

UFRRJ

**PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Arquitetura de Terra no Vale do Paraíba – SP:
caracterização dos solos e dos materiais empregados
nas técnicas de taipa de pilão, pau-a-pique e adobe**

Dilene Zaparoli

2025



ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos
UFRRJ - UFPA - UFV - UFPA





UNISOLOS

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS

Arquitetura de Terra no Vale do Paraíba – SP: caracterização dos solos e dos materiais empregados nas técnicas de taipa de pilão, pau-a-pique e adobe

DILENE ZAPAROLI

Sob a Supervisão do Professor Doutor
Eduardo Carvalho Silva Neto da UFRRJ

E da Professora Doutora
Renata Coura Borges da UFRRJ

Trabalho de Conclusão de Curso submetido como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista** em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos.

Seropédica, RJ
Junho de 2025



ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e interpretação de solos
UFRRJ - UFPA - UFV - UFPA



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Z576r ZAPAROLI, DILENE, 1969-
Arquitetura de Terra no Vale do Paraíba - SP:
caracterização dos solos e dos materiais empregados
nas técnicas de taipa de pilão, pau a pique e adobe /
DILENE ZAPAROLI. - cidade, 2025.
112 f. : il.

Orientadora: Eduardo Silva Carvalho Neto.

Coorientadora: Renata Coura Borges.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação). --
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, CURSO
DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO, LEVANTAMENTO E
INTERPRETAÇÃO DE SOLOS, 2025.

1. Arquitetura de Terra no Vale do Paraíba. 2.
Taipa de Pilão. 3. Geoprocessamento. 4. Solos. 5.
Vale do Paraíba. I. Silva Carvalho Neto, Eduardo, 1990
, orient. II. Coura Borges, Renata, 1981-, coorient.
III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS. IV. Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

É permitida a cópia parcial ou total deste documento, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO, LEVANTAMENTO
E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS**

Folha de aprovação

DILENE ZAPAROLI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi submetido como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos.

TCC APROVADO EM 14 de JULHO de 2025.

Prof. Eduardo Carvalho Silva Neto.
Instituição UFRRJ

Profa. Renata Coura Borges
Instituição UFRRJ

Prof.(a) xxxxxx
Instituição xxxxxx

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a construção deste percurso acadêmico e pessoal.

Com especial carinho, dedico ao meu marido, Altamir Clodoaldo Rodrigues da Fonseca, arquiteto talentoso e companheiro de vida, cujo apoio incondicional, paciência e incentivo constante foram fundamentais para a realização desta etapa. Sua escuta atenta, suas reflexões críticas e sua presença amorosa me fortaleceram em todos os momentos dessa caminhada.

Agradeço, também, às pessoas e instituições que gentilmente autorizaram o acesso às edificações estudadas nesta pesquisa, permitindo a observação, documentação e análise dos casos que fundamentam este trabalho. A colaboração, a confiança e a receptividade demonstradas foram essenciais para a concretização deste estudo.

A todos e todas, minha sincera gratidão.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio, à generosidade e à colaboração de muitas pessoas, às quais expresso minha sincera gratidão.

Agradeço, em especial, ao Sr. Renato Gomes, proprietário da Fazenda dos Coqueiros, e ao Sr. Henrique Grago, proprietário da Fazenda Resgate, ambos localizados em Bananal – SP, pela atenção, confiança e por gentilmente autorizarem o acesso às edificações históricas que integram o objeto deste estudo. Sua receptividade foi essencial para o desenvolvimento da pesquisa de campo.

Registro também meus agradecimentos à arquiteta e urbanista Natália dos Santos Moradei, pela valiosa contribuição com informações e reflexões sobre o município de São Luiz do Paraitinga, fundamentais para o aprofundamento do contexto urbano e arquitetônico da localidade.

Estendo minha gratidão à equipe do Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, pelo acolhimento acadêmico e pelo conhecimento compartilhado ao longo da formação.

Aos professores e colegas que, direta ou indiretamente, contribuíram com reflexões, orientações e apoio ao longo desta trajetória, deixo também meu reconhecimento. Registro com especial apreço o papel das tutoras Melania Merlo Ziviani e Ana Carolina de Souza Ferreira.

Por fim, agradeço a minha filha Leticia por me acompanhar nos levantamentos de campo e pela paciência de sempre, e ao meu marido, Altamir Clodoaldo Rodrigues da Fonseca, por sua presença constante, parceria e encorajamento em todas as fases desta caminhada.

A todos, meu muito obrigada.

BIOGRAFIA DILENE ZAPAROLI

Dilene Zaparoli é arquiteta e urbanista formada pela Universidade de Guarulhos (1992) e possui sólida trajetória acadêmica: mestre em Integração da América Latina – Arquitetura e Urbanismo pela USP (2005) e doutora em História, área de concentração em História Cultural, pela UNICAMP (2013), dedicando sua pesquisa à valorização do patrimônio histórico de Jacareí – SP. Complementa a formação com especializações em Patrimônio Arquitetônico (PUC-Campinas, 2003), Museologia e Patrimônio Cultural (Claretiano, 2019), Perícia e Auditoria Ambiental (UNINTER, 2020), Educação Digital (UNEB, 2022).

Com mais de três décadas de atuação, consolidou-se como referência em projetos de restauro e reabilitação de bens edificados. À frente da Restauero Brasil Projetos e Obras Ltda., empresa da qual é responsável técnica, conduz há 23 anos intervenções reconhecidas em diferentes municípios, aprovadas em órgãos de preservação nas esferas municipal, estadual e federal, além de gerenciar obras de médio e grande porte para clientes públicos e privados. Seu portfólio inclui projetos para o Centro Cultural Banco do Brasil, Residência Olivo Gomes (Rino Levi) e edifícios históricos em São Paulo, Angra dos Reis e São José dos Campos.

Entre 2015 e 2020, exerceu dois mandatos como conselheira titular do Conselho de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo (CAU/SP), coordenando a Comissão de Exercício Profissional e a Comissão de Patrimônio Cultural, onde modernizou procedimentos digitais de análise de processos e promoveu cursos de capacitação para arquitetos. Desde 2004, integra o Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico de São José dos Campos e presidiu o IAB-RMV (2016-2018), fortalecendo políticas locais de preservação e incentivo cultural.

Na docência, é professora universitária desde 2003 e coordena o curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Paulista – UNIP (campus São José dos Campos), onde lidera equipes docentes, revisa projetos pedagógicos e articula extensões que aproximam alunos da realidade profissional e da preservação do patrimônio cultural. Paralelamente, atua como perita judicial do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo em questões de usucapião, retificação de área e avaliação de imóveis urbanos e rurais.

Dilene também se destaca como autora e palestrante: publicou artigos técnicos em revistas especializadas como *Casas*, *Projetos* e *Modular*, além de contribuir para guias do CAU/SP sobre preservação arquitetônica. Participou como palestrante em oficinas nacionais de fiscalização profissional e patrimônio histórico promovidas pelo CAU/BR, compartilhando metodologias de análise e boas práticas de restauro.

Reconhecida pela capacidade de integrar rigor técnico, sensibilidade histórica e inovação didática, Dilene Zaparoli segue engajada em promover a salvaguarda do patrimônio arquitetônico brasileiro, formar profissionais atentos à sustentabilidade e ampliar o acesso ao conhecimento por meio de projetos acadêmicos e conteúdos digitais de qualidade.

RESUMO

ZAPAROLI, Dilene. **Arquitetura de Terra no Vale do Paraíba – SP: caracterização dos solos e dos materiais empregados nas técnicas de taipa de pilão, pau-a-pique e adobe.** 2025. 100f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos). Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

O presente trabalho de conclusão de curso investiga a relação intrínseca entre os atributos dos solos, os fatores ambientais e as técnicas construtivas em terra, como taipa de pilão, pau-a-pique e adobe, aplicadas em cinco edificações históricas no Vale do Paraíba – SP. Para tal, empregou-se o geoprocessamento para cartografar e interpretar os tipos de solo, relevo e clima, comparando as propriedades pedológicas com os critérios estabelecidos pela NBR 17014:2022 para a terra crua na construção. A pesquisa demonstrou que as condições pedológicas variadas do Vale do Paraíba influenciaram diretamente as escolhas construtivas e o desempenho das edificações. Verificou-se que Argissolos e Latossolos possuem boa aptidão para as técnicas de terra, enquanto solos hidromórficos como os Gleissolos demandam soluções específicas de fundação e drenagem. A influência do relevo e do regime pluviométrico na localização e nas estratégias de proteção das construções foi evidenciada. Este estudo ressalta a capacidade de adaptação da arquitetura vernacular ao solo e ao clima local, enfatizando a relevância do conhecimento pedológico para o planejamento de novas construções sustentáveis e para a restauração autêntica e duradoura do patrimônio edificado em terra. Os mapas temáticos gerados oferecem uma ferramenta prática para a seleção de locais, escolha de técnicas e gestão eficiente do legado arquitetônico de terra.

Palavras-chave: 1. Arquitetura de terra. 2. Taipa de pilão. 3. Geoprocessamento. 4. Solos. 5. Vale do Paraíba.

ABSTRACT

ZAPAROLI, Dilene. **Earth Architecture in Vale do Paraíba – SP: characterization of soils and materials used in rammed earth, wattle-and-daub, and adobe techniques.** 2025. 100p. Trabalho de Conclusão de Curso (Specialization in Geoprocessing, Soil Survey and Interpretation). Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

This concluding work investigates the intrinsic relationship between soil attributes, environmental factors, and earth construction techniques, such as rammed earth, wattle-and-daub, and adobe, applied in five historical buildings in Vale do Paraíba – SP, Brazil. Geoprocessing was employed to map and interpret soil types, relief, and climate, comparing pedological properties with criteria established by NBR 17014:2022 for raw earth in construction. The research demonstrated that the varied pedological conditions of Vale do Paraíba directly influenced construction choices and building performance. It was found that Argisols and Latosols show good suitability for earth techniques, while hydromorphic soils like Gleisols demand specific foundation and drainage solutions. The influence of relief and rainfall patterns on the location and protection strategies of these constructions was evidenced. This study highlights the adaptability of vernacular architecture to local soil and climate, emphasizing the relevance of pedological knowledge for planning new sustainable constructions and for the authentic and durable restoration of earth-built heritage. The thematic maps generated offer a practical tool for site selection, technique choice, and efficient management of earth architectural legacy.

Keywords: 1. Earth architecture. 2. Rammed earth. 3. Geoprocessing. 4. Soils. 5. Paraíba Valley.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Tipologia construtiva indígena com estrutura de madeira e cobertura vegetal.....	3
Figura 2 –	Casa em Cunha, Vale do Paraíba - SP, Arquipélago Arquitetos....	4
Figura 3 –	Casa em Cunha, Vale do Paraíba - SP, Arquipélago Arquitetos....	5
Figura 4 –	Casa em Cunha, Vale do Paraíba - SP, Arquipélago Arquitetos....	7
Figura 5 -	Aplicação da taipa de pilão em uma edificação contemporânea...	7
Figura 6 -	Taipal, forma de madeira para compactação da terra.....	10
Figura 7 –	Capela Nossa Senhora do Pilar, localizada em Taubaté – SP.....	11
Figura 8 -	Taipa de mão, trama de bambus amarrados com cipó, fechamento em argamassa de barro.....	12
Figura 9 -	Solar do Major Novaes em Cruzeiro, São Paulo.....	13
Figura 10 -	Construção em adobe.....	13
Figura 11 -	Fazenda Cantagalo, Valença – RJ.....	14
Figura 12 -	Mapa do Brasil com indicação da localização do Estado de São Paulo e destaque para o Vale do Paraíba.....	23
Figura 13 -	Mapa do Vale do Paraíba com indicação da localização dos municípios objeto de estudo desta pesquisa – Bananal, Jacareí São José dos Campos e São Luiz do Paraitinga.....	24
Figura 14 -	Fazenda Luanda – Bananal.....	28
Figura 15 -	Solar Gomes Leitão – Fachada Frontal.....	35
Figura 16 -	Localização no contexto urbano do Solar Gomes Leitão.....	35
Figura 17 -	Igreja São Benedito – Fachada Frontal.....	37
Figura 18 -	Localização no contexto urbano da Igreja São Bendito.....	37
Figura 19 -	Fachada lateral esquerda e fachada frontal do Instituto Elpídio dos Santos.....	40
Figura 20 -	Localização no contexto urbano da Residência M6.....	40
Figura 21 -	Fachada Frontal da Fazenda Resgate.....	42
Figura 22 -	Localização da Fazenda Resgate.....	42
Figura 23 -	Fachada Frontal da Fazenda dos Coqueiros.....	46
Figura 24 -	Localização da Fazenda dos coqueiros.....	46
Figura 25 -	Mapa de Localização Georreferenciada das Edificações, escala 1:100.000.....	57

Figura 26 -	Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Jacareí,	62
	escala 1:75.000.....	
Figura 27 -	Mapa pedológico (tipos de solo por município) – São José	67
	dos Campos, escala 1:75.000.....	
Figura 28 -	Mapa pedológico (tipos de solo por município) – São Luiz	72
	do Paraitinga, escala 1:75.000.....	
Figura 29 -	Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Mapa	77
	pedológico (tipos de solo por município) – Fazenda Resgate	
	– Bananal, escala 1:75.000.....	
Figura 30 -	Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Mapa	81
	pedológico (tipos de solo por município) – Fazenda dos	
	Coqueiros – Bananal, escala 1:75.000.....	

