mapa de Solos da Fazenda 2000.



Fonte: A autora, 2021.

## 6.7 Mapa de Unidades produtivas

A construção de unidades produtivas levou em consideração a particularidade de cada porção da área da fazenda Dom Bosco, sendo considerados aspectos de declividade, altitude média, orientação das vertentes e exposição solar, relevo e curvatura da vertente, além da unidade de solo elaborada no mapeamento de solos anteriormente apresentado. Esta compartimentação também respeitou os critérios de interesse do produtor e dos trabalhadores locais, além da importante participação do corpo técnico da EMATER-RIO. Foram realizadas, reuniões de devolutiva do resultado aqui descrito, pautada no diálogo com os gestores da área e seus interesses.

Este tópico foi dividido em dois subtópicos: um de caracterização das unidades produtivas e outro subtópico voltado às indicações agrícolas, bem como as medidas de manejo para as unidades produtivas.

### 6.7.1 Apresentação e caracterização das unidades produtivas

Foram identificadas e individualizadas um total de sete unidades produtivas, que são as glebas com as quais os produtores lidam no seu planejamento anual de culturas. A sugestão foi descartar as glebas anteriormente utilizadas (apresentadas anteriormente), pelas atuais unidades produtivas propostas, para isto, ocorreram diversos debates, tanto com os proprietários, como com os trabalhadores (para buscar uma nomenclatura de fácil acesso), por fim recorrendo ao apoio técnico da EMATER-Rio (Figura 81) a fim de evitar lacunas nas unidades produtivas quanto a sua viabilização. Na Figura 83 e 84, Quadro 46 foram apresentados os resultados das análises realizadas.

Figura 81 – Reunião final de definição das unidades produtivas.



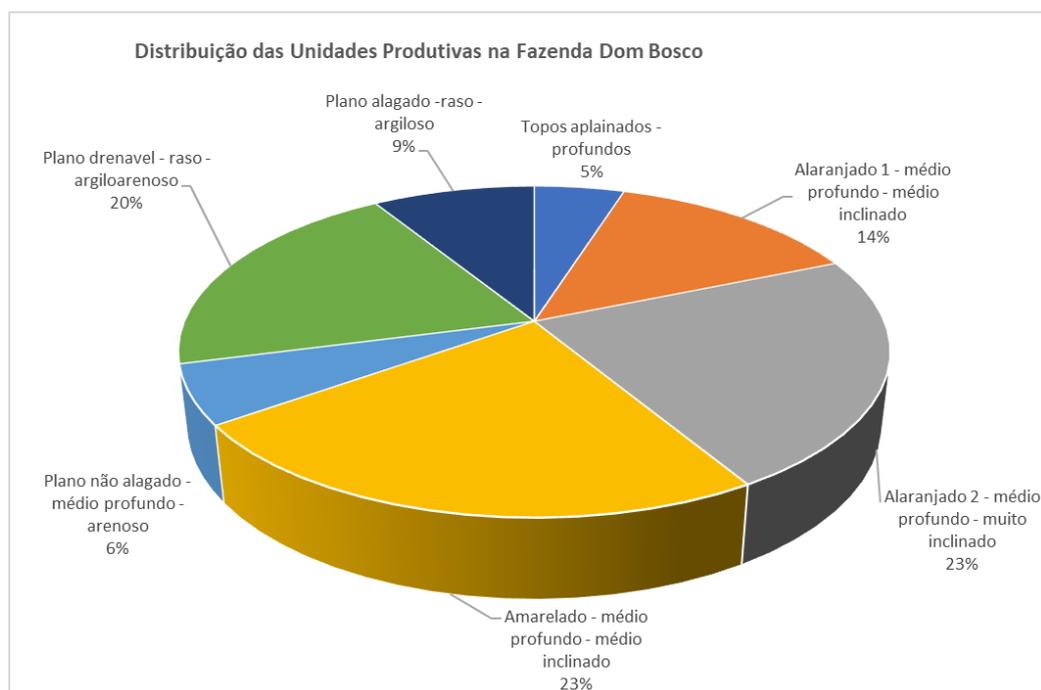
Fonte: A autora, 2021.

As unidades produtivas podem ser observadas espacialmente na figura 84 com o Mapa de Unidades Produtiva da Fazenda Dom Bosco:

- a) Topos aplainados - profundos;
- b) Alaranjado 1 – médio profundo, médio inclinado;
- c) Alaranjado 2 – médio profundo, muito inclinado;
- d) Amarelado – médio profundo, médio inclinado
- e) Plano não alagado – médio profundo, arenoso;
- f) Plano drenável – raso- argiloarenoso
- g) Plano alagado – raso - argiloso

Todas as unidades são apresentadas nos Quadros 46, detalhando sua correlação com cada elemento considerado em sua individualização. Sua distribuição na fazenda se encontra em termos de percentuais no gráfico contido na Figura 82.

Figura 82 – Gráfico de distribuição das Unidades produtivas.



Fonte: A autora, 2021.

As unidades “Alaranjada 1” e “Alaranjada 2” somam um total de 37 por cento da fazenda, são divididas pela sua declividade, respectivamente, de 8% a 20% na primeira unidade, e 20% a 45% na segunda, o que confere uma particularidade quanto a forma de tratar o solo de cada um desses compartimentos, tem como principal solo o Argissolo Vermelho-Amarelo e suas características detalhadas se encontram no Quadro 47.

A segunda maior unidade de solo diferenciado, é a unidade “Amarelado – médio profundo, médio inclinado”. Esta unidade configura um dos maiores desafios da fazenda, pois apresenta constantemente sinais de degradação. Estes sinais são manchas amareladas, que depois de analisadas foram identificadas como sendo o horizonte B exposto devido a intensa erosão do horizonte superficial. A Figura 83 mostra um exemplo desta área após revolvida para receber os cultivos evidenciando, em vermelho, as manchas amareladas. Nestas áreas não se conseguiu obter um plantio e crescimentos de diferentes espécimes vegetais já experimentados, no período de seis anos observados pelo estudo. Esta unidade também apresenta um alto índice de exposição solar devendo sempre ser tratada de forma diferenciada no plantio e produção.

Figura 83 – Área de Argissolos Amarelos – fazenda Dom Bosco (ano de 2020).



Legenda: Áreas destacadas em vermelho demonstram as zonas amareladas ao longo da vertente.  
Fonte: A autora, 2020.

As unidades de terreno aplainado (“Plano Drenável” e “Plano alagado”) representam outro desafio típico da paisagem suave colinosa deste domínio geomorfológico, costumam ser sujeitas a alagamento, ou mesmo influenciadas pela umidade gerando doenças em plantios, por exemplo. Assim, a unidade “Plano drenável – raso- argiloarenoso” corresponde a 20 por cento da área da fazenda, e muitas limitações por ser tratar de Gleissolo muito influenciado pela dinâmica fluvial e da represa de Juturnaíba, mesmo que seja drenável e passe períodos regressão do lençol, é necessária uma escala apropriada, organização e um estudo químico mais detalhado na área foi sugerido pela EMATER-RIO.

A unidade “Plano não alagado – médio profundo – arenoso” correspondeu a seis por cento da área, nesta unidade ocorrem tanto Gleissolos como Planossolos (identificados em campo). Uma unidade de baixa declividade e um horizonte superficial arenoso.

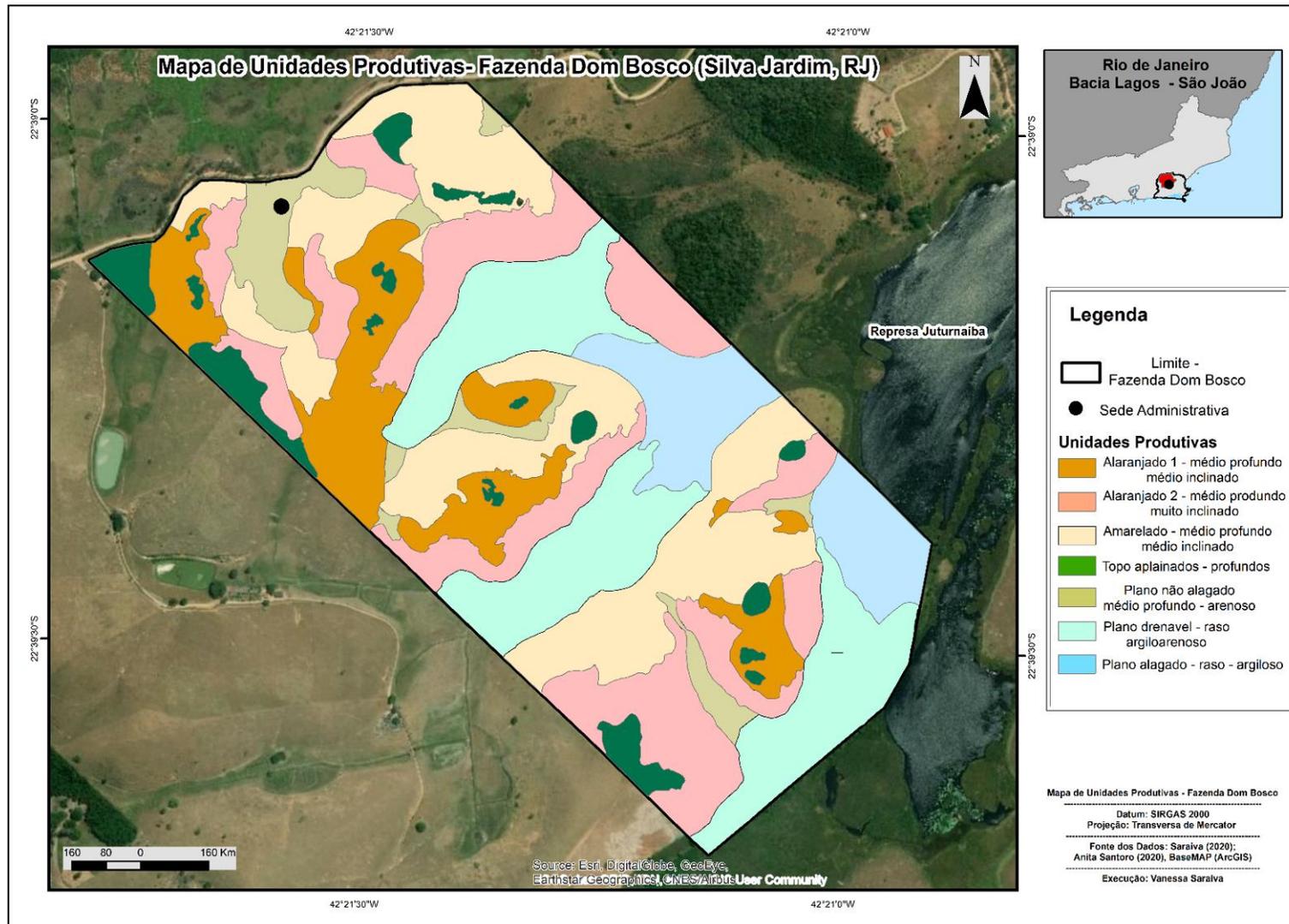
A unidade dos “Topos Aplainados – profundos”, corresponderam a 5% da área da fazenda, apresentando as maiores altitudes médias das unidades, pouca declividade, porém forte exposição solar, são unidades chaves quando se pensa em manutenção da qualidade ambiental, ainda que apresentem potencial agrônômico, devem ser utilizadas sobretudo para reflorestamento pois são responsáveis pelos divisores locais de água.

Quadro 46– Principais características levantadas para cada unidade produtiva.

Unidades produtivas	Solo principal	Declividade Predominante	Altitude média	Orientação da vertente principal	Exposição Solar	Exposição a lençol freático	Características de relevo e curvatura principal	Uso principal atual	Área (m²)
Topos aplainados - profundos	Argissolo Vermelho-Amarelo	0-3	55 a 65	Leste / Nordeste	Muito Forte	Não	Topo das colinas / Concava	Campos e Lavoura (70%) / Arbustivo (20%) / Silvicultura (10%)	47.255
Alaranjado 1 - médio profundo - médio inclinado	Argissolo Vermelho-Amarelo	8-20	20 a 40	Sul / Sudoeste / Sudeste	Moderada / Forte	Não	Meio da Vertente / Côncavo Convexo	Campos lavoura (60%) / Silvicultura (30%) / Arbustiva (10%)	133.681
Alaranjado 2 - médio profundo - muito inclinado	Argissolo Vermelho-Amarelo	20-45	10 a 50	Sul / Sudoeste / Nordeste	Moderada	Não	Base da vertente / Retilíneo; Côncavo	Campos e lavoura (50%) / Silvicultura (30%) / Arbustiva (20%)	220.321
Amarelado - médio profundo - médio inclinado	Argissolo Amarelo	8-20	10 a 40	Norte / Nordeste	Muito Forte	Não	Meio e Base da Vertente / Convexo, retilíneo	Campos e lavoura (80%) / Arbustivo (20%)	229.731
Plano não alagado - médio profundo - arenoso	Planossolo/ Gleissolo	3-8	15 a 20	Leste / Sudeste /	Muito Forte	Moderado	Planícies concavas	Campos e lavoura (70%) / Construções (20%) / Arbustiva (10%)	56.099
Plano drenável - raso - argiloarenoso	Gleissolo Melânico/ Gleissolo Háptico	0-3 / 3-8	5 a 10	Norte / Nordeste / Leste	Forte / Muito Forte	Sim (drenável)	Plano/ Retilíneo	Campos e lavoura (100%)	196.694
Plano alagado - raso - argiloso	Gleissolo melânico / Gleissolo Háptico	0-3	5 a 15	Sudoeste	Muito Forte	Sim (Superficial)	Plano/ Retilíneo	Vegetação alagadiça (100%)	85.166

Fonte: A autora, 2021.

Figura 84 – Mapa de Unidade produtiva da fazenda Dom Bosco.



Fonte: A autora, 2021.

### 6.7.2 Produção agrícola e manejo das unidades produtivas orgânicas

O Quadro 46 apresenta as indicações produtivas, conforme as limitações do ambiente e seus solos na fazenda Dom Bosco, não se pretendendo com isso limitar o escopo produtivo, somente agregar plantios que tenham interesse econômico, compatibilidade com o ambiente e prioridade de espécimes da Mata Atlântica original local.

Desta forma resume o esforço com a cooperação do corpo técnico da EMATER-RIO e apoio e revisão com a equipe técnica do programa denominado RedesFito (FIOCRUZ/RJ). Cabe destacar que tais indicações podem ser consideradas compatíveis com uma grande parte do domínio suave colinoso, onde se apresentam sequências de solos do tipo Argissolos no topo e meio de vertente e solos hidromórficos nos vales.

Primeiramente existem indicações gerais de cuidado com o solo e plantio que remetem à evolução geomorfológica antiga das Superfícies de Aplainamento (DANTAS, 2001) e seus solos amplamente intemperizados. São solos em geral mais empobrecidos quimicamente que apresentam histórico de retirada da mata original, plantio e posterior abandono em pastagens sem manejo, apresentando degradação em diferentes estágios. Assim, foram consideradas medidas gerais a serem adotadas:

- a) Correção química básica: a calagem se destaca como a primeira correção química a ser realizada, impedindo a liberação de alumínio no solo, gerando intoxicação das plantas. Assim foi recomendado pela EMATER-RIO uma calagem anual.
- b) O uso de arado de 20 centímetros de profundidade: este tipo de aração possibilita a menor mistura entre horizontes A e B, onde os solos possuem menor espessura dos horizontes superficiais, como no caso dos Argissolos que dominam toda a porção suave colinosa situadas principalmente nas Baixadas Litorâneas.
- c) A adubação com pó de rocha: é uma solução de longo prazo que garante disponibilidade de fósforo e potássio, e pode ser utilizada com um baixo custo, além de não adicionar ao ambiente nenhuma química nociva a correção dos solos.
- d) Respeito às características naturais de relevo, hidrografia e solos: a fazenda Dom Bosco trata especificamente de produção orgânica, desta forma existe,

série de normativas a serem seguidas, tanto no trato de seu solo, como no controle de pragas, porém o interesse do produtor é, em geral, um interesse de manutenção da biodiversidade e geração de impacto mínimo nos solos.

- e) Defensivos e fortificantes: em geral associações locais de Silva Jardim costumam realizar oficinas de trocas de informações sobre controles naturais de pragas em suas produções, sendo indicada a utilização de bokashi (composto orgânico de enriquecimento e fortificação dos solos) e “sufocalda” (defensivo agrícola, Figura 85), ambos disponíveis em tutoriais explicativos no site da EMBRAPA ([www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)).
- f) Reflorestamento: além destas medidas foi colocada a possibilidade de se aumentar o número de plantio de frutíferas fixas ao longo da fazenda, trazendo uma estabilidade aos solos, ao mesmo tempo em que se pode aproveitar economicamente dos frutos.

Figura 85 – Oficina de sufocalda sob orientação da EMATER-RIO.



Fonte: Dom Bosco, 2019.

No Quadro 47 estão dispostas as unidades de mapeamento, as indicações produtivas e manejos elaborados. A unidade de “topos aplainados” é composta basicamente por Argissolos Vermelho-Amarelos, de alta suscetibilidade a erosão, foi recomendado como indicação produtiva o reflorestamento e a silvicultura, sendo estas plantadas em curva de nível, com construção de barreiras de vento, e utilização da plantação em cova (mais informações técnicas na página [www.embrapa.br/codigoflorestal/plantio-por-mudas](http://www.embrapa.br/codigoflorestal/plantio-por-mudas))

A” unidade Alaranjado 1 – médio profundo, médio inclinado” é composta por solos do tipo Argissolos Vermelho-Amarelos, tem suscetibilidade à erosão moderada, sendo indicado plantios do Aipim (*Manihot esculenta*), milho catete (*Zea Mays*), laranja (*Citrus Sinensis*) ou outros cítricos. As indicações de manejo foram aplicações de fortificantes e biofertilizantes orgânicos.

A unidade “Alaranjado 2 – médio profundo – muito inclinado”, é uma unidade de maior declividade e solos do tipo Argissolos Vermelho-Amarelos, sendo indicado como plantações Gramíneas (*Brachiaria Ruziziensis*) e outras plantações rasteiras com possibilidade de feijão tipo guandu (*Cajanus cajan*), estas plantações foram pensadas no sentido de mitigação da erosão por recobrimento contínuo, ou seja, a mínima exposição do solo nu a fim de evitar erosão acelerada.

A unidade “Amarelado – médio profundo, médio inclinado” é uma unidade de Argissolos Amarelos que em geral já apresentavam problemas de erosão acelerada, perda de horizonte superficial, sendo assim pensada neste contexto de recuperação da sua estrutura de solo. Foram indicadas. Frutíferas, como mangueira (*Mangifera Indica*), abacateiro (*Persea americana*), araçá (*Psidium cattleianum S*) e mamoeiro (*Carica papaya*). Como medidas de manejo foram indicadas barreiras de vento, fortificação contínua do solo com aplicação do pó de rocha. Como seus solos estão afetados, indicou-se que as árvores de maior porte sejam plantadas em covas com biofertilizantes e adubação contínua.

A unidade “Plano não alagado – médio profundo, arenoso” é uma unidade de Planossolos e Gleissolos menos afetados pelo lençol freático, apesar de sua baixa declividade é muito suscetível à erosão devido ao contraste textural natural entre os horizontes A e BTg dos Planossolos, assim foram indicadas plantações de Gramíneas (*Brachiaria Ruziziensis*) e outras plantações rasteiras com possibilidade de feijão tipo guando (*Cajanus cajan*). Como medidas de mitigação, foi considerado fundamental o recobrimento contínuo, e a aplicação de biofertilizantes.

A unidade “Plano drenável – raso, argiloarenoso” é uma unidade de Gleissolos, sem nenhuma suscetibilidade à erosão, porém afetadas com inundações, foram indicadas para esta unidade as plantações de Feijão preto (*Phaseolus vulgaris*), feijão carioca (*Phaseolus vulgaris Pinto Group*), bananeira (*Musa acuminata*), inhame touro (*Colocasia esculenta*), pupunha (*Bactris gasipaes*). Como manejo a EMATER-RIO sugeriu uma análise para controle de ferro biodisponível neste ambiente e drenagem adequada.

A unidade “Plano alagado- raso, argiloso” é uma unidade Gleissolos, sem nenhuma suscetibilidade à erosão, porém com maior influência da drenagem local e da Represa de Juturnaíba. Foi indicada plantações, desde que haja um controle cotidiano de doenças e pragas, assim foram sugeridas plantações de Pimentão (*Capsicum annuum Group*), jiló (*Gilo Group*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*), pupunha (*Bactris gasipaes*). As medidas de manejo indicam este controle maior do alagamento utilizando esta área apenas dos meses que vão de abril a junho.

Quadro 47- Indicações produtivas e de manejo de cada unidade produtiva da fazenda Dom Bosco.

Unidades produtivas	Solo principal	Suscetibilidade à erosão	Indicações produtivas	Indicações de manejo
Topos aplainados - profundos	Argissolo Vermelho-Amarelo	Alta	Reflorestamento e Silvicultura	Plantação em curva de nível, Barreiras de vento, utilização de cova com fosfato
Alaranjado 1 - médio profundo - médio inclinado	Argissolo Vermelho Amarelo	Moderada	Aipim ( <i>Manihot esculenta</i> ), milho catete ( <i>Zea Mas</i> ), laranja ( <i>Citrus Sinensis</i> ) ou outros cítricos	Fortificantes e biofertilizantes orgânicos
Alaranjado 2 - médio profundo - muito inclinado	Argissolo Vermelho-Amarelo	Alta	Gramíneas ( <i>Brachiaria Ruziziensis</i> ) e outras plantações rasteiras com possibilidade de feijão tipo guandu ( <i>Cajanus cajan</i> )	Mitigação da erosão por recobrimento contínuo
Amarelado - médio profundo - médio inclinado	Argissolo Amarelo	Alta	Frutíferas, como mangueira ( <i>Mangifera Indica</i> ), abacateiro ( <i>Persea americana</i> ), araçá ( <i>Psidium cattleyanum S</i> ) e mamoeiro ( <i>Carica papaya</i> )	Barreiras de vento, fortificação contínua com pó de rocha, plantação em cova, adubação contínua
Plano não alagado - médio profundo - arenoso	Planossolo/ Gleissolo	Alta / Muito Alta	Gramíneas ( <i>Brachiaria Ruziziensis</i> ) e outras plantações rasteiras com possibilidade de feijão tipo guando ( <i>Cajanus cajan</i> )	Mitigação da erosão por recobrimento contínuo, biofertilizantes
Plano drenável - raso - argiloarenoso	Gleissolo Melânico/ Gleissolo Háptico	Nula	Feijão preto ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ), feijão carioca ( <i>Phaseolus vulgaris Pinto Group</i> ), bananeira ( <i>Musa acuminata</i> ), inhame touro ( <i>Colocasia esculenta</i> ), pupunha ( <i>Bactris gasipaes</i> )	Controle do ferro e do alagamento
Plano alagado - raso - argiloso	Gleissolo melânico / Gleissolo Háptico	Nula	Pimentão ( <i>Capsicum annum Group</i> ), jiló ( <i>Gilo Group</i> ), quiabo ( <i>Abelmoschus esculentus</i> ), pupunha ( <i>Bactris gasipaes</i> )	Controle do alagamento, utilização de abril a julho, controle de pragas cotidiano

Fonte: A autora, 2021.