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
	2.1 Arquitetura de terra no Brasil: panorama histórico e técnico.....	2
	2.2 Técnicas construtivas com terra: taipa de pilão, taipa de mão e adobe.....	8
	2.2.1. A Taipa de Pilão: Histórico, Características e Aplicações no Brasil.....	9
	2.2.2. A Taipa de Mão: Conceitos e Métodos Construtivos.....	11
	2.2.3. O Adobe: Produção, Usos e Vantagens.....	13
	2.3 Propriedades físicas e químicas do solo aplicadas à construção.....	15
	2.4 Paisagem, solo e edificação: relação pedogeográfica e desempenho	16
	2.5 Estudos e normativas técnicas aplicáveis (SiBCS, NBR 17014:2022).....	17
	2.5.1. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).....	17
	2.5.2. NBR 17014:2022 – Terra Crua para Emprego em Construções.....	19
3.	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	20
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
	4.1 Tipo de abordagem da pesquisa.....	21
	4.2 Procedimentos metodológicos.....	21
	4.2.1. Levantamento Bibliográfico e Documental.....	22
	4.2.2. Análise do Conteúdo.....	22
	4.2.3. Área de Estudo (Contexto Geográfico e Temático).....	23
	4.2.4. Ferramentas e Recursos Complementares.....	31
	4.3 Caracterização da Área de Estudo.....	31
	4.3.1 Contextualização Geográfica e Histórico-Cultural do Vale do Paraíba.....	31
	4.3.2 Critérios de Seleção das Edificações.....	32
	4.3.3 Caracterização das Edificações selecionadas.....	33
	4.4 Levantamento de dados das Edificações selecionadas.....	35
	4.4.1 Solar Gomes Leitão – Jacareí.....	35
	4.4.2 Igreja São Benedito – São José dos Campos.....	37
	4.4.3 Residência urbana – São Luiz do Paraitinga.....	40
	4.4.4 Fazenda Resgate – Bananal.....	42
	4.4.5 Fazenda dos Coqueiros – Bananal.....	46
	4.4.6 Critérios de Classificação do Estado de Conservação de Edificações Históricas.....	50
	4.5 Produção dos mapas temáticos.....	55
	4.5.1 Mapa de localização georreferenciada das edificações.....	55
	4.5.1.1 Criação das Camadas de Base e Contexto do Mapa....	56
	4.5.1.2 Georreferenciamento das Edificações.....	56
	4.5.1.3 Composição Visual do Mapa.....	56
	4.5.1.4 Significado e Contribuição para o Estudo.....	57
	4.5.2 Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Jacareí.....	57
	4.5.2.1 Criação das Camadas de Base e Contexto do Mapa....	58
	4.5.2.2 Composição Visual do Mapa.....	59
	4.5.2.3 Significado e Contribuição para o Estudo.....	59

4.5.3 Mapa pedológico (tipos de solo por município) – São José dos Campos.....	62
4.5.3.1 Criação das Camadas de Base e Contexto do Mapa....	63
4.5.3.2 Composição Visual do Mapa.....	64
4.5.2.3 Significado e Contribuição para o Estudo.....	65
4.5.4 Mapa pedológico (tipos de solo por município) – São Luiz do Paraitinga.....	67
4.5.4.1 Criação das Camadas de Base e Contexto do Mapa....	68
4.5.4.2 Composição Visual do Mapa.....	69
4.5.4.3 Significado e Contribuição para o Estudo.....	70
4.5.5 Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Fazenda Resgate - Bananal.....	72
4.5.5.1 Criação das Camadas de Base e Contexto do Mapa....	73
4.5.5.2 Composição Visual do Mapa.....	74
4.5.5.3 Significado e Contribuição para o Estudo.....	75
4.5.6 Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Fazenda Resgate - Bananal.....	77
4.5.6.1 Criação das Camadas de Base e Contexto do Mapa....	78
4.5.6.2 Composição Visual do Mapa.....	79
4.5.6.3 Significado e Contribuição para o Estudo.....	79
4.6 Ferramentas e dados utilizados (SIG, GPS, bases cartográficas)....	81
4.6.1 Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	82
4.6.2 Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) e GPSO Sistema de Posicionamento Global (GPS).....	83
4.6.3 Bases Cartográficas.....	83
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
5.1 Discussão integrada entre edificação, tipo de solo e paisagem.....	85
5.2 Interpretação dos mapas temáticos.....	86
5.2.1 Relação entre tipo de solo e técnica construtiva.....	87
5.2.2 Influência do relevo e clima sobre a localização das edificações.....	90
5.3 Contribuições para o uso do solo na arquitetura de terra.....	91
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
7. RECOMENDAÇÕES PARA CONTINUIDADE DOS ESTUDOS.....	94
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95



1. INTRODUÇÃO

A revalorização das tecnologias construtivas em terra vem ganhando centralidade nas agendas internacionais de mitigação climática e de preservação do patrimônio cultural, pois reúne baixo consumo energético, reduzida pegada de carbono e elevada disponibilidade do insumo básico – o solo local (HOUBEN; GUILLAUD, 1992; MINKE, 2008). No Brasil, o emprego dessas técnicas – especialmente taipa de pilão, taipa de mão (pau-a-pique) e adobe – foi largamente responsável pela conformação de núcleos urbanos e rurais entre os séculos XVII e XIX (LE MOS, 2013). O Vale do Paraíba paulista desponta, nesse panorama, como território-chave: as condições pedogeográficas favoráveis, aliadas ao ciclo econômico do café, legaram um conjunto expressivo de edificações em terra, a exemplo do Solar Gomes Leitão (Jacareí), da Igreja de São Benedito (São José dos Campos), da Casa Urbana de São Luiz do Paraitinga e das fazendas históricas Resgate e Coqueiros (Bananal).

Paradoxalmente, embora reconhecidas por seu valor cultural e pelo desempenho térmico notadamente superior aos sistemas convencionais de alvenaria e concreto (DUARTE, 2022), essas construções carecem de estudos que relacionem, de forma sistemática, as propriedades dos solos originários aos níveis de conservação observados. A recente publicação da NBR 17014:2022 – Terra Crua para Emprego em Construções introduziu parâmetros mínimos de resistência, compacidade e durabilidade, mas não detalha a variabilidade pedológica que caracteriza as paisagens brasileiras. Nesse sentido, os avanços da geotecnologia – especialmente geoprocessamento e sensoriamento remoto – oferecem suporte metodológico para integrar cartograficamente atributos de solo, relevo e clima, em escala compatível à interpretação arquitetônica.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso insere-se, então, na convergência entre a Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos da UFRRJ e os estudos de Arquitetura de Terra. Propõe-se investigar como os fatores ambientais condicionaram a adoção das técnicas em terra nas cinco edificações-referência do Vale do Paraíba e de que modo essa configuração espacial pode subsidiar políticas de conservação e diretrizes para novas construções sustentáveis.

Do ponto de vista científico e social, a pesquisa se justifica por três motivos principais. Primeiro, porque amplia o corpo de conhecimento sobre o desempenho construtivo de edificações históricas em terra, ainda escasso em publicações indexadas (NEVES et al., 2022). Segundo, porque adota abordagem interdisciplinar, aliando pedologia, geografia física e arquitetura – demanda preconizada nas diretrizes do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PRONASOLOS) para aplicações patrimoniais (POLIDORO et al., 2021). Terceiro, porque fornece base técnico-cartográfica a órgãos de gestão do patrimônio, designers e comunidades locais interessados na reintrodução responsável dessas técnicas, em consonância com metas de redução de emissões estabelecidas no Acordo de Paris.

A questão norteadora pode ser enunciada nos seguintes termos: quais correlações existem entre os atributos dos solos – classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) – e a escolha, histórica e funcional, das técnicas de taipa de pilão, taipa de mão e adobe nas edificações analisadas, considerando ainda relevo e regime climático? Para responder a essa indagação, delinea-se objetivo geral de cartografar e



interpretar a relação solo–técnica–paisagem nas cinco edificações selecionadas. Derivam-se, como objetivos específicos: (i) georreferenciar com GPS de precisão cada edificação e caracterizar seus sistemas construtivos; (ii) elaborar mapas temáticos de solo, declividade/relevo e climatologia municipal a partir de bases IBGE, SRTM e INMET, em ambiente QGIS; (iii) comparar os tipos de solo mapeados – Latossolos, Argissolos e Neossolos Litólicos, predominantes na região – com os critérios físico-mecânicos da NBR 17014; e (iv) apontar lacunas a serem supridas em fase subsequente de ensaios laboratoriais, como análise granulométrica, densidade e capacidade de retenção de água (TEIXEIRA et al., 2017).

Metodologicamente, adota-se recorte espacial que abrange quatro municípios (Jacareí, São José dos Campos, São Luiz do Paraitinga e Bananal) e recorte temporal que compreende edificações erguidas entre o final do século XVIII e meados do XIX – período em que a técnica vernacular convivia com influências ligadas à economia cafeeira (FAUSTO, 2000). O levantamento de campo segue roteiro da Rede TerraBrasil (2022) para documentação de arquitetura de terra e o Manual de Descrição de Solos no Campo (SANTOS et al., 2015) para registro pedológico pontual. Os dados espaciais são integrados em geodatabase, permitindo análises de sobreposição e geração de perfis altimétricos.

Estruturalmente, o trabalho organiza-se em cinco capítulos. O Capítulo 2 reúne referencial teórico sobre técnicas em terra, requisitos pedológicos e aplicação de SIG em patrimônio, com destaque para a literatura de CRAterre, MINKE (2008) e Neves et al. (2022). O Capítulo 3 descreve materiais e métodos, detalhando área de estudo, instrumentos de coleta e fluxo cartográfico. O Capítulo 4 apresenta os mapas produzidos, discute os padrões espaciais identificados à luz da NBR 17014 e correlaciona escolha de sítio à performance construtiva. O Capítulo 5 sintetiza os achados, explicita limitações – notadamente a ausência de ensaios geotécnicos nesta fase – e traça recomendações para continuidade, incluindo protocolo de amostragem de solos históricos e guidelines de restauro.

Ao articular conhecimento vernacular, normalização técnica e geotecnologias, o estudo pretende demonstrar que a Arquitetura de Terra, para além de memória edificada, permanece como alternativa contemporânea de baixo impacto ambiental, capaz de dialogar com as demandas de sustentabilidade e de identidade territorial do século XXI.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Arquitetura de terra no Brasil: panorama histórico e técnico

A arquitetura de terra constitui-se como uma das mais ancestrais e universalmente disseminadas formas de edificação, com evidências de seu uso que remontam a milênios em diversas civilizações ao redor do globo (HOUBEN; GUILLAUD, 1994; MINKE, 2008). No contexto brasileiro, o emprego da terra como material construtivo integra uma herança cultural e tecnológica profundamente enraizada na história do país, manifestando-se desde as práticas construtivas autóctones das populações indígenas pré-colombianas até as robustas edificações introduzidas pelos colonizadores e as diversas construções vernaculares que moldaram significativamente a paisagem edificada ao longo dos séculos (LEMOS; LIRA, 2013).



A transição das técnicas construtivas da metrópole europeia para o território colonial americano demandou uma adaptação engenhosa aos recursos e às condições locais. A terra, abundante em quase todas as regiões, emergiu como o material de escolha, dada a escassez de outros materiais construtivos e a necessidade de erguer edificações de forma rápida e eficaz (REDE TERRABRASIL, 2022). Este material, empregado em diversas modalidades, permitiu o desenvolvimento de um vasto acervo arquitetônico que reflete não apenas as necessidades funcionais de cada época, mas também a identidade e a inventividade das comunidades que as ergueram. A persistência e a adaptação dessas técnicas por séculos, desde o período colonial, especialmente nos séculos XVI ao XIX, atestam sua eficácia e relevância histórica (FAUSTO, 2000; LEMOS; LIRA, 2013).



Figura 1 – Tipologia construtiva indígena com estrutura de madeira e cobertura vegetal.

Representação clara da utilização ancestral de recursos naturais e técnicas construtivas autóctones, preservando identidade territorial e climática. Amostra da arquitetura indígena coletiva, erguida com materiais disponíveis localmente e adaptada ao clima e relevo da região

Fonte: Fonte: SILVA, T. *Materiais e técnicas de construção dos povos indígenas brasileiros como futuro para a arquitetura*. ArchDaily Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/987464/materiais-e-tecnicas-de-construcao-dos-povos-indigenas-brasileiros-como-futuro-para-a-arquitetura>. Acesso em: 22 jun. 2025.

A utilização da terra na construção é reconhecida por suas características intrínsecas que a tornam uma solução construtiva de alto valor. Sua notável massa térmica confere às edificações um desempenho higrotérmico¹ superior, atuando como um regulador natural das

¹ O **desempenho higrotérmico** é um conceito fundamental na arquitetura e engenharia civil que descreve a capacidade de um elemento construtivo (como uma parede, telhado ou piso) ou de um edifício como um todo de gerenciar e controlar de forma eficaz as trocas de calor (energia térmica) e umidade (vapor d'água) entre o ambiente interno e o externo. Este controle se manifesta através de mecanismos como a condução de calor, a convecção, a radiação e, crucialmente, a difusão de vapor e a absorção/dessorção de umidade pelos materiais. Um bom desempenho higrotérmico é essencial para a regulação da temperatura do ar e da umidade relativa interna, prevenindo a ocorrência de condensação superficial e intersticial. O objetivo principal é otimizar o conforto térmico e a qualidade do ar interior para os ocupantes, ao mesmo tempo em que se garante a durabilidade estrutural da edificação, evitando problemas como o crescimento de mofo, degradação de materiais e patologias construtivas associadas à umidade excessiva.

Materiais naturais como a terra, empregados tradicionalmente em técnicas como a taipa de mão (tabique) e a taipa de pilão, destacam-se por suas propriedades intrínsecas que favorecem um excelente desempenho higrotérmico. Sua alta **inércia térmica** refere-se à notável capacidade de armazenar grandes quantidades de calor e liberá-lo lentamente ao longo do tempo. Isso resulta em uma moderação das flutuações de temperatura diárias e sazonais no interior do edifício, mantendo ambientes mais frescos em climas quentes e mais aquecidos em climas frios, com menor necessidade de sistemas de climatização. Além disso, a terra possui uma característica de **"respirabilidade"** ou capacidade de tamponamento de umidade (*moisture buffering capacity*), que é a sua propriedade de absorver o excesso de vapor d'água do ar interno quando a umidade está alta e liberá-lo de volta para o ambiente quando o ar está mais seco. Essa troca higroscópica natural ajuda a estabilizar a umidade relativa



temperaturas internas, o que contribui significativamente para o conforto ambiental, especialmente em climas com grandes variações diárias ou sazonais (MINKE, 2008). Além disso, a terra é um material de baixo custo, amplamente disponível e que demanda pouca energia incorporada em seu processo de produção, limitando-se à energia humana ou à solar para a secagem e compactação, o que reduz drasticamente seu impacto ambiental em comparação com materiais convencionais de construção (DUARTE, 2022). A capacidade de reutilização e o baixo volume de resíduos gerados ao final de sua vida útil reforçam seu caráter sustentável e alinhamento com os princípios da economia circular (REDE TERRABRASIL, 2022).

No cenário contemporâneo, a arquitetura de terra tem experimentado um renovado e crescente interesse, impulsionado pelas demandas globais por construções mais sustentáveis e eficientes. Pesquisadores e profissionais da arquitetura e engenharia têm revisitado essas técnicas ancestrais, buscando integrá-las com inovações tecnológicas para otimizar seu desempenho estrutural, durabilidade e aplicabilidade em diversos contextos, desde a autoconstrução popular até projetos de alto padrão (DUARTE, 2022; NEVES; SOUZA; FERREIRA, 2022). Essa redescoberta não se limita à replicação de métodos antigos, mas à sua adaptação e aprimoramento, aproveitando as propriedades naturais da terra para criar ambientes saudáveis e harmoniosos, e contribuindo para a valorização do patrimônio edificado e a promoção de práticas construtivas ambientalmente responsáveis. A Norma Brasileira ABNT NBR 17014:2022, que aborda a terra crua para emprego em construções, é um marco importante nesse contexto, fornecendo requisitos e procedimentos que atestam a viabilidade técnica e regulatória dessa matéria-prima para o setor da construção civil no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022).



Figura 2 – Casa em Cunha, Vale do Paraíba - SP, Arquipélago Arquitetos. Painéis de taipa compactada evidenciam a excelência do acabamento contemporâneo. A casa está

interna, reduzindo o risco de condensação e criando um ambiente mais saudável e confortável. Tais qualidades são amplamente reconhecidas e estudadas na literatura técnica (FROTA; SCHIFFER, 2012; ROCHA; LUPATINI; BARBOSA, 2018).



enraizada no terreno, com paredes de terra servindo simultaneamente como elementos estruturais, estéticos e de conforto térmico.

Fonte: ARCHDAILY. *The benefits of rammed earth in Brazilian houses*. ArchDaily Brasil, 2021. Disponível em: https://www.archdaily.com/957907/the-benefits-of-rammed-earth-in-brazilian-houses?utm_source=ch. Acesso em: 22 jun. 2025.

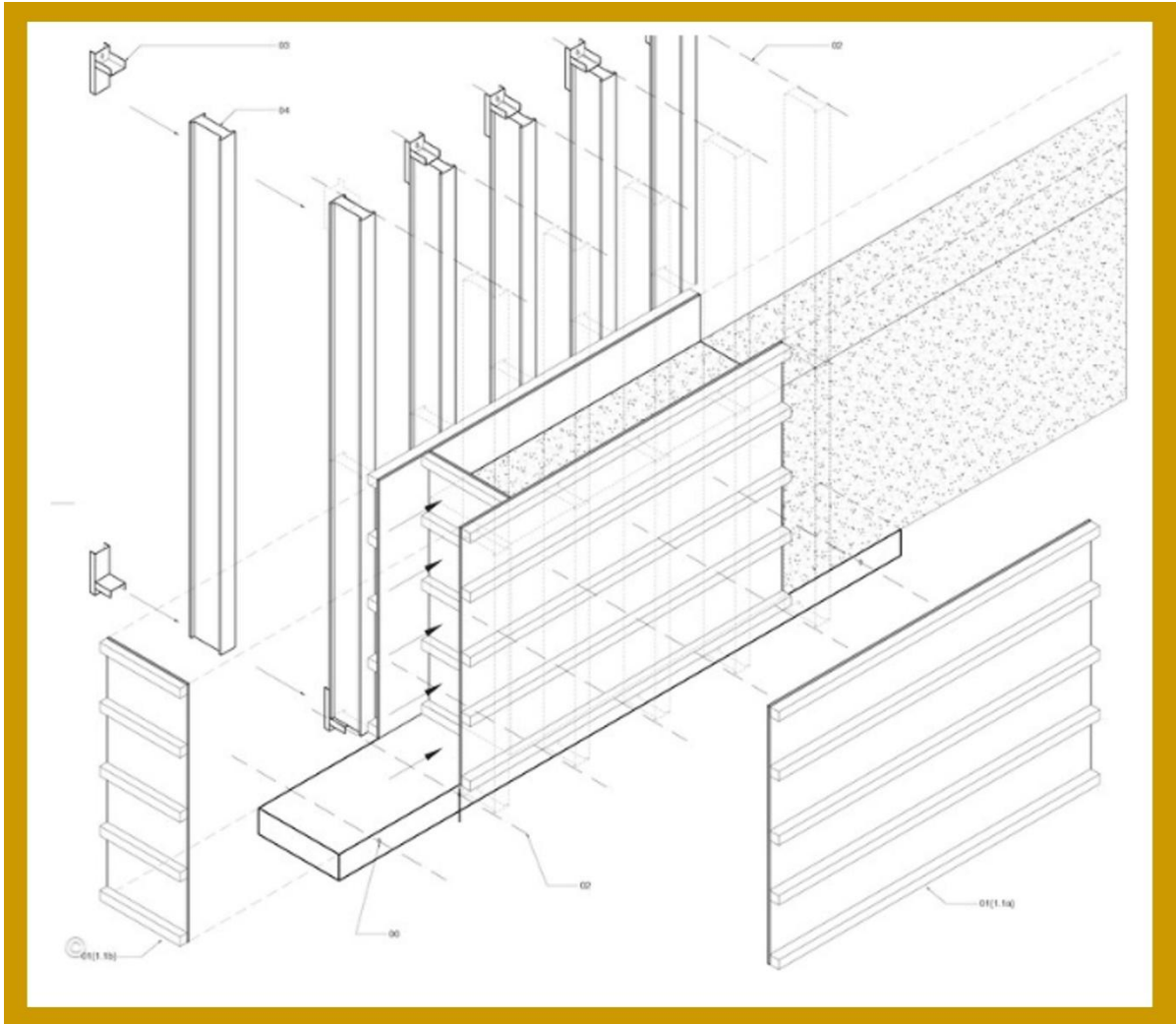


Figura 3 – Casa em Cunha, Vale do Paraíba - SP, Arquipélago Arquitetos. Esquema da estrutura de madeira – taipal – necessário para compactação da terra na técnica construtiva taipa de pilão.

Fonte: ARCHDAILY. *The benefits of rammed earth in Brazilian houses*. ArchDaily Brasil, 2021. Disponível em: https://www.archdaily.com/957907/the-benefits-of-rammed-earth-in-brazilian-houses?utm_source=ch. Acesso em: 22 jun. 2025.

Atualmente, a arquitetura de terra tem experimentado um **renovado e crescente interesse em escala global**, posicionando-se como uma resposta promissora às urgentes demandas por construções mais sustentáveis, eficientes e de baixo impacto ambiental. Este ressurgimento é intrinsecamente ligado à crescente conscientização sobre as **mudanças climáticas** e à busca por soluções que minimizem a **pegada de carbono** da indústria da construção, historicamente responsável por uma parcela significativa das emissões globais. A terra crua, um material abundante e local, oferece uma alternativa de **baixo custo energético**



incorporado (embodied energy), contrastando drasticamente com materiais convencionais como o concreto e o aço, cuja produção demanda intensas quantidades de energia e gera elevadas emissões de CO₂.

Impulsionado por esses imperativos ambientais e pela necessidade de maior **eficiência energética** nas edificações, este resgate vai muito além da mera reprodução nostálgica de técnicas ancestrais. Pelo contrário, trata-se de uma **reintegração estratégica da terra crua com inovações tecnológicas e intensivas pesquisas científicas** (FONTES, 2021; KLAUCK, 2019). A pesquisa contemporânea foca na compreensão aprofundada das propriedades físico-químicas da terra, no desenvolvimento de métodos de ensaio padronizados e na otimização de seu desempenho em diversas aplicações.

Pesquisadores e profissionais da arquitetura e engenharia têm revisitado e aprimorado o emprego da terra, buscando otimizar seu **desempenho estrutural** (através de ensaios de compressão e flexão que validam sua capacidade portante), **durabilidade** (melhorando a resistência à erosão e à umidade através de tratamentos superficiais e aditivos), **conforto higrotérmico** (aproveitando sua alta inércia térmica para atenuar flutuações de temperatura e sua capacidade de regulação da umidade relativa do ar para promover um ambiente interno mais saudável) e **aplicabilidade em diversos contextos**.

Tal otimização envolve o desenvolvimento de técnicas de **estabilização de solos**, que visam melhorar a resistência mecânica e a resistência à água da terra através da adição de pequenas quantidades de aglomerantes como cal, cimento ou aditivos naturais (como fibras vegetais). Além disso, observa-se o aprimoramento dos **processos construtivos**, com a mecanização de técnicas como a taipa de pilão (rammed earth) por meio de compactadores pneumáticos ou hidráulicos, e a **pré-fabricação de componentes**, como os blocos de terra comprimida (Compressed Earth Blocks - CEBs), que permitem maior controle de qualidade, padronização e agilidade na obra.

O **uso de ferramentas de projeto digital**, como Building Information Modeling (BIM) para coordenação e visualização, Análise de Elementos Finitos (Finite Element Analysis - FEA) para dimensionamento estrutural e simulações de Dinâmica de Fluidos Computacional (Computational Fluid Dynamics - CFD) para otimização do desempenho térmico, tem viabilizado a execução de geometrias complexas e a otimização do desempenho energético das edificações.

Essa evolução permite a execução de edificações que variam desde soluções de autoconstrução popular, focadas na acessibilidade e no empoderamento comunitário em assentamentos informais, até projetos de alto padrão e grande complexidade arquitetônica, como edifícios institucionais, residências de luxo e vinícolas, que exploram a estética e as qualidades sensoriais da terra. O crescente reconhecimento dos benefícios intrínsecos da terra – como seu baixo custo energético, sua capacidade de inércia térmica que atenua flutuações de temperatura e sua contribuição para a regulação higrotérmica dos ambientes internos, promovendo um clima interior mais estável e saudável – é amplamente evidenciado por sua inclusão e discussão em plataformas relevantes do setor, como a ArchDaily Brasil, que destaca a performance, a viabilidade técnica e o retorno dessa metodologia construtiva no cenário brasileiro (ARCHDAILY, 2021).



Figura 4 – Casa em Cunha, Vale do Paraíba - SP, Arquipelago Arquitetos. Interior da sala de jantar, a parede em taipa de pilão se destaca no ambiente e se torna protagonista neste cenário. Diagrama mostrando a localização das paredes de taipa de pilão.

Fonte: ARCHDAILY. *The benefits of rammed earth in Brazilian houses*. ArchDaily Brasil, 2021. Disponível em: https://www.archdaily.com/957907/the-benefits-of-rammed-earth-in-brazilian-houses?utm_source=ch. Acesso em: 22 jun. 2025.

No cenário contemporâneo da construção civil, o futuro aponta para uma revalorização e um avanço significativo das técnicas construtivas baseadas na terra, como a taipa de pilão, o adobe e o pau a pique. Impulsionado pela crescente urgência das demandas ambientais e pela busca incessante por soluções mais sustentáveis e eficientes, o emprego da terra crua tem transposto a barreira da nostalgia histórica para se firmar como uma alternativa construtiva de ponta (MINKE, 2008; HOUBEN; GUILLAUD, 2006). Este renovado interesse não se restringe à mera replicação de métodos ancestrais; ao contrário, ele se manifesta na integração profunda entre a sabedoria construtiva tradicional e as inovações tecnológicas e científicas mais recentes. A taipa de pilão, por exemplo, que historicamente se consolidou pela sua durabilidade e capacidade de moldar vastas edificações, hoje é revisitada sob uma ótica de otimização de seu desempenho estrutural, higrotérmico e de sua eficiência na aplicação (ARQUITETURA ECOLÓGICA, [s.d.] a; ESTRUTURAS E BIM, 2025).



Figura 5 – Aplicação da taipa de pilão em uma edificação contemporânea.

Fonte: ESTRUTURAS E BIM (2025). Disponível em: www.estruturasebim.com. Acesso em: 23 jun. 2025.

O avanço da pesquisa em materiais tem permitido um entendimento mais aprofundado das propriedades físico-químicas da terra, possibilitando o desenvolvimento de técnicas de estabilização de solos mais eficazes e sustentáveis. A adição controlada de aglomerantes naturais (como baba de cacto ou resinas) ou de percentuais mínimos de cal ou cimento tem aprimorado a resistência mecânica da terra, sua durabilidade e sua resiliência à umidade, ampliando seu campo de aplicação (ROCHA; LUPATINI; BARBOSA, 2018; DUARTE, 2022). Paralelamente, a mecanização de processos, como a compactação em taipa de pilão com equipamentos hidráulicos ou pneumáticos, e a pré-fabricação de componentes, como os blocos de terra comprimida (CEBs), têm contribuído para a otimização do tempo de execução, a padronização e o controle de qualidade, tornando a construção com terra mais competitiva em larga escala (REDE TERRABRASIL, 2022).