## **7. DISCUSSÃO DOS DADOS**

A primeira discussão a ser levantada é quanto aos dados gerados a partir do levantamento geoespacial, via drone, bem como os mapeamentos gerados: uso e cultivos do ano de 2005, usos e cultivos de 2020, altitude das áreas da fazenda, curvas de nível, mapa de declividade da fazenda Dom Bosco, padrões de vertentes (curvatura), orientação das vertentes e exposição solar de 2019. Estas descrições e mapeamentos foram fundamentais para o levantamento de solos da fazenda. Assim, se deve debater as descrições dos solos, realizada a partir de um transecto e abertura de 9 perfis; a topossequência de solos; aspectos apresentados na micromorfologia de cada horizonte analisado, para então se iniciar o debate a respeito da geração do mapa de solos (escala 1:10.000), bem como sua validação. Por fim traremos a discussão a construção e elaboração do mapa de unidade produtiva dentro da fazenda Dom Bosco, bem como as indicações de plantio e manejo de acordo com cada unidade produtiva analisada.

Durante todo o trabalho foi realizado um jogo de escalas para o entendimento de alguma característica de interesse. Escalas regionais para descrição geral, escalas locais para levantamento de dados, entendimento da vertente tanto em sua lateralidade, quanto em sua verticalidade, e a escala microscópica na investigação genéticas dos processos pedogeomorfológicos da fazenda.

A escolha da Fazenda em uma área com potencial representativo simplificou este trabalho, pelo interesse ávido tanto dos trabalhadores locais da fazenda, quanto dos proprietários, fomos recebidos em reuniões de agricultores orgânicos, minicurso, além da troca constante para entendimento não apenas acadêmico, mas também popular acerca daqueles tipos de solos da fazenda, bem como suas limitações.

### **7.1 Discussão do levantamento Geoespacial**

O imageamento por VANT possibilitou um levantamento em escala local de toda a Fazenda Dom Bosco, porém cabe ressaltar que a acuidade e até mesmo veracidade da informação dependem em grande parte de conhecimento prévio da ferramenta, bem como a

utilização de GNSS. No ortofotomosaico foi possível identificar culturas diferentes, variação da umidade superficial. O apoio do Núcleo de Estudos Costeiro (UERJ) foi fundamental para uma boa acurácia do levantamento. O mapeamento de solos, em escala tão detalhada quanto a deste estudo foi facilitada e permitida por este aerolevanteamento.

Os estudos acerca dos diferentes usos da fazenda são complexos, toda esta área inicialmente foi desmatada. Num passado recente a cultura de cítricos era a proeminente na região trazendo rentabilidade aos produtores do local, quando esta cultura se entra em declínio na região aos poucos, estas áreas passam a ser utilizadas pela atividade pecuária e passam a surgir as pastagens com sinais de degradação. Ou seja, os horizontes superficiais destes solos não podem ser entendidos fora deste contexto histórico do uso e ocupação pregressos. Para aprofundar ainda mais a questão foram gerados dois mapeamentos de uso e cobertura, no ano de 2005, onde os usos são campo/pastagem (maior uso), área de solo exposto (significando uma aceleração dos processos erosivos laminares, seguidos pelas áreas de inundação, uma única edificação e algumas pequenas áreas verdes arbustivas.

No ano de 2020, já se nota algumas mudanças, mesmo a despeito da queda na produtividade e problemas técnicos da fazenda para manter áreas de lavoura. Este fato, da dificuldade com a qual a fazenda se deparava, pode ser observada pela mesma quantidade de área considerada campina. Esta área em 2020 é uma campina de recobrimento sem sinais erosivos, em 2005 era uma campina desgastada e com gado pastando. Um fator que chama a atenção é o número de tipos de uso no ano de 2020, havendo classes das áreas úmidas, lavoura em preparo, 3 tipos de lavoura ativa, edificações, silvicultura, e, agroflorestas.

Quando se observa em detalhe o município de Silva Jardim, nota-se pouca dinâmica econômica interna, sendo o número de habitantes é de 21.774 pessoas (dados do IBGE, estimativa de 2020), a cidade mais próxima, Casemiro de Abreu possui mais do que o dobro da população de Silva Jardim (45.041 pessoas). Estes dados são apenas para evidenciar que estimular diferentes atividade econômicas gera um impacto local que pode ser notado na comparação de imagens, mas também podem influir numa dinâmica espacial maior.

A caracterização da morfografia da fazenda revela colinas suave onduladas, de altitude entre 3 metros e 65 metros, com 88% da declividade variando entre 3% até 45%, podendo ser observado as áreas de planície, influenciadas pelo esquema da drenagem local até a Represa de Juturnaíba. Interessante observar também que, 32% das áreas apresentam a declividade de 20% a 45%, ou seja, apesar de serem de baixa altimetria, uma parte destas colinas apresentam uma declividade mais elevada, o que requer um entendimento e tratamento diferenciado nestas áreas

que somados aos solos do tipo Argissolos se tornam altamente suscetíveis à erosão. Quando a curvatura das vertentes, a maior parte dessa (60%) apresenta padrão retilíneo.

Em geral o padrão médio de precipitação foi de 1.564 mm/ano, com maior distribuição nos meses de novembro a fevereiro, mas deve ser destacada a faixa de estiagem entre junho, julho e agosto. Seria interessante acompanhar essa série climática por mais anos para assim definir melhor os melhores períodos para se plantar.

O mapeamento da orientação das vertentes possibilitou um início de entendimento da dinâmica dos solos na escala da fazenda, comumente solos voltados para o Norte apresentaram coloração mais amarelada. Quando se une ao mapeamento da exposição solar, o padrão de maior exposição nas vertentes ao norte segue sendo predominante.

## **7.2 Discussão dos Solos: levantamento em perfil, topossequência e micromorfologia dos solos da fazenda Dom Bosco.**

Os solos da fazenda seguem o padrão claro de sequência de Argissolos e solos hidromórficos na base de suas vertentes se estendendo até as planícies. A abertura dos pontos para trincheira permitiu a caracterização detalhada dos solos, bem como o entendimento vertical e lateral dos processos que ocorrem nesta paisagem.

Interessante ressaltar que comparando com outros mapeamentos, em escalas de menor detalhe (LUMBRERAS *et al.*, 2001) algumas características dos solos foram surpresa, como a característica eutrófica dos solos da fazenda como um todo, a preponderância dos Argissolos Vermelho-Amarelo em detrimento de Argissolos Amarelos também chama a atenção.

Em geral os horizontes A são pouco espessos, e este dado chama atenção para o fato da erosão contínua promover a degradação contínua destes horizontes, pensar este fato e meio as discussões atuais de segurança alimentar (LAL E STEWART, 2000; LAL, 2004; LAL, 2010; LAL, 2013), alerta ainda mais a necessidade de se promover a recuperação destes horizontes (muitas vezes desprovidos de sua estrutura grumosa, mudando para estruturas em blocos – características de horizontes subsuperficiais).

Os horizontes subsuperficiais apresentaram comumente alto teor de argila, sempre em estrutura em blocos subangulares, duras quando secas, porém friáveis quando umedecidas,

mostrando que estes solos apresentam com facilidade uma deformação e uma perda de porosidade.

A trincheira 6 exemplifica (Figura 84) um problema notado em geral nas áreas do entorno da fazenda, objeto deste estudo, que é a remoção total do horizonte A, gerando manchas amareladas onde sequer gramíneas conseguem ter sucesso em seu estabelecimento. O papel da fauna, com o estabelecimento de formigueiros revolvendo o solo, e trazendo à superfície o horizonte subsuperficial, poderia ser uma explicação.

Outro fator interessante quando se analisa os dados levantados em campo é o surgimento de um horizonte com uma estrutura granular, geralmente próximo a 100 centímetros de profundidade, com características semelhantes a horizontes latossólicos.

Em termos de química o pH sempre muito baixo e muitas vezes com presença de alumínio denota a gênese de rochas ácidas, assim como confirma o longo intemperismo a que estes solos foram submetidos ao longo do tempo. Quando se pensa em trato agrícola esta característica precisa ser corrigida antes de qualquer tentativa devido a toxicidade para o plantio.

A topossequência permitiu um entendimento da dinâmica destes solos dentro da paisagem, sua relação com o relevo é clara, Argissolos com horizontes B texturais mais expressivos se concentram em posição de meio de vertente, mas também a relação dos tipos de solo quanto a orientação da vertente traz um exemplo prático de como a exposição solar maior pode alterar a coloração dos solos. As planícies que apresentavam um nível de base diferentes entre si podem ter influenciado a formação de diferentes tipos de Gleissolo. A transição do material do meio da vertente com a planície ficou pouco evidenciada, porém a forma da vertente, na topossequência 4, denota um entulhamento deste vale, que poderia ter ocorrido devido a implantação da Represa de Juturnaíba, como mostra Cunha (1995) em diversos canais da bacia do rio São João, ou noutros motivos que a serem investigados.

As análises micromorfológica mostrou que apenas a topossequência 1 apresentava homogeneidade de constituintes no horizonte superficial, sendo comum nas outras topossequências algum nível de heterogeneidade constituintes. A trincheira de número 1, em seus horizontes subsuperficiais (B1, B2, B3, B4) apresentou heterogeneidade de seus constituintes, que comumente não apresentavam orientação, cabe ressaltar que o horizonte B1 apresenta agregados em formas esferoidais na zona 1, e em blocos na zona 2, apontando um horizonte B em transição para a formação de um horizonte E.

Pedocaracteres do tipo cutãs foram identificados nos horizontes: B1 (cutãs de poros) e B2 (cutãs de grãos), da trincheira 2; no horizonte B1 (cutãs do tipo grãos), na trincheira 5 e na trincheira 6, nos horizontes B1 e B2 (cutãs de poros). Sendo identificados em Argissolos Amarelos (trincheira 2 e trincheira 6), e também em Argissolo Vermelho-Amarelo (trincheiras 5). Os horizontes que apresentaram cutãs eram B texturais, de textura argilosa (argila acima de 500g/kg) ou textura muito argilosa (argila acima de 600g/kg), como ocorre no horizonte B1 na trincheira 2.

### **7.3 Mapeamento de Solos e Unidades produtivas: potencialidades e desafios.**

O mapeamento em escala de detalhe, tornar a ferramenta do mapeamento de solos acessível pode publicizar e auxiliar na gestão dos solos do Estado. No entanto, poucos profissionais fora da área agrônômica são capazes de interpretar ou mesmo aplicar os dados disponíveis nos mapeamentos.

Os Argissolos dominam grande parte do estado do Rio de Janeiro, assim, definir suas características principais e seu manejo pode ter uma contribuição imediata tanto no ordenamento e planejamento do uso e ocupação das terras, como na agricultura visto que a cidade do Rio de Janeiro possui mercado consumidor.