Além dos benefícios técnicos e ambientais, a arquitetura de terra contemporânea tem resgatado e valorizado sua expressão estética e sensorial. A paleta de cores naturais da terra, sua textura orgânica e a atmosfera acolhedora que ela confere aos ambientes internos têm sido exploradas em projetos que vão desde a autoconstrução popular até edificações de alto padrão e com complexidade arquitetônica (ARCHDAILY, 2021). Esse apelo estético contribui para superar o antigo estigma de que a terra seria um material para construções de baixa qualidade, impulsionando sua aceitação e demanda no mercado.

Contudo, para que a arquitetura de terra alcance seu potencial máximo, desafios regulatórios e de normatização precisam ser superados. A elaboração de normas técnicas brasileiras, como a NBR 17014:2022 que trata da terra crua para emprego em construções, representa um marco fundamental para a disseminação segura e padronizada da técnica, fornecendo diretrizes para requisitos, procedimentos e controle de qualidade (ABNT, 2022). A capacitação profissional e a quebra de paradigmas na academia e no mercado são igualmente cruciais para que a terra seja plenamente reconhecida como um material construtivo do futuro.

Em síntese, o futuro da arquitetura de terra no Brasil e no mundo está intrinsecamente ligado à capacidade de integrar o conhecimento tradicional com as inovações da ciência e da tecnologia. É um caminho promissor para edifícios mais eficientes, saudáveis, esteticamente ricos e, acima de tudo, verdadeiramente sustentáveis, alinhados com uma visão de circularidade e baixo impacto ambiental.

2.2 Técnicas construtivas com terra: taipa de pilão, taipa de mão e adobe

O vasto panorama da arquitetura de terra no Brasil é materializado por um conjunto diversificado de técnicas construtivas que se adaptaram às particularidades geográficas, climáticas e socioculturais do país ao longo da história. Embora compartilhem o solo como matéria-prima principal, a taipa de pilão, a taipa de mão e o adobe apresentam distinções significativas em seus processos executivos, propriedades físicas e usos predominantes. A compreensão detalhada dessas técnicas é fundamental para a análise do patrimônio edificado e para o desenvolvimento de novas aplicações sustentáveis, conforme os princípios de uma arquitetura responsável (LEMOS; LIRA, 2013; MINKE, 2008).



A **taipa de pilão**, também conhecida como *rammed earth*, é uma técnica caracterizada pela compactação de camadas de terra úmida em formas de madeira (taipais), por meio de soqueiras manuais ou mecânicas. A execução ocorre em módulos, que são sobrepostos até atingir a altura desejada da parede. A terra empregada geralmente possui granulometria balanceada (mistura de areia, silte e argila), com baixo teor de matéria orgânica e, em alguns casos, adições estabilizantes como cal ou cimento. Essa técnica foi largamente utilizada no Brasil durante os séculos XVII ao XIX, especialmente em edificações urbanas e rurais de maior porte, devido à sua durabilidade, massa térmica e solidez estrutural (DUARTE, 2022; VAUTHIER, 1975).

Já a **taipa de mão**, também denominada *pau a pique*, constitui-se por uma trama de varas ou ripas de madeira entrelaçadas (geralmente com fibras vegetais locais), recobertas por argamassa de terra aplicada manualmente. O sistema é de menor robustez, normalmente não estrutural, e frequentemente associado a habitações vernaculares de menor escala. Sua construção demanda menor quantidade de recursos e instrumentos, sendo amplamente utilizada por populações indígenas e afrodescendentes desde o período colonial, com significativa presença no sertão nordestino e em comunidades rurais do Vale do Paraíba (OLENDER, 2006; LIMA; BESSA; EIRES, 2019). A técnica permite flexibilidade no traçado da planta e apresenta bom desempenho térmico, especialmente em climas quentes e secos, desde que protegida de chuvas diretas e da umidade do solo (GRUPO PROJETER, 2007).

Por sua vez, o **adobe** consiste em blocos moldados manualmente com terra crua, geralmente estabilizada com palha ou fibra vegetal, secos ao sol por vários dias antes da montagem. A alvenaria de adobe permite maior padronização das paredes, rapidez de execução e possibilidades estéticas diversas. Embora menos difundida nas áreas urbanas brasileiras durante o século XIX, essa técnica teve grande importância na formação de núcleos rurais e em zonas semiáridas, como o agreste nordestino e partes do Centro-Oeste, sendo também valorizada em projetos contemporâneos de baixo impacto ambiental (NEVES; SOUZA; FERREIRA, 2022).

Apesar de suas diferenças, as três técnicas compartilham a valorização do **recurso local**, a **simplicidade construtiva** e o **baixo impacto ambiental**, representando importantes referências para práticas arquitetônicas contemporâneas comprometidas com a sustentabilidade. O conhecimento técnico e a documentação dessas práticas são essenciais tanto para fins de conservação do patrimônio quanto para formulação de diretrizes normativas e inovadoras. Projetos atuais têm revisitado essas técnicas integrando soluções modernas, como impermeabilização capilar, reforço com geotêxteis e adições estabilizantes, para ampliar sua durabilidade e aceitação técnica junto a construtores e órgãos públicos (ARCHDAILY, 2021; SILVA, 2022).

2.2.1. A Taipa de Pilão: Histórico, Características e Aplicações no Brasil

A taipa de pilão, também referida como taipa ou terra apiloada, é uma técnica que se caracteriza pela compactação de camadas sucessivas de terra úmida – geralmente uma mistura balanceada de areia, argila e silte, com baixo teor de matéria orgânica – dentro de fôrmas removíveis, conhecidas como taipais. Este processo resulta na formação de paredes monolíticas de notável resistência, durabilidade e massa (HOUBEN; GUILLAUD, 1994; MINKE, 2008).



Embora a técnica tenha raízes em civilizações milenares, sua introdução no território brasileiro é atribuída aos colonizadores portugueses, que já possuíam um domínio considerável sobre ela em sua terra natal (LEMOS; LIRA, 2013).

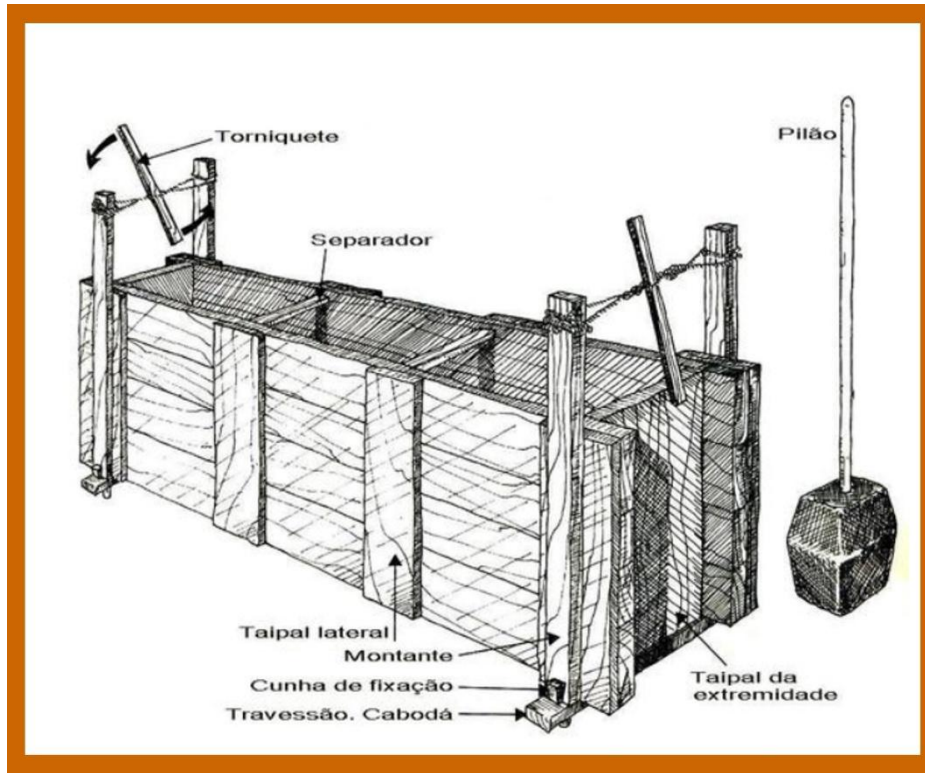


Figura 6 – Taipal, forma de madeira para compactação da terra.

Fonte: Imagem de PINTEREST. Disponível em: br.pinterest.com. Acesso em: 23 jun. 2025.

No contexto colonial brasileiro, a taipa de pilão ganhou proeminência e foi extensivamente utilizada na edificação de construções de maior porte e significado institucional, tais como igrejas, imponentes casarões urbanos e as vastas sedes de fazendas. Sua difusão foi particularmente notável em regiões com abundância de solos argilosos e arenosos adequados, como o planalto paulista, Minas Gerais e, de forma expressiva, no Vale do Paraíba, onde a necessidade de estruturas robustas e o aproveitamento dos recursos locais impulsionaram sua adoção (FAUSTO, 2000; LEMOS; LIRA, 2013). As notórias edificações bandeiristas paulistas, muitas das quais ainda em pé, servem como testemunho da maestria alcançada na execução da taipa de pilão, demonstrando sua capacidade estrutural para suportar grandes vãos e até múltiplos pavimentos. O sucesso da técnica no período colonial deveu-se à sua praticidade e economia, uma vez que, apesar de demandar mão de obra considerável para o pilão e desmoldagem, prescindia de materiais importados ou de alto custo, dependendo majoritariamente de recursos extraídos do próprio local da obra (REDE TERRABRASIL, 2022).

As qualidades intrínsecas da taipa de pilão são diversas. Sua espessura, geralmente entre 40 e 90 cm, confere às paredes uma elevada massa térmica e inércia, resultando em um conforto higrotérmico superior no interior das edificações, ao moderar as flutuações de temperatura diárias e sazonais (MINKE, 2008). Essa robustez contribui também para um excelente



isolamento acústico. Visualmente, as paredes de taipa de pilão são marcadas pela beleza das camadas horizontais de terra compactada, que revelam as variações cromáticas do solo utilizado, conferindo uma estética orgânica e singular à edificação (REDE TERRABRASIL, 2022). Para garantir a longevidade e a integridade estrutural das construções em taipa de pilão, é imperativa a proteção contra a umidade ascendente do solo – geralmente alcançada por meio de baldrames elevados e impermeabilizados – e contra a erosão superficial provocada por chuvas e intempéries, mediante o uso de beirais generosos e, quando necessário, revestimentos protetores (HOUBEN; GUILLAUD, 1994). No cenário contemporâneo, a taipa de pilão tem sido revitalizada em projetos de arquitetura que buscam a sustentabilidade, a eficiência energética e uma estética que valoriza a materialidade natural, combinando os princípios tradicionais com inovações tecnológicas para otimizar seu desempenho e durabilidade (DUARTE, 2022).



Figura 7 – Capela Nossa Senhora do Pilar, localizada em Taubaté – SP. Construída em taipa de pilão e inaugurada em 1747, a Capela do Pilar é um dos mais bem preservados exemplos do estilo barroco paulista (com influências mineiras) no Vale do Paraíba, destacando a tradição construtiva com terra.

Fonte: TAUBATÉ.COM.BR. **Capela Nossa Senhora do Pilar.** Taubaté: taubate.com.br, 2019. Disponível em: www.taubate.com.br. Acesso em: 23 jun. 2025

2.2.2. A Taipa de Mão: Conceitos e Métodos Construtivos

A taipa de mão, amplamente conhecida como pau a pique ou, em algumas regionalidades, como taipa de sebes ou de sopapo, representa uma das técnicas construtivas em terra mais acessíveis e de larga difusão no Brasil. Sua execução baseia-se na criação de uma trama estrutural a partir de elementos de madeira – tipicamente esteios verticais e um entrelaçado horizontal de varas e sarrafos. Sobre esta malha, aplica-se manualmente uma massa plástica composta por terra (barro) misturada a fibras vegetais diversas, como capim, palha, ou mesmo esterco, que agem como aglomerantes e reforços (HOUBEN; GUILLAUD, 1994;

REDE TERRABRASIL, 2022). A aplicação dessa mistura, que preenche os vãos da estrutura de madeira, confere o nome à técnica, dada a intensidade do trabalho manual.



Figura 8 – Taipa de mão, trama de bambus amarrados com cipó, fechamento em argamassa de barro. Esta técnica construtiva vernacular destaca-se pela leveza e adaptabilidade, utilizando materiais locais e renováveis.

Fonte: SIENGE. **Construções em taipa de mão:** saiba tudo sobre essa técnica! [S. l.: s. n.], 14 mar. 2023. Disponível em: www.sienge.com.br. Acesso em: 23 jun. 2025.

No Brasil, a taipa de mão possui uma capilaridade histórica ainda mais ampla do que a taipa de pilão, sendo a técnica construtiva predominante para residências rurais e urbanas de menor escala, especialmente em regiões interioranas e durante os períodos de colonização mais dispersa (LEMOS; LIRA, 2013; FAUSTO, 2000). Sua simplicidade de execução, a vasta disponibilidade e o baixo custo dos materiais (madeira, terra, água, fibras vegetais) e a possibilidade de autoconstrução ou construção com mão de obra familiar e comunitária a tornaram uma escolha extremamente popular entre as populações de baixa renda e os pioneiros. Essa versatilidade permitiu que a técnica se adaptasse a uma miríade de realidades geográficas e climáticas em todo o território nacional, gerando uma rica diversidade de tipologias construtivas vernaculares (REDE TERRABRASIL, 2022).

Entre as principais características da taipa de mão, destacam-se a leveza da estrutura em comparação com a taipa de pilão, a flexibilidade que permite diferentes formas e a utilização eficiente de recursos locais (MINKE, 2008). A incorporação de fibras vegetais na massa de barro é crucial, pois confere maior resistência à tração, minimiza a formação de fissuras durante o processo de secagem e aprimora as propriedades de isolamento térmico e acústico da parede. Embora por vezes possa ser percebida como uma construção de menor durabilidade, edificações em taipa de mão que foram bem executadas e mantidas ao longo do tempo podem perdurar por séculos, desde que adequadamente protegidas da umidade excessiva e de pragas como cupins (HOUBEN; GUILLAUD, 1994). A preservação desse expressivo patrimônio vernacular é um desafio constante, mas também uma valiosa oportunidade de resgatar técnicas construtivas sustentáveis, de baixo impacto ambiental, e de reforçar a identidade cultural brasileira.



Figura 9 – Solar do Major Novaes em Cruzeiro, São Paulo. Construído em adobe, no pavimento inferior, e pau a pique, no pavimento superior.

Fonte: WIKIPÉDIA. Pau a pique. [S. l.: s. n.], 1 jan. 2024. Disponível em: www.pt.wikipedia.org. Acesso em: 23 jun. 2025.

2.2.3. O Adobe: Produção, Usos e Vantagens

O adobe representa uma das técnicas construtivas em terra mais elementares, versáteis e globalmente difundidas. Consiste na moldagem de blocos de terra crua – uma mistura balanceada de argila, areia e silte, frequentemente enriquecida com fibras vegetais, como palha – que são subsequentemente secos ao sol, em um processo natural que dispensa a queima em fornos, distinguindo-se assim dos tijolos cerâmicos convencionais (HOUBEN; GUILLAUD, 1994; MINKE, 2008). A ancestralidade do adobe remonta a civilizações antigas no Oriente Médio, África, Américas e Ásia, evidenciando sua adaptabilidade a diversas condições climáticas e culturais em praticamente todos os continentes.



Figura 10 – Construção em adobe.

Fonte: VIVADecORA. Casa de adobe: conheça a técnica de construção ecológica! [S. l.: s. n.], 25 ago. 2021. Disponível em: www.arquitetura.vivadecora.com.br. Acesso em: 23 jun. 2025.



No Brasil, a presença do adobe remonta ao período colonial, tendo sido introduzida e adaptada às particularidades edafoclimáticas e culturais locais (LEMOS; LIRA, 2013). Sua aplicação foi notável tanto em contextos rurais quanto urbanos, especialmente em regiões onde a madeira para a taipa de mão poderia ser escassa ou onde se buscava uma maior padronização, precisão modular e durabilidade percebida em comparação com as técnicas de terra monolíticas. Embora sua utilização possa não ter sido tão disseminada quanto a da taipa de mão em algumas áreas, o adobe desempenhou um papel significativo na construção de uma variedade de edificações, incluindo residências, igrejas e edifícios públicos em diversas localidades do país (REDE TERRABRASIL, 2022).

As vantagens do adobe são multifacetadas e justificam plenamente seu crescente ressurgimento na arquitetura contemporânea sustentável. Os blocos de adobe possuem uma notável massa térmica, conferindo às edificações um conforto higrotérmico superior, mantendo as temperaturas internas mais estáveis e amenas, mesmo diante de grandes variações térmicas externas (MINKE, 2008). O processo produtivo do adobe é de baixo custo, exige uma quantidade mínima de energia incorporada (limitada à energia solar para a secagem) e pode ser eficientemente realizado com mão de obra local, frequentemente em um modelo de autoconstrução ou com participação comunitária, alinhando-se aos princípios da economia circular e da bioarquitetura (DUARTE, 2022). Adicionalmente, por se tratar de um material natural, o adobe é atóxico, totalmente reciclável e biodegradável. A versatilidade do adobe permite a construção de paredes autoportantes, assim como de elementos estruturais complexos como arcos e abóbadas. Sua superfície pode ser revestida com uma variedade de acabamentos naturais ou ser deixada aparente, expondo suas textura e coloração orgânica (HOUBEN; GUILLAUD, 1994). A longevidade das construções em adobe, à semelhança de outras técnicas em terra, é intrinsecamente dependente de uma proteção eficaz contra a água e a umidade, sendo cruciais a implementação de beirais generosos, baldrames elevados e revestimentos adequados para preservar a integridade dos elementos ao longo do tempo.



Figura 11 – Fazenda Cantagalo, Valença – RJ. Possui na sua construção técnica mista, mas o adobe está presente.

Fonte: INSTITUTO CIDADE VIVA. **Fazenda Cantagalo**: Inventário. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<https://www.institutocidadeviva.org.br/inventarios/?p=377>>. Acesso em: 23 jun. 2025.



2.3 Propriedades físicas e químicas do solo aplicadas à construção

A seleção e o preparo do solo são etapas primordiais na arquitetura de terra, pois as propriedades físicas e químicas da matéria-prima influenciam diretamente o desempenho, a durabilidade e a estabilidade das edificações. O solo, em sua complexidade, é um material dinâmico, cujas características são resultado da interação de fatores pedogenéticos como clima, relevo, organismos, material de origem e tempo (SANTOS et al., 2018). Para fins construtivos, a compreensão dessas propriedades é crucial para garantir a adequação do material às técnicas empregadas e para otimizar seu comportamento.

As propriedades físicas do solo desempenham um papel fundamental na construção com terra. A granulometria, que se refere à proporção de partículas de diferentes tamanhos (areia, silte e argila), é um dos parâmetros mais importantes. Solos com uma composição granulométrica equilibrada, contendo uma mistura adequada de areia (para resistência à compressão e redução de retração), silte (como agente de preenchimento) e argila (como ligante que confere plasticidade e coesão), são ideais para a maioria das técnicas de arquitetura de terra (MINKE, 2008). O excesso de argila pode levar a fissuras excessivas por retração durante a secagem, enquanto o excesso de areia pode resultar em baixa coesão e resistência. A plasticidade e a consistência do solo, avaliadas por meio de limites de Atterberg, também são indicadores essenciais para determinar a trabalhabilidade do material e sua capacidade de ser moldado e compactado. A densidade e o grau de compactação do solo são determinantes para a resistência final da parede, influenciando sua capacidade de carga e durabilidade (TEIXEIRA et al., 2017).

As propriedades químicas do solo, embora menos intuitivas, são igualmente relevantes. O pH, por exemplo, pode influenciar a estabilização do solo, especialmente quando aditivos como o cimento ou a cal são utilizados (HOUBEN; GUILLAUD, 1994). O teor de matéria orgânica deve ser minimizado para fins construtivos, pois pode comprometer a coesão do solo e sua durabilidade, além de favorecer o desenvolvimento de microrganismos. A presença de sais solúveis específicos também pode ser prejudicial, contribuindo para eflorescências ou degradação do material ao longo do tempo. A análise química do solo pode revelar a necessidade de correção por meio de estabilizantes, que são materiais adicionados para melhorar suas propriedades, como cimento, cal ou mesmo amidos naturais, visando aumentar a resistência à compressão, a resistência à erosão e a durabilidade sob condições de umidade (DUARTE, 2022).

Para uma avaliação precisa das propriedades do solo para construção, são empregados métodos de análise de solo que seguem protocolos padronizados, como aqueles detalhados no Manual de Métodos de Análise de Solos (TEIXEIRA et al., 2017). A interpretação desses resultados permite identificar solos mais adequados para taipa de pilão (que geralmente requerem um solo mais granular com boa quantidade de argila), taipa de mão (que se beneficiam de solos mais argilosos e fibrosos) ou adobe (que precisam de um equilíbrio entre argila e areia para moldagem e secagem sem fissuras) (HOUBEN; GUILLAUD, 1994; MINKE, 2008). O Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PronaSolos) e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) fornecem diretrizes essenciais para o mapeamento e a caracterização dos solos em larga escala, oferecendo uma base de dados valiosa

para a identificação de áreas com potencial construtivo em terra (POLIDORO et al., 2021; SANTOS et al., 2018).

2.4 Paisagem, solo e edificação: relação pedogeográfica e desempenho

A relação entre paisagem, solo e edificação na arquitetura de terra transcende a mera disponibilidade de matéria-prima, configurando uma complexa interação pedogeográfica que molda as decisões construtivas, influencia o desempenho da edificação e define sua longevidade. A paisagem, em suas múltiplas dimensões – física, geomorfológica, hídrica e biológica – determina não apenas o material de construção acessível e suas características, mas também as condições ambientais e topográficas que demandam soluções arquitetônicas específicas para a adaptação, a proteção e a integração das edificações. O solo, elemento central dessa tríade, é o produto de processos pedogenéticos contínuos e multifatoriais, que incluem a ação do material de origem, do clima, do relevo, dos organismos e do tempo, além da crescente influência da atividade humana (KAMPF; CURI, 2012; PEREIRA et al., 2019; SIMONSON, 1959; IBGE, 2015).

A pedogeográfica, enquanto campo de estudo que investiga a distribuição espacial dos solos e suas relações com o ambiente, as formas de relevo e os ecossistemas, oferece um arcabouço conceitual e metodológico crucial para compreender a escolha histórica e a viabilidade contemporânea das técnicas de arquitetura de terra (SANTOS et al., 2018; TEIXEIRA et al., 2017). A topografia, em particular a declividade do terreno, impõe condicionantes significativas. Em áreas com alta inclinação, a escolha do local de implantação da edificação e a necessidade de fundações adequadas, sistemas de drenagem e contenção são imperativas para mitigar problemas como instabilidade geotécnica, erosão superficial e escorregamentos. O relevo, portanto, não é apenas um pano de fundo, mas um fator ativo que influencia a gênese e evolução do solo, bem como a drenagem natural da água, impactando diretamente a adequação de um solo para construção e a necessidade de soluções construtivas específicas para garantir a estabilidade e a durabilidade das edificações (SCHAETZL; ANDERSON, 2015). A compreensão da pedogênese permite antecipar as características morfológicas e físicas do solo, como a formação de horizontes e camadas, textura, estrutura e cor, que são cruciais para a escolha da técnica construtiva e para o desempenho da edificação (PEREIRA et al., 2019; OLIVEIRA, 2005).

O desempenho da edificação em terra, em termos de durabilidade, conforto higrotérmico e resistência a patologias, está intrinsecamente ligado à sua interação com o entorno imediato e com o regime climático regional. As edificações em terra, por sua natureza higroscópica – ou seja, a capacidade de absorver e liberar umidade do ar – e por sua composição material, reagem diretamente às condições de precipitação, umidade relativa do ar e temperatura (HOUBEN; GUILLAUD, 1994). Em climas úmidos e com alta precipitação, a proteção contra a água torna-se um fator crítico, exigindo beirais amplos, baldrames elevados e eficientes sistemas de drenagem de águas pluviais para evitar a saturação das paredes e a umidade capilar ascendente. Em contraste, em regiões de clima árido e com grandes amplitudes térmicas diárias, a massa térmica das paredes de terra é altamente vantajosa, atuando como um "volante térmico" que absorve calor durante o dia e o libera lentamente à noite, mantendo o interior fresco (MINKE, 2008). Projetos que integram o conhecimento aprofundado da paisagem local podem incorporar



estratégias de design passivo para otimizar o desempenho térmico e higrotérmico, como a orientação solar estratégica, a proteção contra ventos dominantes e a utilização da vegetação para sombreamento e controle microclimático, elementos que tradicionalmente definem a arquitetura vernacular (LEMOS; LIRA, 2013).

Historicamente, a arquitetura vernacular em terra reflete uma profunda sabedoria na leitura da paisagem e na resposta a seus desafios, com soluções construtivas que se tornaram parte integrante do ecossistema local. Essas construções são exemplos de uma coevolução entre o homem, a técnica e o ambiente, onde a forma e a função da edificação são moldadas pela disponibilidade de recursos naturais e pelas condições do entorno. A atividade humana, inclusive, tem sido reconhecida como um sexto fator de formação do solo, podendo acelerar ou retardar processos pedogenéticos, e moldar a paisagem e a distribuição dos solos (RICHTER; YAALON, 2012; RICHTER; EPPES, 2020).

O entendimento aprofundado da relação pedogeográfica, portanto, não só permite preservar e restaurar esses legados construídos, mas também informa o design de novas edificações, promovendo uma arquitetura que se insere harmoniosamente no ambiente natural. A aplicação de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, aliada à análise de dados do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PronaSolos) (POLIDORO et al., 2021) e do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (SANTOS et al., 2018), oferece ferramentas poderosas para a identificação de áreas mais propícias para a arquitetura de terra, a avaliação de riscos ambientais (como erosão e instabilidade de encostas) e a proposição de intervenções que respeitem a integridade ecológica e cultural do local, garantindo um desempenho superior e uma maior sustentabilidade dos empreendimentos. A descrição morfológica e a coleta de solos em campo, seguindo manuais como os da Embrapa (SANTOS et al., 2015; SCHOENEBERGER et al., 2012), são etapas cruciais para a obtenção de dados precisos e para a compreensão da "memória pedológica" da paisagem.