Para realização deste tipo de trabalho foi fundamental uma equipe multidisciplinar, experiência e diálogo constante com os gerenciadores e trabalhadores da fazenda. A principal conclusão é a possibilidade de utilização inteligente dos Argissolos da fazenda, o que pode se estender para áreas ao longo do domínio Suave colinoso.

A questão do manejo bem planejado é considerada fundamental, estes solos necessitam de um cuidado especial devido seu histórico de uso e ocupação, assim, medidas como calagem, reposição de matéria orgânica e proteção dos topos de colinas são importantes, sobretudo quando se pensa na utilização agrícola a longo prazo.

Devido a prevalência do tipo de unidade denominada “Amarelo – médio profundo – médio inclinado” uma unidade que demonstra mais sensibilidade à erosão, como foi observado localmente e nas propriedades do entorno, podendo ser visto a perda completa de seu horizonte superficial, tem-se uma situação onde a recuperação deste tipo de ambiente, antes de sua utilização agrícola é fundamental na produtividade pretendida pelo agricultor.

Um reflorestamento, não somente na propriedade, como também nas áreas de características similares contribuiria para uma melhor retenção da água dentro do solo, e uma dinâmica mais natural. Investir na conscientização dos produtores na necessidade de cuidado desta unidade se faz importante.

## 8. CONCLUSÕES

O objetivo principal do presente trabalho foi a identificação e mapeamento dos solos a partir de topossequências situadas em uma fazenda inserida no domínio suave colinoso, na cidade de Silva Jardim. Em função da escala de trabalho, foi importante o levantamento detalhado do relevo, tanto para a topossequência, quanto para os demais mapeamentos. A etapa geoespacial necessitou de planejamento, dados de campo e laboratório (processamento de imagens).

O levantamento da ortofoto detalhada e atualizada para toda a área de estudo, permitiu uma visualização de toda a fazenda, com um nível de detalhe, atualização e imediatismo, que somente os VANT possibilitam; a classificação do uso e ocupação atuais, comparados com a imagem do ano de 2005 permitiu observar uma mudança no uso solo, pois para aquele ano, o uso principal era pastoreio e no uso atual, ainda que parte da vegetação seja de gramíneas, a mesma está fazendo parte do sistema de pousio adotado na fazenda. As variáveis morfométricas avaliadas auxiliaram no entendimento da distribuição de diversas características do relevo

Dentre estas podem ser destacadas o modelo de declividade e mapeamento da curvatura possibilitando perceber fragilidades do ambiente, mostrando a necessidade de se estabelecer medidas de proteção para as encostas mais declivosas. A partir da análise da orientação das vertentes e ao total de exposição solar, foi possível identificar as encostas que estão voltadas para o norte e noroeste e que recebem um total maior de insolação ao longo do ano. Existe nesse quesito uma relação com a produtividade, em função da menor disponibilidade hídrica (área comumente menos produtivas), e influência na cor dos solos, que se tornam amarelos quando inseridos nestas vertentes, pois devido a menor hidratação do ferro, não há a correspondente oxidação dos compostos hidratados e o conseqüente desenvolvimento de cores mais avermelhadas.

A dinâmica do clima observada, mesmo em uma série de dados curta, demonstrou a presença de períodos acentuadamente secos, e outros onde a pluviosidade se torna muito intensa. Isto exige uma estratégia adequada de planejamento da produção, pois algumas culturas não se adequam nem à chuva intensa, nem a seca extrema. É importante ressaltar a necessidade de manutenção da coleta e análise dos dados da estação meteorológica, pois somente assim se terá uma série de dados que permita estabelecer, com segurança, os padrões de precipitação, temperatura e outras variáveis climatológicas.

Analisando os dados físico-químicos dos solos, se destaca a eutrofia dos solos, que apesar de ser do tipo mesoeutrófica, não havia sido identificada em estudos anteriores.

Com relação a distribuição dos solos na paisagem, ressalta-se a catena de solos comumente encontrada. Em posição de topo e meio de vertente aparecem Argissolos que comumente, em posição de topo, apresentavam algum horizonte em transição para Bw – B latossólico (sempre em profundidade). Enquanto que os Argissolos de meia vertente apresentavam, em geral, maior teor de argila em seus perfis. Cabe destacar que todos os horizontes A são classificados como “Ap” pois é notável, em função da menor espessura e mistura com horizontes subsuperficiais, a influência do uso agrário destes solos.

A dinâmica dos solos quando analisado com as variações do relevo mostraram unidades de Argissolos no topo e na meia vertente, e solos hidromórficos na base. Interessante ressaltar que são Argissolos que variam em cor e estrutura, dependendo da posição na vertente e sua orientação com relação à exposição solar. Nas planícies se desenvolvem dois tipos diferentes de Gleissolos: Gleissolo Háptico (planície 1) e Gleissolo Melânico (planície 2).

A análise da topossequência permitiu observar que os horizontes A se assemelham entre si, variando na coloração, na espessura e o tipo de transição que as vezes se dava menos regular no perfil (o que pode estar associado a dois fatores: atividade biológica, pois se verifica intensa presença de formigas; e/ou devido ao uso agrícola dos solos). A presença de horizontes Bt com estrutura em blocos é bem marcada em toda a topossequência. O tipo de relevo, suave colinoso, favorece a presença deste tipo de horizonte. Porém, cabe destacar que a existência de um horizonte microestruturado em profundidade, surgindo nas topossequência 1, 2, parte da 3 e 4, que apresentam características de um horizonte Bw (B latossólico), caracterizando um solo transicional B textural / B latossólico, possivelmente associado a baixa declividade dos topos (aplainados) e ao regime pluviométrico, que seria suficiente para desenvolvimento da estrutura microagregada observada.

A análise da micromorfologia mostrou alguns horizontes A com estrutura em blocos subangulares em determinadas zonas (principalmente na trincheira 6), o que aponta para mudanças das características típicas daquele horizonte (naturalmente grumosa). O manejo em fazendas onde existe o revolvimento de toda camada superior dos solos, contribui para a mistura dos horizontes superficiais e subsuperficiais, trazendo para a superfície parte do horizonte B, o que pode causar o desenvolvimento de estrutura em blocos nos horizontes superficiais.

A presença de pedocaracteres tipo cutãs, algumas vezes acamados, ocorre tradicionalmente em Argissolos, mas foram mais nítidos e abundantes nos Argissolos de posição meio da encosta, o que exemplifica a transferência de material por iluviação.

O mapeamento dos solos em escala de 1:10.000 mostrou que predomina o Argissolo Vermelho-Amarelo, seguido do Argissolo Amarelo, Gleissolo Háptico, e com menor participação do Gleissolo Melânico. Foram individualizadas 52 unidades de mapeamento, que agrupam nos principais tipos de solos mapeados na fazenda: Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Amarelo, Gleissolo Háptico e Gleissolo Melânico. A distribuição destes solos na paisagem norteou a criação das unidades produtivas e os debates de plantio e manejo com a EMATER-RIO.

As sete unidades produtivas elaboradas para substituírem as glebas existentes estão sendo aos poucos apresentadas e introduzidas na fazenda Dom Bosco. Este foi o mapeamento de maior troca com os produtores, sendo recebido de maneira positiva. A maior unidade produtiva é a Amarelo – médio profundo – médio inclinado, junto com o Alaranjado 2 – médio profundo – muito inclinado. Esta última unidade necessita de cuidados diferenciados, devido sua maior declividade.

O quadro onde são descritas as unidades produtivas tenta trazer o maior número de informações sobre de cada unidade, balizando as indicações produtivas. Espera-se que com estas indicações, feitas unidade por unidade, ocorra um plantio adequado a cada unidade produtiva, que somado aos manejos sugeridos, tenham como consequência um impacto positivo na produtividade, bem como evitar a degradação dos solos da fazenda. Enquanto que nas áreas colinosas há necessidade de plantar em curvas de nível, manter o solo com alguma cobertura vegetal e aumentar a quantidade de nutrientes para o bom desenvolvimento das culturas. Por sua vez, o maior problema nas planícies é a elevação do lençol freático na estação chuvosa. É prática comum na região, a abertura de valas para drenagem destas planícies. Manter o nível do lençol mais baixo é importante para algumas culturas, tais como o palmito pupunha.

Assim, o presente trabalho atingiu os objetivos por ele proposto e segue, de forma contínua, a troca com os produtores, realizando oficinas locais para treinamento dos trabalhadores rurais. Otimizando dentro do possível esse contato entre a informação acadêmica e a população, além dos órgãos locais. Este estudo será enviado para disponibilização na plataforma PronaSolos e procurou contribuir para ampliar o número de perfis de solos com informações completas disponíveis para o estado do Rio de Janeiro.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Redutos de cactáceas, jardins da natureza. **Scientific American Brazil**, v. 19, p. 3–8, 2003.
- AFONSO, A E. E CUNHA, S. B., 1989. O Impacto Sócio-Ambiental da construção de uma barragem - Lagoa de Jutumaíba, Silva Jardim, RJ. **Cadernos de Geociências**, 3: 93-107.
- ALBUQUERQUE FILHO, M. R. DE et al. Solos com morfologia latossólica e caráter câmbico na região de Governador Valadares, Médio Rio Doce, Minas Gerais: gênese e micromorfologia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 259–270, fev. 2008.
- ALLAIN RUELLAN. **Contribuição das pesquisas em zona tropical ao desenvolvimento da Ciência do Solo**. 1988.
- ALMEIDA, A. V. D. L. DE et al. Atributos Físicos, Macro e Micromorfológicos de Neossolos Regolíticos no Agreste Meridional de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1235–1246, out. 2015.
- ALMEIDA, F. F. M. DE. . Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozoicas na Região Meridional da Plataforma Sul-Americana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 13, p. 130–158, 1983.
- ALMEIDA, F. F. M. D. Distribuição Regional E Relações Tectônicas Do Magmatismo Pós-Paleozoico No Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 1, p. 325–349, 1 mar. 1987.
- ALMEIDA, J. 2012. **Geologia e recursos minerais da folha Macaé SF.24-Y-A-I, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000**. Belo Horizonte. CPRM. 106p
- AMADOR, E. DA S., 1985. Lagunas Fluminenses: Classificação com base na origem, idade e processos da evolução. **Anuário Academia brasileira de Ciência** 57.
- ASPIAZU, C; ALVES, L.M., VALENTE, O.F. Modelos Digitais de Terrenos, conceituação e importância. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p.27-36, dez. 1990.
- ÁVILA, F. F. DE; CARVALHO, V. L. M. Morfogênese, Pedogênese E Etchplanação: Análise Integrada Dos Aspectos Geoquímicos, Mineralógicos E Micromorfológicos Dos Solos De Uma Topossequência Na Depressão De Gouveia - Serra Do Espinhaço - Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 2, 20 out. 2012.
- AZEVEDO, A. C.; PEDRON, F. DE A.; DALMOLIN, R. S. D. A evolução da vida e as funções do solo no ambiente. In: **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, [2007.]. v. 5p. 1–48.

BAZAGLIA, O.F., RIZZO, R., LEPSH, I.F. Comparison between Detailed Digital and Conventional Soil Maps of an Area with Complex Geology. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 37:1136-1148

BAGATINI, T.; GIASSON, E.; TESKE, R. Seleção De Densidade De Amostragem Com Base Em Dados De Áreas Já Mapeadas Para Treinamento De Modelos De Árvore De Decisão No Mapeamento Digital De Solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 960–967, ago. 2015.