2.5 Estudos e normativas técnicas aplicáveis (SiBCS, NBR 17014:2022)

A aplicação da arquitetura de terra na construção civil contemporânea, embora resgate saberes tradicionais, exige a observância de rigor técnico e a conformidade com normativas e sistemas de classificação que garantam a segurança e a qualidade das edificações. No Brasil, o avanço na pesquisa e a crescente demanda por construções sustentáveis impulsionaram o desenvolvimento de documentos técnicos e normativos essenciais para o setor, destacando-se o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) e a Norma ABNT NBR 17014:2022.

2.5.1. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), desenvolvido e continuamente aprimorado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), representa o arcabouço taxonômico oficial e mais completo para a identificação, caracterização e classificação dos solos que compõem o vasto território brasileiro (SANTOS et al., 2018). Este sistema é adotado como referência fundamental em diversas áreas do conhecimento no Brasil, incluindo as Ciências Agrárias e, por extensão, a Engenharia e Arquitetura, dada a sua capacidade de fornecer informações detalhadas sobre as propriedades do solo.

A concepção do SiBCS fundamenta-se em uma abordagem morfogenética, o que significa que os processos pedogenéticos pelos quais o solo se formou ao longo do tempo são refletidos em sua morfologia e em suas características físicas, químicas e mineralógicas. Compreender a pedogênese – o estudo da formação e evolução do solo – é, portanto, essencial para a correta aplicação e interpretação do SiBCS (KAMPF; CURI, 2012; PEREIRA et al., 2019; SIMONSON, 1959). Os solos resultam da interação complexa de fatores como material de origem (rochas ígneas, sedimentares, metamórficas ou sedimentos diversos), clima (temperatura, precipitação e evapotranspiração), relevo (influenciando a infiltração, escoamento e estabilidade), organismos (fauna e flora, incluindo a atividade humana) e o tempo (cronologia e maturidade do solo) (IBGE, 2015; RICHTER; YAALON, 2012; SCHAETZL; ANDERSON, 2015). Esses fatores desencadeiam processos múltiplos, como adição, perda, transformação e translocação de materiais, que por sua vez, geram processos específicos como a argiluviação (migração de argila), ferralitização (intenso intemperismo), gleização (formação em ambientes de redução) e plintitização (segregação de ferro), entre outros (OLIVEIRA, 2005). A estrutura do SiBCS é hierárquica, multicategórica e aberta, permitindo a inclusão de novas classes à medida que o conhecimento sobre os solos brasileiros avança.

As classes de solo são organizadas em seis níveis categóricos, sendo os quatro primeiros – ordem, subordem, grande grupo e subgrupo – estruturados em uma chave taxonômica. Essa organização garante que, do nível mais alto (ordem) para o mais baixo (subgrupo), os solos se tornem progressivamente mais homogêneos e semelhantes em seus atributos (SANTOS et al., 2018, p. 30). Os critérios utilizados para diferenciar essas classes são os atributos e horizontes diagnósticos. Atributos diagnósticos referem-se a características e propriedades específicas do solo (como saturação por bases, caráter alumínico, atividade da fração argila e teor de óxidos de ferro), enquanto os horizontes diagnósticos são camadas que evidenciam os processos de formação do solo ou indicam condições específicas da pedogênese (SANTOS et al., 2018, p. 12-13, 19). Por exemplo, a presença de um horizonte B latossólico (Bw) indica um alto grau de intemperismo e lixiviação, característico dos Latossolos, que são a classe de maior expressão geográfica no Brasil (SANTOS et al., 2018, p. 26, 33).

A evolução do SiBCS é um processo contínuo, resultado da experiência coletiva em levantamentos pedológicos e pesquisas de solo no território nacional. Desde as primeiras "aproximações" na década de 1970 até a sua quinta edição em 2018, o sistema foi aperfeiçoado por meio de discussões em eventos técnicos e científicos, como os Congressos da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), e testado em Reuniões de Classificação e Correlação de Solos (RCCs). Essas reuniões, realizadas em diversos estados brasileiros, permitem uniformizar critérios e conceitos e aprimorar a interpretação das classes de solo, refletindo a diversidade e especificidade dos solos brasileiros (SANTOS et al., 2018, p. 9-10).

A relevância do SiBCS para a arquitetura e a engenharia civil vai além da simples classificação. Ele fornece um diagnóstico essencial sobre a distribuição de solos na paisagem e suas potencialidades e limitações. A identificação da classe de solo permite inferir sobre suas propriedades construtivas, como a capacidade de suporte, a permeabilidade, a suscetibilidade à erosão e a presença de minerais expansivos ou de solos com condições redutoras (como os Gleissolos), que impactam diretamente o projeto e a execução de fundações e estruturas (APOSTILA SOL-14.pdf, Unidade 4).

Para o contexto da arquitetura de terra, a correta classificação do solo, embasada no SiBCS, é o ponto de partida para selecionar o material mais adequado para taipa de pilão, taipa de mão ou adobe, garantindo a compatibilidade pedológica e o desempenho técnico da edificação. O Manual de descrição e coleta de solo no campo (SANTOS et al., 2015), também da Embrapa, complementa o SiBCS ao fornecer os procedimentos padronizados para a coleta e descrição de amostras em campo, assegurando a qualidade dos dados que subsidiarão a análise e o projeto. O Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PronaSolos) (POLIDORO et al., 2021) e o Manual técnico de pedologia (IBGE, 2015) do IBGE são fontes valiosas que, em conjunto com o SiBCS, oferecem uma compreensão abrangente da paisagem edáfica brasileira.

2.5.2. NBR 17014:2022 – Terra Crua para Emprego em Construções

A aplicação da arquitetura de terra na construção civil contemporânea, embora resgate saberes tradicionais e ancestrais, exige a observância de rigor técnico, o embasamento científico e a conformidade com normativas e sistemas de classificação que garantam a segurança, a qualidade e a durabilidade das edificações. As Normas Brasileiras (NBRs), desenvolvidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), desempenham um papel crucial neste cenário nacional. A ABNT, reconhecida como o fórum nacional de normalização, é responsável por elaborar e publicar normas técnicas que visam a padronizar produtos e serviços, proteger a saúde e a segurança dos usuários, garantir a qualidade dos processos e materiais, e promover a inovação em diversos setores da economia, incluindo o da construção civil. A existência de NBRs em um determinado campo confere não apenas credibilidade e aceitação no mercado, mas também promove a concorrência leal, serve como base para regulamentos técnicos e leis, e fomenta a segurança jurídica para todos os envolvidos na cadeia produtiva.

Nesse contexto, a ABNT NBR 17014:2022 – Terra crua para emprego em construções – Requisitos, procedimentos e controle representa um marco regulatório e técnico de magnitude inquestionável para a arquitetura de terra no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022). Publicada em 2022, esta norma técnica é o resultado de anos de pesquisa, discussões e consenso entre especialistas do setor, buscando preencher uma lacuna histórica na formalização do uso da terra como material construtivo no país. Ela estabelece os requisitos mínimos e os procedimentos padronizados para o uso seguro e eficaz da terra crua em diversas tipologias de edificações. Conforme informações detalhadas em consultas ao acervo normativo da ABNT e documentos correlatos, a NBR 17014:2022 aborda de forma abrangente desde a rigorosa caracterização da matéria-prima até os procedimentos de execução e o controle de qualidade para os diferentes sistemas construtivos que empregam terra, incluindo explicitamente a taipa de pilão, a taipa de mão e o adobe. Seu objetivo primordial é fornecer uma base técnica sólida para que construções em terra possam ser projetadas, executadas e fiscalizadas com a mesma segurança, desempenho e qualidade esperadas de obras realizadas com materiais convencionais.

A relevância da NBR 17014:2022 é multifacetada e se estende para além dos aspectos puramente técnicos. Em primeiro lugar, ela confere um indispensável respaldo técnico e segurança jurídica para o emprego dessas técnicas ancestrais, contribuindo decisivamente para desmistificar o preconceito de que a arquitetura de terra seria meramente "artesanal",



"provisória" ou carente de embasamento científico. A norma específica, com clareza e precisão, os ensaios laboratoriais e de campo necessários para a caracterização do solo a ser utilizado. Esses ensaios abrangem parâmetros cruciais como a granulometria (a proporção de areia, silte e argila, fundamental para a estabilidade e trabalhabilidade), os limites de plasticidade (que indicam a capacidade de moldagem e compactação do solo), o teor de umidade ótima para compactação, a resistência à compressão do material compactado e o teor de matéria orgânica. A norma também define critérios claros de aceitação para o material, assegurando que o solo selecionado possua as propriedades adequadas para cada tipo de técnica construtiva e para o desempenho estrutural e durável esperado da edificação (MINKE, 2008; HOUBEN; GUILLAUD, 1994).

Para a taipa de pilão, por exemplo, a norma orienta sobre a necessidade de solos com boa distribuição granulométrica e teor de argila que confira coesão, mas que não cause retração excessiva. Para o adobe, ela estabelece as condições de moldagem e secagem para evitar fissuras e garantir resistência uniforme. Para a taipa de mão, a norma detalha a forma de preparação da argamassa com fibras para otimizar sua plasticidade e aderência à estrutura.

Em segundo lugar, a NBR 17014:2022 aprofunda-se nos procedimentos para o controle de qualidade durante as diversas fases da execução da obra. Isso inclui desde o preparo da mistura do solo, a verificação constante da umidade ideal, passando pelos métodos de compactação específicos para cada técnica e a montagem adequada das fôrmas, até os cuidados essenciais com a cura e a proteção inicial das paredes contra intempéries. A aplicação rigorosa dessas diretrizes normativas assegura a estabilidade, a durabilidade, a segurança e a conformidade das paredes de terra com os mais elevados padrões de engenharia. A existência e a aplicação dessa normativa são passos cruciais para a plena integração da arquitetura de terra no mercado da construção civil brasileiro (DUARTE, 2022; REDE TERRABRASIL, 2022). Esse processo incentiva a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias, como o aprimoramento da taipa mecanizada, que busca aumentar a produtividade e a precisão das construções em terra em larga escala (NEVES; SOUZA; FERREIRA, 2022). A norma, ao estabelecer um padrão de referência, também promove a capacitação e a profissionalização da mão de obra especializada e contribui significativamente para a disseminação de práticas construtivas verdadeiramente sustentáveis no país.

A NBR 17014:2022, portanto, funciona como um instrumento validante, que não apenas facilita e legitima a adoção da terra crua em projetos contemporâneos, mas também é fundamental para a restauração e a conservação de edificações históricas, garantindo que as intervenções respeitem as características originais do material e do sistema construtivo. Seu papel é estabelecer uma ponte sólida e tecnicamente embasada entre o saber tradicional ancestral e a validação científica e regulatória moderna, impulsionando a arquitetura de terra para um novo patamar de reconhecimento, aplicação e desenvolvimento no Brasil.

3. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Objetivo Geral: Cartografar e interpretar a relação entre atributos pedológicos, técnicas construtivas (taipa de pilão, pau-a-pique e adobe) e configuração paisagística em edificações históricas de terra no Vale do Paraíba (SP).



Objetivos Específicos:

- Georreferenciar e caracterizar cinco edificações selecionadas quanto à tipologia construtiva e ao contexto ambiental.
- Elaborar mapas temáticos de variáveis pedológicas (granulometria, classe textural, classificação SiBCS) e geomorfológicas (declividade, relevo).
- Integrar dados climáticos (regime pluviométrico e térmico) aos mapas para avaliar influências ambientais sobre o desempenho das construções.
- Comparar os resultados obtidos com os critérios estabelecidos pela NBR 17014:2022, identificando conformidades e discrepâncias.
- Apontar lacunas e necessidades de futuros ensaios físico-químicos e mecânicos em laboratório (compacidade, retenção de água, resistência) para complementar a caracterização dos materiais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo detalha as etapas metodológicas empregadas na pesquisa, desde o levantamento bibliográfico e documental sistemático até a análise do conteúdo e a contextualização da área de estudo sob uma perspectiva pedogeográfica. Os procedimentos adotados visaram a fornecer uma base sólida e replicável para os achados e discussões apresentados no TCC, buscando identificar relações complexas entre a história, a técnica construtiva, as propriedades do solo e o desempenho das edificações, ao mesmo tempo em que aponta para o papel das normativas técnicas na legitimação e no avanço da arquitetura de terra no Brasil. A pesquisa, portanto, utilizou uma abordagem multidisciplinar, integrando conhecimentos da arquitetura, pedologia, história e geoprocessamento para construir um panorama completo sobre o tema.

4.1 Tipo de abordagem da pesquisa

A pesquisa realizada é de natureza predominantemente exploratória e descritiva, pautada em um extensivo levantamento bibliográfico e documental. A abordagem exploratória permitiu a familiarização com o tema da arquitetura de terra em suas múltiplas dimensões (histórica, técnica, ambiental e normativa) e a identificação de conceitos-chave e autores relevantes. A natureza descritiva, por sua vez, possibilitou a caracterização aprofundada das técnicas construtivas em terra, das propriedades do solo aplicadas à construção e das normativas brasileiras vigentes, bem como a análise das relações entre esses elementos no contexto pedogeográfico brasileiro.

4.2. Procedimentos metodológicos

As etapas da pesquisa foram organizadas de forma sistemática para garantir a abrangência e a profundidade da investigação.

4.2.1. Levantamento Bibliográfico e Documental

A pesquisa foi fundamentada em um levantamento bibliográfico exaustivo de literatura científica e técnica. Fontes primárias e secundárias foram consultadas para compor o referencial teórico e subsidiar a análise. As principais fontes incluíram:

- **Livros e Artigos Científicos:** A busca priorizou publicações em periódicos especializados (nacionais e internacionais), teses e dissertações que abordam a arquitetura de terra, técnicas construtivas específicas (taipa de pilão, taipa de mão, adobe), propriedades e classificação de solos, sustentabilidade na arquitetura e patrimônio cultural edificado. Autores como Houben e Guillaud (1994), Minke (2008), Lemos e Lira (2013), Fausto (2000), e Duarte (2022) foram fundamentais para a compreensão das bases teóricas e históricas.

- **Publicações da Embrapa Solos:** Uma atenção especial foi dedicada às publicações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Solos), em função de sua expertise em solos brasileiros. Foram consultadas as edições mais recentes do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (SANTOS et al., 2018), o Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PronaSolos) (POLIDORO et al., 2021), o Manual de descrição e coleta de solo no campo (SANTOS et al., 2015) e o Manual de métodos de análise de solos (TEIXEIRA et al., 2017). Essas referências foram cruciais para a compreensão das propriedades pedológicas e sua aplicação na construção.

- **Normas Técnicas Brasileiras (ABNT NBR):** Uma busca sistemática foi realizada no site da ABNT para identificar normas aplicáveis ao uso da terra na construção civil, com ênfase na ABNT NBR 17014:2022 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022), que é a norma mais recente e específica para terra crua em construções.

- **Documentos de Órgãos de Preservação:** Relatórios, pesquisas e documentos técnicos de órgãos como o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e o Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (CONDEPHAAT) foram utilizados para contextualizar o histórico e os critérios de restauração de edificações em terra no Brasil (MAYUMI, 2005). O Manual técnico de pedologia do IBGE (IBGE, 2015) também foi consultado para fundamentos da ciência do solo.

Os critérios de seleção para a bibliografia incluíram a relevância temática para a arquitetura de terra, propriedades do solo, sustentabilidade, patrimônio cultural edificado e geoprocessamento. A atualidade e a credibilidade das fontes, com preferência por publicações revisadas por pares e documentos oficiais de instituições reconhecidas, também foram fatores determinantes.

4.2.2. Análise do Conteúdo

O material bibliográfico e documental coletado foi submetido a uma análise de conteúdo qualitativa e interpretativa. As seguintes abordagens foram empregadas:

- **Análise Temática:** Foram identificados e sintetizados os conceitos-chave e as discussões centrais relacionadas à arquitetura de terra, suas técnicas construtivas, as propriedades físicas e químicas do solo aplicadas à construção, e a inter-relação entre paisagem, solo e edificação.

- Análise Histórica: A evolução do uso das técnicas de terra no Brasil, desde o período colonial até o contexto contemporâneo, foi examinada, destacando-se os fatores sociais, econômicos e tecnológicos que influenciaram sua difusão e declínio, bem como seu ressurgimento.

- Análise Técnica Comparativa: As características distintivas de cada técnica (taipa de pilão, taipa de mão e adobe) foram comparadas em termos de processo executivo, desempenho estrutural, térmico e durabilidade, considerando as propriedades específicas dos solos.

- Interconexão Pedogeográfica e Arquitetônica: A análise buscou estabelecer relações entre a ciência do solo (pedogeografia e pedogênese) e as práticas arquitetônicas. Foi explorado como os fatores de formação do solo (material de origem, clima, relevo, organismos, tempo e atividade humana) moldam as propriedades dos solos e, conseqüentemente, influenciam a adequação e o desempenho das construções em terra em diferentes ambientes brasileiros. A compreensão do perfil do solo e de seus horizontes diagnósticos, conforme o SiBCS, foi correlacionada com as exigências de cada técnica construtiva.

- Identificação de Lacunas e Oportunidades: Foram examinadas as lacunas de conhecimento existentes na literatura e as oportunidades para a pesquisa futura e para a aplicação prática e inovadora da arquitetura de terra no Brasil, especialmente à luz das novas normativas técnicas.

4.2.3. Área de Estudo (Contexto Geográfico e Temático)



A área de estudo desta pesquisa compreende exclusivamente ao Vale do Paraíba, uma região de grande importância histórica e cultural no Brasil, situada entre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Englobando a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, essa área abrange cerca de 57.000 km², o que corresponde a 6% do território da região Sudeste do país, conforme detalhado em Vale do Paraíba: Da Economia Cafeeira à Sustentável.

Figura 12 – Mapa do Brasil com indicação da localização do Estado de São Paulo e destaque para o Vale do Paraíba. O Vale do Paraíba é uma região que atinge os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, que compreende a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul abrangendo uma área de 57.000 km², correspondendo a 6% do território da região sudeste do país. O mapa da Figura 11, elaborado com dados do IBGE (2025) e processado no software QGIS 3.40 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025), destaca a localização do Vale do Paraíba em relação ao estado de São Paulo e o território brasileiro.

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa do Brasil com divisão político-administrativa**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15774-brasil.html>>. Acesso em: 23 jun. 2025.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. ****QGIS Geographic Information System****. Versão 3.40. [S. l.]: Open Source Geospatial Foundation Project, 2025. Disponível em: <<https://qgis.org>>. Acesso em: 23 jun. 2025.

O foco deste estudo está nos municípios paulistas de **Jacareí, São José dos Campos, São Luiz do Paraitinga e Bananal**. Este território foi escolhido por reunir um significativo conjunto de edificações históricas construídas com técnicas tradicionais de arquitetura de terra, notadamente **taipa de pilão, taipa de mão e adobe**, representando de forma exemplar o patrimônio material associado a essa tecnologia construtiva.

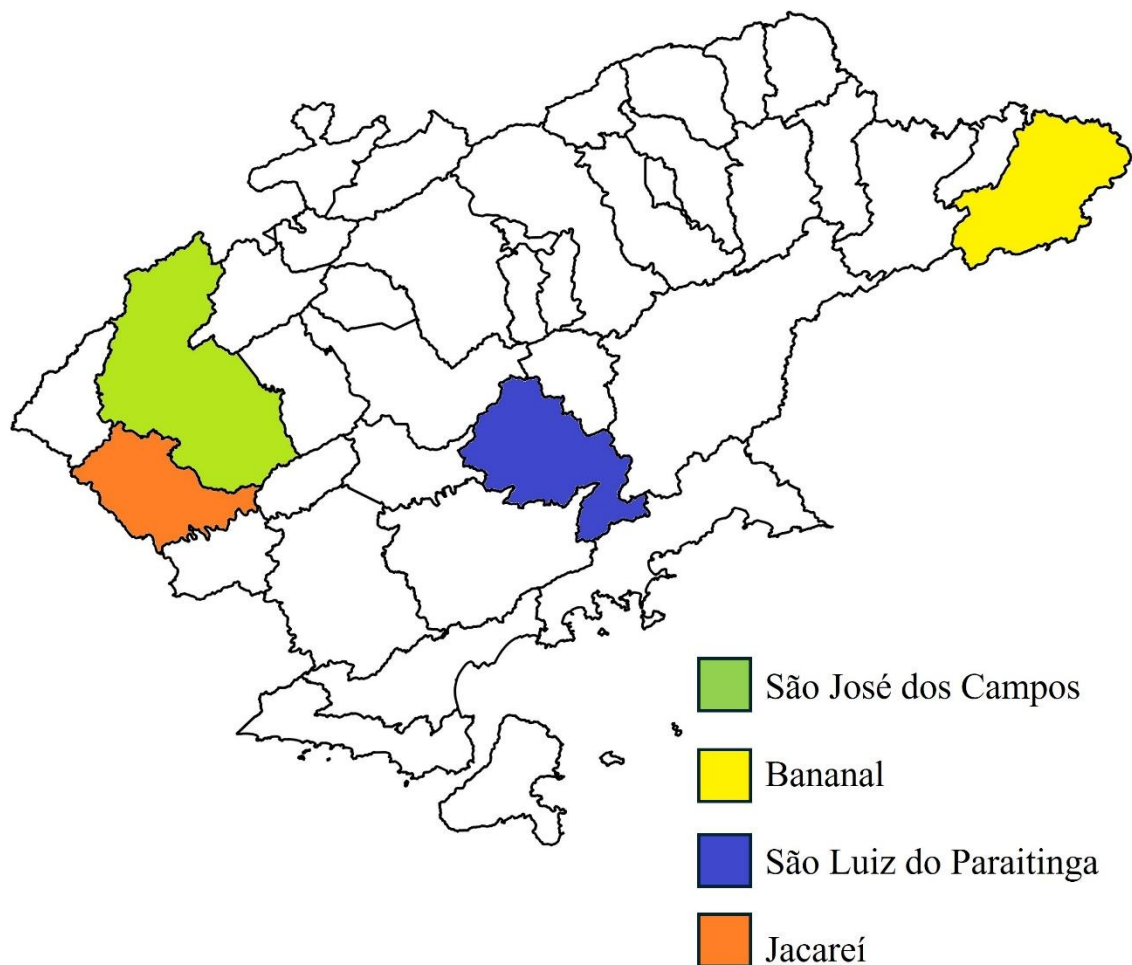


Figura 13 – Mapa do Vale do Paraíba com indicação da localização dos municípios objeto de estudo desta pesquisa – Bananal, Jacareí, São José dos Campos e São Luiz do Paraitinga.

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. ****Malha Municipal Digital da Divisão Político-Administrativa Brasileira****. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15774-brasil.html>>. Acesso em: 24 jun. 2025.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. ****QGIS Geographic Information System****. Versão 3.40. [S. l.]: Open Source Geospatial Foundation Project, 2025. Disponível em: <<https://qgis.org>>. Acesso em: 23 jun. 2025.

São José dos Campos: A maior cidade da região, com 627.544 habitantes (Censo/IBGE 2010), com uma história de vila bandeirante e enriquecimento pelo café. Atualmente, destaca-



se por seus setores industrial, tecnológico e de serviços, abrigando instituições como o Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA), ITA e INPE, além da Embraer e diversas outras indústrias de grande porte [VALE DO PARAIBA: DA ECONOMIA CAFEIEIRA A S.pdf, São José dos Campos].

Jacareí: Com 211.308 habitantes (Censo/IBGE 2010), Jacareí vivenciou a forte produção cafeeira e, após um período de estagnação pós-crise cafeeira, seguiu o caminho da industrialização [VALE DO PARAIBA: DA ECONOMIA CAFEIEIRA A S.pdf, Jacareí].

São Luiz do Paraitinga: Com 10.404 habitantes (Censo/IBGE 2010), essa cidade se destaca pelo turismo e atividades culturais, com uma arquitetura de centro histórico bem conservada. É conhecida por suas festas tradicionais de cunho religioso e popular, como o carnaval e a Festa do Divino [VALE DO PARAIBA: DA ECONOMIA CAFEIEIRA A S.pdf, São Luiz do Paraitinga].

Bananal: Com 10.220 habitantes (Censo/IBGE 2010), Bananal foi uma das maiores produtoras de café do Brasil e preserva muitos prédios de grandes fazendas e melhoramentos públicos que a tornam uma estância turística, histórica e ambiental, com casarões coloniais e remanescentes da Mata Atlântica [VALE DO PARAIBA: DA ECONOMIA CAFEIEIRA A S.pdf, Bananal].

- Aspectos do Meio Físico:

O Vale do Paraíba se insere no domínio morfoclimático tropical-atlântico, tipificado pelos "mares de morros" florestados do Sudeste do Brasil, como descreve Ab'Saber (2003) em Vale do Paraíba: Da Economia Cafeeira à Sustentável, Introdução:

"...pelos fatos fisiográficos pela decomposição funda e universal das rochas cristalinas ou cristalofilianas, de 3 a 5 até 40 a 60 m de profundidade; presença de solos de tipo latossolo ou red yellow podzolic ; superposição de solos devido às flutuações climáticas finais do Quaternário em sertões sincopados; mamelonização universal das vertentes, desde o nível de morros altos até os níveis de morros intermediários e patamares de relevo; cobertura florestal continua na paisagem primária desde o fundo do vale até as mais altas vertentes e interflúvios, desde poucos metros acima do nível do mar até os espigões divisores; pouquíssima incidência de raios solares no chão das floresta; forte cota de umidade do ar; equilíbrio sutil entre processos morfoclimáticos, pedológicos, hidrológicos e ecossistemas. (Ab'Saber, 2003, p. 29)"

A região apresenta uma variedade de condições geológicas, pedológicas e climáticas que influenciaram historicamente a escolha e o desempenho das técnicas construtivas em terra. O relevo é caracterizado por planícies fluviais, colinas suaves e encostas da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar. O solo predominante na região compreende Latossolos²,

² **Latossolos** são solos minerais de ocorrência predominantemente em regiões tropicais e subtropicais, notavelmente cobrindo cerca de 39% do território brasileiro. São caracterizados por sua profundidade, boa drenagem e pela presença de um **horizonte B latossólico**, que é um horizonte subsuperficial com pouca

Argissolos³ e Neossolos⁴, conforme classificado pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), sendo esses tipos compatíveis com diferentes usos na construção com terra, especialmente em contextos históricos (SANTOS et al., 2018; POLIDORO et al., 2021).

O clima é predominantemente tropical úmido, com médias de temperatura anuais entre 18°C e 24°C e índices pluviométricos superiores a 1200 mm ao ano, variando conforme a altitude. Esses fatores exigiram estratégias construtivas específicas para controle da umidade e proteção contra intempéries – aspectos essenciais na durabilidade das edificações em terra. A análise morfológica do solo, sua plasticidade e coloração (com base nas Munsell Soil Color Charts⁵) também é considerada neste trabalho como indicadora da viabilidade para uso construtivo (TEIXEIRA et al., 2017; IBGE, 2015).

diferenciação morfológica, indicando um alto grau de intemperização. Formam-se sob condições de clima quente e úmido, que promovem a intensa alteração dos minerais primários e a formação de óxidos de ferro e alumínio, conferindo-lhes colorações que variam do vermelho ao amarelo. Apesar de apresentarem baixa fertilidade natural e alta acidez, características que demandam manejo agrícola cuidadoso (como calagem e adubação), os Latossolos possuem excelentes condições físicas para o cultivo, como boa estrutura e porosidade, o que os torna de grande importância para a produção agrícola no Brasil quando manejados adequadamente. Sua textura pode ser variada, mas é frequentemente argilosa.