BALDWIN, M.; KELLOGG, C.E. & THORP, J. **Soil classification**. In: Estados Unidos States Department of Agriculture. Soil and men. Washington, D.C., 1938. p. 979–1001. (Agriculture Yearbook, n. 1938)

BASTOS, J., NAPOLEÃO, P., **O estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro**. Secretaria Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro. 2011. 160p.

BERNARDI, A. C. de C.; INAMASU, R. Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 559-577.

BERTHELIN, J., LEYVAL, C., & TOUTAIN, F. 1994. Biologie des sols: rôle des organismes dans l'altération et l'humification. In: M. Bonneau, & B. Souchier (Eds.), **Pédologie. Constituants et propriétés du sol**. pp. 143-211. Paris: Masson.

BERUSKI, G. C.; PEREIRA, A. B.; SENTELHAS, P. C. DESEMPENHO DE DIFERENTES MODELOS DE ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL EM PONTA GROSSA, PR. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, p. 205–213, 2015.

BIDEGAIN, PAULO. **Plano das Bacias Hidrograficas da Regiao dos Lagos e do rio São João**. Rio de Janeiro: 153 p.: Consórcio Intermunicipal para Gestão das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos, Rio São João e Zona Costeira – CILSJ, 2005.

BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. Contribution to the study of the Brazilian Quaternary. In: **International Studies on the Quaternary. Geology Society American Special Papers**. Colorado: WRIGHT Jr., H.E. e FREY, D.G., 1965. p. 433–451.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; XAVIER DA SILVA, J. **Processes and Environments of the Brazilian Quaternary**. Caderno Especial Rio de Janeiro. **Anais...** In: INQUACONGRESS. Rio de Janeiro: 1965.

BIRKELAND, P.W., 1990, Soil geomorphic research: A selective overview: **Geomorphology**, v. 3, p. 207- 224.

BLUM, W. E. H.; SCHAD, P.; NORTCLIFF, S. **Essentials of Soil Science: Soil formation, functions, use, and classification (WFB)**. 2018.

BOCKHEIM, J. G. et al. Historical development of key concepts in pedology. **Geoderma**, v. 124, n. 1–2, p. 23–36, jan. 2005.

BOCQUIER, G. L. L'évolution des démarches en pédologie. De l'héritage de B.B. Dokoutchaev à la diversité des démarches actuelles en pédologie. **Bulletin de l'Association française pour l'étude du sol.**, v. 2, p. 113–121, 1984.

BOULET, R.; CHAUVEL, A., LUCAS, Y., Les sistemas de transformação em pedologie. **Livre jubilaire du conquantenaire de IAFES.** 1984 p. 167-179

BOULET, R. **Análise Estrutural da Cobertura Pedológica e Experimentação Agrônômica.** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Campinas: 1988.

BOULET, R. **Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO. 21. Campinas. P. 79-90. 1993

BREVIK, E. C. et al. Soil mapping, classification, and pedologic modeling: History and future directions. **Geoderma**, v. 264, part B, n. Elsevier, fev. 2016.

BREWER, R. **Fabric and Mineral Analysis of Soil.** 1. ed. Nova Iorque: Robert E. Krieger Publishing Co, 1964.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A. **Handbook for soil thin section description.** Wolverhampton (UK): Waine Research Publications, 1985.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução a Ciência da Geoinformação.** São Paulo: INPE, 2001.

CAMPOS, M. C. C. et al. Variação espacial da perda de solo por erosão em diferentes superfícies geomórficas. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2485–2492, dez. 2008.

CAPOLUPO, A., KOOISTRA, L., BERENDOCK, C., BOCCIA, L., SUOMALAINEN,, Estimating Plant Traits of Grasslands from UAV-Acquired Hyperspectral Images: A Comparison of Statistical Approaches. **International Journal of Geo-Information.** V.4 2015

CARRÉ, F.; MCBRATNEY, A. B. Digital terron mapping. **Revista Geoderma**, v. 128, p. 340–353, 2005.

CARVALHO FILHO, A. de; LUMBRERAS, J. F.; WITTERN, K. P.; LEMOS, A. L.; SANTOS, R. D. dos; CALDERANO FILHO, B.; OLIVEIRA, R. P. de; AGLIO, M. L. D.; SOUZA, J. S. de; CHAFFIN, C. E.; MOTHCI, E. P.; LARACH, J. O. I.; CONCEIÇÃO, M. da; TAVARES, N. P.; SANTOS, H. G. dos; GOMES, J. B. V.; CALDERANO, S. B.; GONCALVES, A. O.; MARTORANO, L. G.; BARRETO, W. de O.; CLAESSEN, M. E. C.; PAULA, J. L. de; SOUZA, J. L. R. de; LIMA, T. da C; ANTONELLO, L. L.; LIMA, P. C. de. **Levantamento de Reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Estado do Rio de Janeiro.** EMBRAPA. (2003).

CARVALHO JUNIOR, W.; PINHEIRO, H. S. K.; BARBOSA, T. R. P. PEDOMETRIA E MAPEAMENTO DIGITAL: CONTRIBUIÇÕES NA CLASSIFICAÇÃO E

MAPEAMENTO DE SOLOS. In: **Resultador Econômicos e de Sustentabilidade nos Sistemas nas Ciências Agrárias 2**. [s.l.] Atena Editora, 2020. v. 2.

CASTRO, S.S.; COOPER, M.; SANTOS, M.C.; VIDAL-TORRADO, P. Micromorfologia do solo: bases e aplicações. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M. de; LOPES, A.S.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. (eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p.107-164.

CASTRO, S. S. DE. **Micromorfologia de solos: Bases para Descrição de Lâmicnas Delgadas (Apostila)**. 2. ed. Campinas: UNICAMP/UFG, 2008.

CELIK, P.; DENGIZ, O. Determination of basic soil properties and nutrient element states of agricultural soils of Akselendi plain and formation of distribution maps. **Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi**, v. 5, p. 9–18, [s.d.]

COSTA, C.C.; GUILHOTO, J.J.M. Impactos potenciais da Agricultura de precisão sobre a economia brasileira. **Revista de Economia e Agronegócio**. V.10.n.2. 2012

CHADWICK, O. A.; GRAHAM, R. C. Pedogenic processes. In: **Handbook of soil science, section E pedology**. New York: Sumner ME, 2000. p. 41–75.

CHAMAYOU, GRÉGOIRE. 2015. Teoria do Drone. Tradução: Célia Euvaldo. São Paulo: Cosac Naify. **Rev. Bra. Est. Def.** v. 3, nº 1, jan./jun. 2016, p. 227-230

CHAPLOT, V. et al. Caractères d'hydromorphie et variabilité temporelle de la présence de Fe(II) dans les couvertures pédologiques du Massif armoricain. I. Exemple de deux toposéquences sur granite et sur schiste. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science**, v. 330, n. 2, p. 125–132, jan. 2000.

CHAUVEL, A. **Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques de la zone tropicale à saisons contrastées**. Paris, 1977. 532 p. Tese - Université de Strasbourg.

CORBETT, D.; WANER, M., MODES, C.D. Suppression of curvature in nematic elástica. **The Royal Society**. 2010. <https://doi.org/10.1098/rspa.2010.0139>

COE, H. H. G.; CARVALHO, C. N. DE. Cabo Frio - Um Enclave Semiárido No Litoral Úmido Do Estado Do Rio De Janeiro: Respostas Do Clima Atual E Da Vegetação Pretérita. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, n. 33, p. 136, 30 abr. 2013.

COELHO, F.F.; GIASSON, E. Métodos para mapeamento digital de solos com utilização de sistema de informação geográfica. **Ciência Rural**, v.40, n.10, out, 2010

CONACHER, A. J. AND DALRYMPLE, J. B. 1977: The nine unit land surface model: an approach to pedogeomorphic research. **Geoderma** 18,

COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F. Stratigraphical discontinuities, tropical landscape evolution and soil distribution relationships in a case study in SE-Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 673–683, set. 2002.

COOPER, M. et al. A National Soil Profile Database for Brazil Available to International Scientists. **Soil Science Society of America Journal**, v. 69, p. 649–652, 1 maio 2005.

COOPER, M. et al. Soil functioning in a toposequence under rainforest in São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37(2), abr. 2013.

COOPER, M.; CASTRO, S. S. DE. Micromorfologia Do Solo. In: **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. [s.l.] Embrapa Solos, p. 526–564, 2017.

COSARINSKY, M. I. The Nest Growth of the Neotropical Mound-Building Termite, *Cornitermes cumulans* : A Micromorphological Analysis. **Journal of Insect Science**, v. 11, n. 122, p. 1–14, set. 2011.

COSTA, A. M. DA et al. Levantamento Detalhado De Solos Da Microbacia Hidrográfica Do Horto Florestal terra Dura E Considerações Sobre Escalas De Mapeamento. **Ciência e Agrotecnologia**, 5. v. 33, p. 1272–1279, 2009.

COSTA, SMA et al. RBMC em tempo real, via NTRIP, e seus benefícios nos levantamentos RTK e DGPS. **Simpósio Brasileiro De Ciências Geodésicas E Tecnologias Da Geoinformação**, v. 2, p. 8-11, 2008.

CRUTZEN, P. J. Geology of mankind. **Nature**, v.415, n.3, p.23, 2002

CUNHA, J. E.; CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. T. Comportamento erosivo de um sistema pedológico de Umarama, noroeste do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 4, p. 943–951, dez. 1999.

CUNHA, P. et al. Superfícies geomórficas e atributos de latossolos em uma sequência arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 81-90, 2005.

CUNHA, Sandra Baptista da. (1995). **Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da bacia do rio São João**. Rio de Janeiro.

DA SILVA, C.L.; JIMENEZ RUEDA, J.R. & HASUI, Y. Aspectos pedogenéticos na evolução de uma bacia tectônica do Quaternário. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 26., Rio de Janeiro, 1997. Resumos expandidos. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM

DA SILVA, C. L.; JIMENEZ RUEDA, J. R.; HASUI, Y. **Aspectos pedogenéticos na evolução de uma bacia tectônica do Quaternário**. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Anais... In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**. 1997.

DANTAS, M.E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A.I.M.; SILVA, C.R.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J.F.; CALDERANO, S.B. Diagnóstico geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. In: DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A. .I. M.; SILVA, C. R.; PIMENTEL, J. LUMBRERAS, J. .F.; CALDERANO, S. .B. **Estudo Geoambiental do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2001. p. 1-24.

DEMATTÊ, J. et al. Remote Sensing from Ground to Space Platforms Associated with Terrain Attributes as a Hybrid Strategy on the Development of a Pedological Map. **Remote Sensing**, v. 8, n. 10, p. 826, 8 out. 2016.

DEMATTÊ, J.A.M.; EPIPHANIO, J.C.N. & FORMAGGIO, A.R. Influência da matéria orgânica e de formas de ferro na reflectância de solos tropicais. **Bragantia**, 62:451-464, 2003.

DEMATTÊ, J.A.M., TERRA, F.DA S., Spectral pedology: a new perspective on evaluation of soils along pedogenetic alterations. *Geoderma*, v.217, 190-200pp, 2014

DOKUCHAEV, V.V. 1879. Short description and critical analysis of the more important soil classifications. **Trav. Soc. Nat. St. Petersburg**, 10: 64-67 (Translation into English by the Soil Science Society of America – Soil Science Bibliography). Disponível em <http://www.soils.org/>

DOSSO, M. Mise en relation de l'organisation tridimensionnelle des formations superficielles et de différentes données de télédétection correspondantes. **Exemples pris en zone tropicale et en zone tempérée**. Paris, 1990

DOYLE, F.J. Digital terrain models: an overview. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.44, n.12, p.1481-1485, 1978.

DUARTE, M. N. et al. Mineralogia, química e micromorfologia de solos de uma microbacia nos tabuleiros costeiros do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 6, p. 1237–1250, jun. 2000.

EMBRAPA SOLOS et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2017.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** EMBRAPA, 2018.

ERBA, D. A. et al. **Topografia para Estudantes de Arquitetura, Engenharia e Geologia**. 1.ed. [S.l.]: Unisinos, 2003.

ESPINDOLA, C.R. **Retrospectiva Crítica sobre a pedologia: Um repasse bibliográfico**. Ed UNICAMP. Campinas. 397p. 2008

ESPINDOLA, C.R., A pedologia e a evolução das paisagens. **Revista do Instituto Geológico**. V.31; n1-2. 2010.

ESPINDOLA, C.R. A institucionalização da pedologia como ciência por Friedrich Albert Fallou – O caso brasileiro. **Revista do Instituto Geológico**, 35: 61-70, 2014.

EZE, P. N.; UDEIGWE, T. K.; MEADOWS, M. E. Plinthite and Its Associated **Evolutionary Forms in Soils and Landscapes: A Review**. *Pedosphere*, v. 24, n. 2, p. 153–166, 1 abr. 2014.

FARIAS, P.R.S., NOCITI, L.A.S., BARBOSA, J.C., PERECIN, D. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Fitotecnia • Rev. Bras. Frutic**. 25 (2) • Ago 2003

FORTES, E.; STEVAUX, J.; VOLKMER, S. Neotectonics and channel evolution of the Lower Ivinhema River: A right-bank tributary of the upper Paraná River, Brazil. **Geomorphology**, v. 70, p. 325–338, 2005.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 507–514, set. 1999.

FLORINSKY, I. Influence of Topography on Soil Properties. In book: **Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology** (pp.145-149) Edition: 8 Publisher: Elsevier. 2012

FRANÇA, G.V. & DEMATTÊ, J.A.M. 1991. Parâmetros da rede de drenagem de solos da região de Iracemápolis(SP). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.47, pt.2, p.541-545, 1990

GARCIA, G. J.; ESPINDOLA, C. R. **Relações entre Grau de Desenvolvimento de Mantos de Alteração e Evolução de suas Redes de Drenagem**. Notícia Geomorfológica , V. 19 , P. 29-40 , 1979

GARDI, C., ANGELINI, M; BARCELÓ, S., CONERMA, J., CRUZ GAISTARDO, C., ENCINA ROJAS, A., JONES, A., KRASILINIKOV, P., MENDONÇA-SANTOS, ML., MONTANARELLA, L., MUNIZ UGARTE, O., SHAD, P., VARA RODRIGUES, M.I., VARGAS, R., RAVINA DA SILVA, M (Eds). 2015. **Atlas de Solos de América Latina e do Caribe**. Comissão Europeia. Serviço de Publicações da União Europeia. Luxembourg. 176 pp.

GALVÃO, L. S.; ROBERTS, D. A.; FORMAGGIO, A. R.; NUMATA, I.; BREUNIG, F. M.. View Angle Effects on the Discrimination of Soybean Varieties and on the Relationships between Vegetation Indices and Yield Using offNadir Hyperion Data. **Remote Sensing of Environment** 113 (4): 846–856. 2009

GALVAO, L. S.; FORMAGGIO, A. R. Sensoriamento remoto hiperespectral e geração de informações pedológicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. x, p. 27-31, 2007.

GEOGHEGAN-QUINN, M.; PIEBALGS, A. Prefácio da Comissão Europeia. In: **Atlas de Solos de América Latina e Caribe**. Louxembourg: Serviço de Publicações Europeias, 2015. p. 176.

GERALDES, M.C., *et al.*, 2012. **Geologia e recursos minerais da folha de Casemiro e Abreu SF.23-Z-B-I**, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. Belo Horizonte. CPRM. 136p.

GODOY, V. A.; VALENTIN ZUQUETTE, L.; GÓMEZ-HERNÁNDEZ, J. J. Stochastic analysis of three-dimensional hydraulic conductivity upscaling in a heterogeneous tropical soil. **Computers and Geotechnics**, v. 100, p. 174–187, 1 ago. 2018.

GOMES DA SILVA, D.; CORRÊA, A. C. DE B. Aplicação Da Micromorfologia De Solos Aos Estudos De Sedimentos Quaternários: Uma Ferramenta Para a Reconstrução Paleoambiental. **MERCATOR**, v. 8, p. 111–138, [s.d.].

GOMES, J. B. V. et al. Mineralogia e micromorfologia de solos esqueléticos do bioma cerrado, no leste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 875–886, out. 2007.

GONG, S. et al. Gong S, Zheng C, Doughty ML, Losos K, Didkovsky N, Schambra UB, Nowak NJ, Joyner A, Leblanc G, Hatten ME, Heintz NA gene expression atlas of the central nervous system based on bacterial artificial chromosomes. *Nature* 425:917-925. **Nature**, v. 425, p. 917–25, nov. 2003.

GONÇALVES JLM, ALVARES CA, GONÇALVES TD, MOREIRA RM, MENDES JCT, GAVA JL. Mapeamento de solos e da produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis* em Itatinga, SP, com uso de sistema de informação geográfica. **Scientia Forestalis** 2012; 94(1): 187-201.

GRAHAM, R. C.; BUOL, S. W. Soil-geomorphic relations on the Blue Ridge front: II. Soil characteristics and pedogenesis. **Soil Science Society American Journal**, v. 54, p. 1367–1377, 1990.

GRAHAM, R. C.; DANIELS, R. B.; BUOL, S. W. Soil-geomorphic relations on the Blue Ridge front: I. Regolith types and slope processes. **Soil Science Society American Journal**, v. 54, p. 1362–1367, 1990.

GUERRA, ANTÔNIO JOSÉ TEIXEIRA; JORGE, M. C. O. . Degradação dos solos - abordagens teóricas e estudos de casos ao longo de 25 anos no âmbito do LAGESOLOS. **Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente**, v. 28, p. 674-685, 2021.

HASUI, Y. et al. Aspectos estruturais formação de voçorocas na região de São Pedro, SP. **Geociências**, v. 14, p. 59–76, 1995.

HEILBRON, M. et al. **Compartimentação tectónica e evolução geológica do segmento central da Faixa Ribeira, a Sul do Cráton do São Francisco**. [2000].

Heilbron, M. & Machado, N. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). **Precambrian Research**, 125: 87-112.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J. & JANASI, V.C. 2004. A Província Mantiqueira: In MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R. & BRITO NEVES, B.B. (Eds). **O Desvendar de Um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**, p. 203-234.

HÖFIG, P.; GIASSON, E.; VENDRAME, P. R. S. Mapeamento digital de solos com base na extrapolação de mapas entre áreas fisiograficamente semelhantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 12, p. 958–966, dez. 2014.

HOFMANN-WELLENHOF, B., LICHTENEGGER, H, WASLE, E. **GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more**. 8 ed. 468p. 2008

IBRAIMO, M. M. et al. Gênese e micromorfologia de solos sob vegetação xeromórfica (caatinga) na região dos Lagos (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 695–712, ago. 2004.

INEA, I. E. **DO Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (ED.). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª edição revista e ampliada ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2012.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro. 320p. 2007

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, UFAM, BRASIL; CAMPOS, M. C. C. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações / Soil-landscape relationships: concepts, developments and applications. **Revista Ambiência**, v. 8, n. 3, p. 963–982, 30 dez. 2012.

JORGE, L.R.R., INHASU, R.Y., CARMO, R.B. Desenvolvimento de um VANT totalmente configurado para aplicações em Agricultura de Precisão no Brasil. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.0399

KÄMPF, N.; KERN, D. C. **O Solo Como Registro Da Ocupação Humana Pré-Histórica Na Amazônia(1)**. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA. 2005.

KELLOGG, C. E. Conflicting doctrines about soils. *Scientific Monthly*. N 66 . 478-478.. 1948 Risk Assessment and Risk Perception of Trees:A Review of Literature Relating to Arboricultureand Urban Forestry

KING, D.; DAROUSSIN, J.; JAMAGNE, M. Proposal for a spatial organization model in soil science (The example of the European Communities Soil Map). **Journal of the American Society for Information Science**, v. 45, n. 9, p. 705–717, out. 1994.

KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 18, p. 147–266, 1956.

KLEIN, A.M., VAISSIÈRE, B.E., CANE, J.H., STEFFAN DEWENTER,I., CUNNINGHAM, A.S., KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences** 274: 303-313.

KLEIN, R.W.; KOESER, A.K., HAUER, R.J., HANSEN, G. ESCOBEDO F.J of Trees:A Review of Literature Relating to Arboricultureand Urban ForestryAssessment and Risk Perception of Trees. . **Risk Assessment and Risk Perception**. V.45, N.1 23-33 PP. 2019

KRASILNIKOV, P. V. et al. The relationship between pedogenic and geomorphic processes in mountainous tropical forested area in Sierra Madre del Sur, Mexico. **CATENA**, v. 62, n. 1, p. 14–44, jul. 2005.

KUBIËNA, W. L. **Micropedology**. Ames, Iowa: Collegiate press, 1938.

LADEIRA, F.S.B. **Estudo micromorfológico de um Latossolo Roxo no município de Guaira - SP**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1995. 93p. (Tese de Mestrado)

LADEIRA, F. S. B. Solos do passado: origem e identificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p. 1773–1786, dez. 2010.

LADEIRA, F. S. B.; CELARINO, A. L. DE S. Propriedades Micromorfológicas de Um Perfil de Solo na Planície Fluvial do Rio Pardo (SP): Cronologia e Processos de Alteração de Sedimentos Aluviais. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 249–258, 27 jun. 2017.

LAGACHERIE, P, MCBRATNEY, A.B., GRUNWALD, S., VOLTZ, M. **Digital Soil Mapping – Na Introductory Perspective**. Elsevier Publisher - Developments in Soil Science Series. 2007=6

LAL, R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. **Science**, v. 304, n. 5677, p. 1623–1627, 2004.

LAL, R. Soils and world food security. **Soil and Tillage Research**, v. 102, n. 1, p. 1–4, jan. 2009.

LAL, R. Managing Soils and Ecosystems for Mitigating Anthropogenic Carbon Emissions and Advancing Global Food Security. **BioScience**, v. 60, n. 9, p. 708–721, 1 out. 2010.

LAL, R. Food security in a changing climate. **Ecohydrology for harmonization of societal needs with the biosphere potential**, v. 13, n. 1, p. 8–21, 1 jan. 2013

LAL, R.; STEWART, B. A. **Food Security and Sol Quality**. Londres: CRC Press, 2010.

LAMEGO, A. R. **O Homem e a Restinga**. Rio de Janeiro: IBGE, 1946.

LEMOS, R. C. de e SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. 3ª Ed., p. 83, Campinas-SP, 1996.

LEPSCH, I. F.; BUOL, S. W.; DANIELS, R. B. Soil-landscape relationships in the occidental plateau of São Paulo State, Brazil: I geomorphic surfaces and soil mapping units. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 41, n. 4, p. 104-109, 1977.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ed. Oficina e Textos. São Paulo. 2007.

LEPSCH, I. F. As Necessidades De Efetuarmos Levantamentos Pedológicos Detalhados No Brasil E De Estabelecermos as Séries De Solos. **Revista Tamoios**, v. 9, n. 1, 5 ago. 2013.

LIMA NETO, J. DE A. et al. Caracterização e gênese do caráter coeso em latossolos amarelos e argissolos dos tabuleiros costeiros do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 1001–1011, ago. 2009.

LINS, B.O.L. **A utilização de VANT (drone) como alternativa para a utilização de regularização urbana.** 54p. Universidade Federal de Alagoas. 2019

LUCAS, Y.; CHAUVEL, A.; BOULET, R.; RANZANI, G. & SCATOLINI, F. Transição Latossolos-podzóis sobre a formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 8:325-335, 1984

LUMBRERAS, J. F.; CARVALHO FILHO, A. de; CALDERANO FILHO, B.; SANTOS, R. D. dos; CALDERANO, S. B.; AMARAL, F. C. S. do; LEMOS A. L.; WITTERN, K. P.; GOMES, I. A.; MARTORANO, L. G.; REBELLO, E. R. G.; BERTOLOCCHI, R.; ALMEIDA JUNIOR, P. B.; BARRETO, W. de O.; ANDRADE, A. G. de; OLIVEIRA, R. P. de; CHAFFIN, C. E.; AGLIO, M. L. D.; MEDEIROS, C. D. F. de; NAPOLEÃO, R. P.; SOUZA, F. da S.; ROXO, M. F. de O. **Levantamento pedológico, vulnerabilidade e potencialidade ao uso das terras: quadriculas de Silva Jardim e Rio da Ostras, estado do Rio de Janeiro:** Embrapa Solos, 2001. Contém texto e mapa color., escala 1:100.000. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 23). 2001.

LUZ, L. M.; MARCAL, M. dos S. A perspectiva geográfica do Antropoceno. **Revista de Geografia** (Recife). v. 33, n. 2. 2016.

MACHADO, F. B.; LOPES, E. S. S.; RIEDEL, P. S. Análise da relação entre escorregamento e formas de vertentes no município de Cubatão (SP) e seus arredores. **Geociências**, jan. 2008.

MAEDA, S., AHERNS, S., CHIARELLO, S DER., OLIVEIRA, E.B. DE, STOLLE, L., FOWLER, J.A.P., BOGNOLA, I.A. **Silvicultura de precisão.** 2014

MARQUES, J. J. G. S. M. et al. Adequação de métodos indiretos para estimativa da erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 447–456, set. 1997.

MARQUES, J. J. G. S. M. et al. Estimativa da erodibilidade a partir de atributos de solos com horizonte B textural no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 457–465, set. 1997.

MARQUES, J. J. G. S. M. et al. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados - primeira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 427–434, set. 1997.

MARQUES JÚNIOR, J.; BUENO, C. R. P.; FIORIO, P. **Agricultural aptitude and expectation towards erosion in sugar cane production areas in São Paulo State.** . In: CONFERENCE ON – GEOINFORMATION FOR SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT. Enschede: [1995.]

McBRATNEY, A.B.; MENDONÇA SANTOS, M.L. & MINASNY, B. On digital soil mapping. *Geoderma*, 117:3-52, 2003

McFADDEN, L.D. e KNUEPFER, P.L.K., Soil geomorphology: the linkage of pedology and surficial processes. *Geomorphology*, 3. 197-205 pp. 1990

MONTGOMERY, D. Soil erosion and agricultural sustainability. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, p. 13268–72, set. 2007.

MEDEIROS J.C.; MAFRA A.L.; ALBUQUERQUE J.A.; ROSAJ.D. e GATIBONI L.C. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico álico. *Semina: Ci. Agr.*, 19:93-98, 2008.

MEIRELES, H. T. et al. Relações solo-paisagem em topossequência de origem basáltica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 129–136, jun. 2012.

MENDES, VV., LEMOS, P.O.C., LEMOS, R.C., CARVALHO, L.C.O. E ROSENBERG, R.J. 1954. **Contribuição ao mapeamento, em séries, dos solos do Município de Itaguaí**. Bolm 12, Inst. Ecol. Exp. Agrícolas, Min. Agríc., Rio de Janeiro

MENDONÇA, H. DA S. **Caracterização e afinidades da ictiofauna do Reservatório de Juturnaíba, em Silva Jardim, Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

MILNE, G. Normal Erosion as a Factor in Soil Profile Development. **Nature**, v. 138, n. 3491, p. 548–549, 1 set. 1936.

MILLOT, G. Géochimie de la surface et formes du relief. Présentation. **Sci. Géol.**, 30:229-233, 1977

MINASMY, B., McBRATNEY, A. A conditioned Latin Hypercube Method for Sampling in the Presence of Ancillary Information. **Rev. Computer e Geosciences**. V. 32. N.9. 1378 – 1388. 2006

MOLIN, J. P. et al. Método de avaliação de equipamentos para direcionamento de veículos agrícolas e efeito de sinais de GNSS. *Eng. Agríc., Jaboticabal* v. 31, n. 1, p. 121–129, 2011.

MONIZ, A. C. Evolução de conceitos no estudo da gênese de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.349-362, 1996.

MORAIS, F. de. **Estudo dos fatores pedogeomorfológicos intervenientes na infiltração em zonas de recarga no complexo metamórfico Bação, MG**. 2007. 132 f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007

MUNSSSEL COLOS. **MUNSSSEL SOIL COLOS CHARTS**. Edição Revisada ed. [s.l.] Macbeth Division Corporation, 1994.

NAHON, D. & MILLOT, G. Géochimie de la surface et formes du relief. V. Enfoncement géochimique des cuirasses ferrugineuses par épigenie du manteau d'alteration des roches mères gréseuses. Influence sur le paysage. **Sci. Géol.**, 30: 275-282, 1977

NASCIMENTO, N.R. Sistemas de transformação Couraça Ferruginosa Laterítica em Silcretee-ou Planossolo: Aplicação ao estudo dos relevos no médio vale do Rio Paramirim - BA. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas deLindóia, 1996. Solo-Suelo 96. Águas de Lindóia, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1996. CD-ROM

NASCIMENTO, N.R. & PEREZ, D.H. Evolução pedomorfológica das vertentes em Conceição do Araguaia (PA): abordagem metodológica e evidências macro e micromorfológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia** ., 4:31-52, 2003

NGUETNKAM, J. P. et al. Altération différentielle du granite en zone tropicale. Exemple de deux séquences étudiées au Cameroun (Afrique centrale). **Comptes Rendus Geoscience**, v. 340, n. 7, p. 451–461, jul. 2008.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 3º edição revista e ampliada. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 2008. 361p.

ORIHUELA, J.; SANCHEZ, L. B. Sociedade Latinoamericana de Ciência do Solos (SLCS). In: **Atlas de Solos da América Latina e do Caribe**. Louxembourg: Serviço de Publicações Europeias, 2015. p. 171.

OZTEKIN, M. E.; KOCA, Y. K. The advantages of Quickbird images for detailed soil survey studies. **Journal of food, Agriculture and environment**. V.9 n. 3 2011

OLIVEIRA, J.B. (2008) **Pedologia Aplicada**. Piracicaba: FEALQ. 3. ed. 592p.

PACHECO, EDSON PATO; BARROS, INACIO DE. O Uso de imagens aéreas para avaliação da cobertura do solo em sistemas de Produção de grãos no estado de Sergipe. **SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA**. 2015

PARRACHO, S. **Interações sobre a pluviosidade e,mm áreas de encostas de clima tropical úmido e os movimentos de massa: o caso das sub-bacias do alto rio São João – RJ**. Dissertação de Mestrado. PPGE (UERJ). 61p. 2012

PATHAK, H.S.; SATHEESH, S.K., NANJUNDIAH, R.S., MOORTHY. K.K, LAKSHMIVARAHAN, S., SURESH BABU. S. Assessment of regional aerosol radiative effects under the SWAAMI campaign – Part 1: Quality-enhanced estimation of columnar aerosol extinction and absorption over the Indian subcontinent. **Atmos. Chem. Phys.**, 19, 11865–11886, 2019

PEDROSA-SOARES A.C. & WIEDEMANN-LEONARDOS C.M. 2000. Evolution of the Araçuaí belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (Eds.) **Tectonic Evolution of South America**. São Paulo, SBG, p. 265-285.

PENNOCK, D. J.; VELDKAMP, A. Advances in landscape-scale soil research. **Advances in landscape-scale soil research**, v. 133, n. 1, p. 1–5, 1 jul. 2006

PENTEADO, M.M. A bacia de sedimentação de Rio Claro, Estado de São Paulo. **R.Geographica**, 17:38-61, 1969

- PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do Setor Centro-Ocidental da Depressão Periférica Paulista**. Tese de Doutorado—Rio Claro: Universidade de São Paulo, 1976.
- PEREZ, A.; DONZELLI, J. L.; LEPSCH, I. F. Relação solos geomorfologia em várzea do Rio Mogi Guaçu, (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, p. 181–187, 1980.
- PIMENTEL, D.N. Ecology of soil erosion in ecosystems. **Ecosystems** 1998. v1: 416-426
- PHILLIPS, J. D. Geogênese, pedogenesis, and multiple causality in the formation of texturecontrast soils. **Catena**, v. 58, p. 275–295, 2004.
- PINHEIRO, M. R.; QUEIROZ NETO, J. P. DE. Neotectônica E Evolução Do Relevo Da Região Da Serra De são Pedro E Do Baixo Piracicaba / Sudeste Do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 4, 31 out. 2015.
- PRIMO, P. B; da S.; VOLCKER, Claudio Michael. **Bacias Hidrográficas dos Rio São João e das Ostras – águas, terras e conservação ambiental**. Rio de Janeiro. 2004.
- PROJETO RADAN BRASIL. Instituto Brasileiros de Geografia e Estatística. **Levantamentos de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro
- QUEIROZ NETO, J. P. **Pedogênese no Planalto Atlântico. Contribuição à interpretação paleogeográfica dos solos da Mantiqueira norte ocidental**. Tese de Livre Docência—São Paulo: Universidade de São Paulo, 1975.
- QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil. **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 21., 1987, Campinas. Anais... Campinas: SBCS, p. 415-426, 1988.
- QUEIROZ NETO, J. P. DE; PELLERIN, J. **Solos E Relevo No Alto Vale Do Rio Do Peixe - Oscar Bressane** (São Paulo - Brasil). **REVISTA DO DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**, v. 7, p. 25–34, 1994.
- QUEIROZ NETO, J. P. **Geomorfologia e Pedologia**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 1. v. 1, p. 59–67, 2000.
- QUEIROZ NETO, José Pereira de. **O estudo de formações superficiais no Brasil**. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, v. 22, n. 1/2, p. 65-78, 2001.
- QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. **Geography Department, University of Sao Paulo**, p. 77–90, 2002.
- QUEIROZ NETO, J. P. DE. **O Papel Da Pedogênese No Modelado Do Relevo: Busca De Novos Paradigmas**. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física. **Anais...** In: II SEMINÁRIO IBERO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA. Universidade de Coimbra,: 2010.
- QUEIROZ NETO, J. P. DE. **Relações entre as Vertente e os Solos: uma Revisão**. p. 17, 2011.

RIBEIRO, S. C.; MARÇAL, M. DOS S.; CORRÊA, A. C. DE B. Etnogeomorfologia sertaneja - O conhecimento tradicional do produtor rural nordestino sobre o relevo e seus processos na sub-bacia do Rio Salgado/CE. **GEOgraphia**, v. 17, n. 33, jul. 2015.

RODRIGO ,TESKE, B., Tatiane; ELVIOM, GIASSON. Seleção de Densidade de Amostragem com Base em Dados de Áreas já Mapeadas Para o Treinamento em Modelos de Árvore de Decisão no Mapeamento Digital de Solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 960–967, fev. 2015.

ROQUERO, E.; SILVA, P. G.; ZAZO, C. Micromorfología de suelos hidromorfos desarrollados en depósitos fluvio-marinos del Pleistoceno Medio-Superior en el Golfo de Cádiz (Atlántico, Sur de España). **Revista SJSS 2013/ volumen 3/ núm. 3**, 2013.

ROSSETTI, D. F. et al. Neotectonics in the northern equatorial Brazilian margin. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 37, p. 175–190, 1 ago. 2012

RUELLAN, A. DOSSE, M., **Regards sur le sol**. Paris. 192p. 1993

RUFINO TMC, THIERSCH CR, FERREIRA SO, KANEGAE H JR, FAIS D. Uso da geoestatística no estudo da relação entre variáveis dentrométricas de povoamentos de Eucalyptus sp. e atributos do solo. **Ambiência** 2006; 2(1): 83-93

SABARÁ H.H.R, **O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) na identificação do percevejo marrom**. Dissertação de metrado. Universidade Tecnol[ogica Federal do Paraná. Campo Mourã. 2018

SAKAI, E; LEPSCH, I. F. **Levantamento pedológico detalhado da estação experimental de Pariquera-Açu**. Instituto Agrônomo. Campinas. 56p. 1984

SALGADO, C. M. Pedogeomorfologia: uma nova disciplina para a análise ambiental. **Revista Tamoios**, p. 8, 2005.

SANCHEZ, R. B. et al. Variabilidade espacial de propriedades de Latossolo e da produção de café em diferentes superfícies geomórficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 489–495, dez. 2005.

SANTOS, A. DO C. et al. Gênese e classificação de solos numa topossequência no ambiente de mar de morros do médio Vale do Paraíba do Sul, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34 n 4, p. 1.297-1314, out. 2010.

SANTOS, R. C. DOS. **GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DO RIO SÃO JOÃO (RJ): PROCESSOS, AJUSTES E MUDANÇAS**. Dissertação de Mestrado—PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA: UFRJ, 2019.

SARAIVA V.I.C, SILVA A.S DA, SANTOS J.P.C DOS. 2016. Uso do mapa de solos como subsídio para definição de áreas de suscetibilidade à erosão na bacia hidrográfica São João, Lagos e Una. **Geo UERJ** [Internet].

SARAIVA, V.; SILVA, A., SANTOS, J., Suscetibilidade a erosão dos solos da bacia hidrográfica Lagos- São João, no Estado do Rio de Janeiro – Brasil, a partir do Método AHP e Análise Multicriterio. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V.12; n.4; 2018, 1415-1430pp.

SARMENTO, E. C. et al. **Caracterização De Mapas Legados De Solos: Uso De Indicadores Em Mapas Com Diferentes Escalas No Rio Grande Do Sul**. p. 9, 2014.

SCHMITT R.S., TROUW R.A.J., VAN SCHMUS W.R., PIMENTEL M.M. Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil). **Precambrian Research** , 2004. 133:29-61

SCHMITT R.S., MENDES J.C., PETERNEL R., SILVA L.C., DANTAS E.L. 2012. Dating high grade syn-orogenic plutons and supracrustal rocks in a hot orogen - Ribeira belt case-study. : **SSAGI**, Medellin, Colombia

SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE (SEA); FERREIRA, R. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro.

SiBCS Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa. 2018

SILVA.F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

SILVA, A. J. N. et al. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em latossolos amarelos coesos do estado de Alagoas: propriedades micromorfológicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p. 515–525, set. 1998.

SILVA, A. J. N.; RIBEIRO, M. R. Caracterização de Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: Propriedades químicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, 1998.

SILVA, A. S. **Influencia da erosão na remoção de nutrientes e metais pesados em uma topossequência em Petropolis (RJ)**. Tese de Doutorado. Pós-graduação em Geologia (UFRJ).2006. 249p.

SILVA, A. S. et al. Soil structural indicators of hillslope destabilization in the Serra do Mar mountain range (Rio de Janeiro State, Brazil). **Natural Hazards**, v. 81, n. 2, p. 1177–1191, mar. 2016.

SILVA, B. A. et al. Mapeamento Digital De Solos E Os Atributos Topográficos Das Vertentes No Alto Curso Da Sub-Bacia Hidrográfica Do Córrego Quatro Pontes, Pr–Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 4, 1 out. 2018.

SILVA, A. S. DA. **Influência Da Erosão Na Remoção De Nutrientes E Metais Pesados Em Uma Topossequência Em Petrópolis (rj)**. Tese de Doutorado—Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, D. G. DA; CORRÊA, A. C. DE B. Aplicação Da Micromorfologia De Solos Aos Estudos De Sedimentos Quaternários: Uma Ferramenta Para a Reconstrução Paleoambiental (application of Soils Micromorphology to the Study of Quaternary Sediments: A Tool for Paleoenvironmental Reconstruction). **Mercator**, v. 8, n. 15, p. 111–138, 31 maio 2009.

SILVA, G.R.D.; SOUZA, Z.M./ MARTINS FILHO, M.V.. Souza, ç.s.de. Soil. Water and nutriente losses by interrill erosoin grom green cane cultivation. . **Revista Brasileira de Ciencia do Solo. V. 36. 963-970pp. 2012**

SILVA, L. F. S. DA et al. MORPHOLOGICAL AND MICROMORPHOLOGICAL CHANGES IN THE STRUCTURE OF A RHODIC HAPLUDOX AS A RESULT OF AGRICULTURAL MANAGEMENT. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 205–221, fev. 2015.

SILVA, T. P. DA; MELLO, C. L. Reativações neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (sudeste do Brasil). **Geologia USP. Série Científica**, v. 11, n. 1, p. 95–111, 1 abr. 2011.

SILVA, E. A. et al. Soils Associated to Summit Depressions of the Northeastern Brazilian Coastal Plains. **Ciênc. agrotec.**, v. 36, n. 5, p. 11, 2012

**Soil Survey Staff.** 1998. *Keys to Soil Taxonomy*. USDA. National Resources Conservation Service. Eighth edition.

SOUZA, L. DA S. et al. Distribuição do sistema radicular de citros em uma topossequência de solos de tabuleiro costeiro do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32(2), p. 503–513, 2008.

STOOPS, G. Seventy years’ “Micropedology” 1938–2008: The past and future. **Journal of Mountain Science**, v. 6, n. 2, p. 101–106, jun. 2009.

STOOPS, G.; MARCELINO, V; MEES, F. **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. 2. ed. [s.l.] ELSEVIER, 2003.

SUGUIO, K. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais: (passado+presente=futuro?)**. [s.l.] Paulo’s Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

TAYLOR, S. E.; McDONALD, T. P.; FULTON, J. P.; SHAW, J. N.; CORLEY, F. W.; BROADBECK, C. J. **Precision forestry in the southeast U. S.** 2002.

TOMASSELLI, A.M.G. Introdução. In: **Fotogrametria Básica - Introdução : aplicações a curta distância**. UNESP. 2009

TEM CATEN. A. **Mapeamento digital de Solos: Metodologias para atender a demanda por informação espacial em solos**. Tese de doutoramento em Ciencia do Solo. Santa Maria 2011.

THORP, K.R., THOMPSON, A.L., HARDERS, S.J., FRENCH, A.N., WARD, R.W. High-Throughput Phenotyping of Crop Water Use Efficiency via Multispectral Drone Imagery and a Daily Soil Water Balance Model. **Remote Sensing**. 2018

TRICART, J. **Ecodinâmica**. [s.l.] IBGE, 1970.

TUPINAMBÁ, M., TEIXEIRA W., HEILBRON M. 2000. Neoproterozoic Western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of the Rio Negro Complex in the Ribeira Belt, Southeastern Brazil. **Rev. Bras. Geoc.**, 30: 7-11.

TUPINAMBÁ, M. (COORD). 2012. **Nota Explicativa da Folha Nova Friburgo 1:100.000**. CPRM-UERJ. PRONAGEO. CD-ROM.

TURSINA, T. V.; MOROZOVA, T. D. Major stages of the development of soil micromorphology in Russia. **Eurasian Soil Science**, v. 44, n. 7, p. 809–823, jul. 2011.  
VALERIANO, M. DE M. **TOPODATA: GUIA PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS GEOMORFOLÓGICOS LOCAIS**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. Cap. 3, p.72-103.

VASCONCELOS. B.N.F. **Mapeamento Digital de Solos em Diferentes Escalas: Abordagem Metodológica**. Tese de doutoramento, Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 2016. 119p.

VERA ALDEIAS et al. Deciphering site formation processes through soil micromorphology at Contrebandiers Cave, Morocco. **Journal of Human Evolution**, v. 69, p. 8–30, 2014.

VIANA, S. M. **PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DOS ORTOGNAISSES DO COMPLEXO REGIÃO DOS LAGOS, ARARUAMA - CABO FRIO (RJ)**. Dissertação de Mestrado—Rio de Janeiro: Programa de Pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, jan. 2003.

VIANA, S. M.; VALLADARES, C. S.; DUARTE. Geoquímica dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, Araruama-Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 3, p. 488–500, set. 2008.

VIDAL-TORRADO, P. et al. Pedogênese em uma seqüência latossolo-podzólico na borda de um platô na depressão periférica paulista. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 4, p. 909–921, dez. 1999.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: **Tópicos em Ciências do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v. 4p. 145–192.

VILLAGRÁN, X. S. Micromorfologia de depósitos arqueológicos. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, v. 8- Suplemento, p. 197–205, 2009.

VISCARRA ROSSEL, R.A.; CATTLE, S.R.; ORTEGA, A.; FOUAD, Y. In situ measurements of soil colour, mineral composition and clay content by Vis-NIR spectroscopy. **Geoderma**, v.150, p.253-266, 2009.

WILDING, L.P.; SMECK, N.E.; HALL (editors). **Pedogenesis and soil taxonomy: The Soil Orders**. Elsevier. 1983

WILDING, L. P.; DRESS, L. R. Spatial variability and pedology. In: **Pedogenesis and soil taxonomy: I concepts and interactions**. Amsterdam: ELSEVIER, 1983. p. 83–116.

WYSOCKI, D. A.; SCHOENEBERGER, P. J.; LAGARRY, H. E. Soil surveys: a window to the subsurface. **Geoderma**, v. 126, n. 1–2, p. 167–180, maio 2005.

XAXIER DA SILVA, J. O que é o Geoprocessamento? Revista do CREA-RJ. N 79 . 42-44pp. 2009

XINGWU, D. et al. Soil productivity in the Yunnan province: Spatial distribution and sustainable utilization. **Soil and Tillage Research**, v. 147, p. 10–19, 1 abr. 2015.

YANG, W.; LI, X.; YANG, B.; FU, Y. A novel stereo matching algorithm for digital surface model (DSM) generation in water areas. **Remote Sensing**, v. 12, n. 5, p. 870, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12050870>

ZINCK, J.A.; METTERNICHT, G.; BOCCO VERDINELLI, G.H.R.; DEL VALLE, H.F. **Geopedology: An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies**. 201