³ **Argissolos** são solos minerais amplamente distribuídos no território brasileiro, caracterizados pela presença de um **horizonte B textural** (também chamado de B latossólico com incremento de argila). Esse horizonte diagnóstico subsuperficial se forma abaixo de um horizonte A ou E e se destaca pelo acúmulo significativo de argila, resultado da translocação de partículas dos horizontes superiores para os inferiores. Morfologicamente, essa acumulação é notável, com o horizonte subsuperficial apresentando no mínimo 50% a mais de argila do que o horizonte imediatamente acima dele.

Esses solos ocorrem em uma vasta gama de condições climáticas e de material de origem, desde relevos planos até áreas mais montanhosas. Sua coloração pode variar do vermelho ao amarelo, com uma textura superficial geralmente média e uma subsuperficial mais argilosa. Quanto à fertilidade natural, os Argissolos são bastante variáveis: enquanto alguns, como os distróficos e alíticos, possuem baixa fertilidade e alta acidez (muitas vezes com elevado teor de alumínio), outros, como os eutróficos, são mais ricos em bases essenciais para as plantas.

Apesar de suas limitações, como a suscetibilidade à erosão devido ao acentuado contraste textural entre os horizontes e a baixa fertilidade em alguns casos, os Argissolos com boas condições físicas e em relevos mais suaves exibem considerável potencial para uso agrícola. Contudo, seu manejo exige a adoção de práticas adequadas de correção da acidez do solo, adubação e, fundamentalmente, práticas conservacionistas para o controle da erosão, garantindo a sustentabilidade da produção.

⁴ **Neossolos** são solos pouco desenvolvidos, caracterizados pela ausência de horizontes diagnósticos bem definidos, o que significa que suas propriedades refletem predominantemente o material de origem. Eles podem ser constituídos por material mineral ou orgânico, com espessura geralmente inferior a 20 cm e não apresentam um horizonte B textural bem estabelecido, como encontrado em outros tipos de solos. Devido à sua formação incipiente, os Neossolos exibem grande variabilidade em termos de profundidade, fertilidade natural e permeabilidade, podendo ser encontrados em diversas condições climáticas e de relevo.

Esses solos ocorrem frequentemente em áreas de relevo acidentado, como encostas íngremes e topos de morros, onde a erosão ou a baixa taxa de intemperismo impedem um maior desenvolvimento pedogenético. No entanto, também podem ser encontrados em ambientes mais planos, sobre materiais rochosos recentes ou em áreas com intensa deposição de sedimentos. A utilização agrícola dos Neossolos é bastante diversificada: em áreas planas, Neossolos mais profundos e com maior fertilidade natural podem ser utilizados para a agricultura, desde que sejam adotadas práticas de manejo adequadas, como correção da acidez e adubação. Já em terrenos declivosos, sua utilização agrícola é limitada devido à alta suscetibilidade à erosão e restrições à mecanização.

⁵ O *Munsell Soil Color Charts* é um sistema de classificação de cores de solos padronizado internacionalmente, desenvolvido para identificar a cor do solo com base em três atributos: matiz (*hue*), valor (*value*) e croma (*chroma*). A tabela é amplamente utilizada em levantamentos pedológicos, estudos ambientais e obras de restauro, permitindo uniformidade na descrição e comparação de amostras em campo (MUNSELL, 2009).



A compreensão das propriedades físicas e químicas do solo é crucial para a arquitetura de terra. A granulometria, que envolve a proporção de areia, silte e argila, é um fator determinante. Solos com uma composição equilibrada são ideais, pois a areia confere resistência à compressão e reduz a retração, o silte atua como agente de preenchimento, e a argila proporciona plasticidade e coesão. O barro empregado nas construções, por exemplo, deveria ser cuidadosamente selecionado, preferencialmente misturado com areia e argila para uma melhor aglutinação e para evitar fissuras, como observado em Sistemas Construtivos Adotados na Arquitetura do Brasil, 2.1.1 Taipa de pilão:

"O barro empregado deve ser escolhido e, se a técnica de sua escolha e fatura não se tenham conservado bem, depende como ficou dos artesões que praticavam e da tradição oral, deveria pedir que a terra fosse misturada com areia e argila, pelo menos para que se conseguisse maior aglutinação e menor possibilidade de desintegração (rachadura, fenda, etc)."

Além disso, eram incorporados materiais orgânicos para reforço e coesão, como "estrume de curral, principalmente de gado vacum, as fibras vegetais ou mesmo a crina animal, todos estes materiais visando armar o barro com uma trama interna. Há também tradição de se juntar ao barro o sangue de boi como aglutinante", segundo Sistemas Construtivos Adotados na Arquitetura do Brasil, 2.1.1 Taipa de pilão. A espessura das paredes de taipa de pilão geralmente variava entre 0,40 m e 0,80 m, embora casos especiais pudessem ter alturas maiores. Já os adobes, elementos de barro não cozidos, eram compactados manualmente em formas de madeira e secos à sombra, com dimensões típicas de 0,20 m x 0,20 m x 0,40 m, conforme Sistemas Construtivos Adotados na Arquitetura do Brasil, 2.1.3 Adobes.

- Aspectos Sociais e Econômicos:

O Vale do Paraíba foi um dos berços da economia cafeeira no Brasil, emergindo após a queda da economia mineradora no século XVIII, e se consolidou como um dos principais polos econômicos do país. Essa fase áurea na província do Rio de Janeiro ocorreu entre 1850 e 1870, e na zona bandeirante (São Paulo), de 1850 a 1887. Esse ciclo resultou na proliferação de fazendas e vilas construídas com técnicas vernáculas de terra, e a arquitetura do café, no período de 1834-1860, tomou feições próprias, adaptando estilos anteriores como o barroco mineiro e introduzindo novidades que ainda hoje compõem o cenário das cidades históricas do Vale, como apontado em Vale do Paraíba: Da Economia Cafeeira à Sustentável, Aspectos históricos.

A sociedade da época era peculiar e estratificada, composta pelos "barões do café" e pela mão de obra escravizada, que desempenhava funções cruciais não apenas nas roças e atividades domésticas, mas também na construção das estradas e infraestruturas, como descrito em Vale do Paraíba: Da Economia Cafeeira à Sustentável, Aspectos históricos.

Embora parte da região tenha se industrializado, muitos municípios, especialmente os do "Vale Histórico", mantiveram suas características originais e hoje atraem o turismo cultural e rural. A transição de "Cidades Mortas" – um termo cunhado por Monteiro Lobato para descrever a estagnação econômica pós-café, como mencionado em Vale do Paraíba: Da



Economia Cafeeira à Sustentável, Municípios em destaque – para centros de turismo sustentável, ressalta a importância da preservação de suas edificações históricas. O turismo rural e cultural tornou-se, mais recentemente, um objetivo de desenvolvimento sustentável para municípios que não foram beneficiados pela industrialização, conforme Vale do Paraíba: Da Economia Cafeeira à Sustentável, Resumo.

As edificações remanescentes são representações materiais da cultura e da técnica regional. Dentre os exemplos notáveis em Jacareí, destaca-se o Solar Gomes Leitão, construído em 1857, que mescla tradições coloniais e elementos neoclássicos utilizando taipa de pilão e pau-a-pique. Atualmente, o Solar abriga o Museu de Antropologia do Vale do Paraíba, preservando artefatos culturais da região. Outro patrimônio importante em Jacareí é a Capela de Nossa Senhora dos Remédios, edificada em taipa de pilão no final do século XVIII, que exemplifica a arquitetura religiosa colonial e passou por restaurações para manter suas características originais.

São Luiz do Paraitinga, por sua vez, é reconhecida por seu conjunto arquitetônico que harmoniza influências mineiras e fluminenses, apresentando um traçado urbano retilíneo que reflete princípios iluministas, e suas construções também utilizam a taipa de pilão, demonstrando a adaptação às condições locais e a abundância de materiais. A cidade mantém seu centro histórico bem conservado e é palco de festas tradicionais de cunho religioso e popular, como o carnaval e a Festa do Divino, conforme Vale do Paraíba: Da Economia Cafeeira à Sustentável, São Luiz do Paraitinga. Taubaté também se destaca por seus casarões antigos e a sede do Sítio do Pica-Pau Amarelo, casa de Monteiro Lobato, que em 2010 recebeu 108.447 visitantes, reforçando o turismo cultural da região (Vale do Paraíba: Da Economia Cafeeira à Sustentável, Taubaté).



Figura 14 – Fazenda Luanda – Bananal.

Fonte: DESTINOS TOP. **Conheça Bananal e as 3 Fazendas Históricas da região do Vale Histórico.** [S. l.]: Destinos Top Para Visitar, 2020. Disponível em: www.destinostopparavisitar.com. Acesso em: 24 jun. 2025.



No município de Bananal, que já foi o maior produtor de café do Brasil, encontramos a Fazenda Loanda, do século XVIII, que passou por reformas no século XIX, incorporando elementos neoclássicos. Esta propriedade está aberta à visitação, permitindo o acesso à sua arquitetura e acervo histórico. Além dela, o Solar Manuel de Aguiar Valim, construído entre 1854 e 1860, é um belo exemplo da arquitetura neoclássica local, com murais do artista José Maria Villaronga⁶ e hoje sedia a Associação Bananalense de Turismo. A Fazenda Resgate, datada de 1823, é outro marco significativo em Bananal. Retratada pelo artista Tom Maia em 1975, é tombada pelo Patrimônio Histórico Nacional e considerada uma das cem mais importantes edificações do Brasil, sendo um atrativo turístico cultural que recebe visitantes por agendamento, como detalhado em Vale do Paraíba: Da Economia Cafeeira à Sustentável, Bananal.

A disponibilidade de solo abundante, a mão de obra local (incluindo indígena e escravizada) e a presença de saberes tradicionais foram fatores cruciais para a consolidação da arquitetura de terra como solução construtiva dominante e duradoura na região.

- Relações Ambientais:

Dada a variabilidade altitudinal⁷ e climática da região, a pesquisa considera como essenciais os fatores ambientais que afetam o desempenho das construções em terra, como a umidade relativa do ar, as chuvas intensas e a exposição solar. Essas condições exigem o emprego de estratégias protetivas específicas, como beirais largos, fundações elevadas, revestimentos impermeabilizantes e uso de cal, técnicas historicamente incorporadas à construção vernacular no Vale do Paraíba. A articulação entre os atributos ambientais e a técnica construtiva será analisada com base nos mapas temáticos produzidos nesta pesquisa.

A durabilidade das edificações em terra no Vale do Paraíba está intrinsecamente ligada à adoção de soluções construtivas que minimizam os efeitos da umidade. Os alicerces, por exemplo, são fundamentais para isolar as paredes da umidade do solo. Em construções de taipa

⁶ **José Maria de Villaronga y Planella** (1809-1894) foi um influente pintor-decorador espanhol que imigrou para o Brasil em meados do século XIX, estabelecendo-se no Vale do Paraíba. Sua atuação foi marcante na decoração de casarões de fazendas e igrejas da região durante o auge do ciclo cafeeiro. Villaronga é conhecido por suas técnicas de pintura mural, incluindo o *trompe l'oeil* e a representação de *bodegones* (naturezas-mortas), que adornavam os interiores das ricas propriedades da época. Entre suas obras mais célebres, destacam-se os murais na **Fazenda Resgate**, em Bananal, onde, a partir de 1858, decorou o segundo pavimento, incluindo o hall de entrada com representações de produtos agrícolas como o café, a sala de visitas com pássaros brasileiros e detalhes em folhas de ouro, e a sala de jantar com afrescos que retratam a riqueza e a vida local. Ele também realizou trabalhos em outras importantes propriedades, como a **Fazenda Loanda** e a Fazenda Boa Vista. Além da pintura decorativa, Villaronga também atuou como cenógrafo, arquiteto e engenheiro, reformando e decorando importantes teatros no Brasil imperial, como os de Valença, Bananal e Santos. É fundamental não confundir este pintor-decorador, ativo no século XIX, com o arquiteto e urbanista homônimo José Maria Villaronga (1927-2009), que atuou no século XX.

⁷ Entende-se por *altitudinal* aquilo que se refere à altitude — isto é, à altura de um ponto em relação ao nível médio do mar. As variações altitudinais influenciam diretamente o tipo de solo, o clima, a drenagem natural e os processos de ocupação territorial, sendo determinante para as escolhas construtivas em determinadas regiões. No Vale do Paraíba, a variação altitudinal entre áreas de planície, encostas e serras contribuiu para a diversidade de solos e condicionou o uso de técnicas como a taipa de pilão nas edificações antigas (EMBRAPA, 2013; IBGE, 2012).



de pilão e adobe, os alicerces eram frequentemente feitos do mesmo material ou de alvenaria de pedra e barro, com respaldos bem feitos e nivelados para evitar a ascensão capilar da umidade. Conforme *Sistemas Construtivos Adotados na Arquitetura do Brasil*, 1.1 Alicerces:

"Salvo o caso de emprego de taipa de pilão, cujos alicerces seriam, quase sempre, do mesmo material e sem solução de continuidade com paredes, em nossa arquitetura só encontramos alicerces propriamente ditos nas construções de paredes ou estruturas maciças de alvenaria, sejam de pedras, de adobes ou de tijolos."

Os baldrames⁸, que preenchem o espaço entre os alicerces e o início das paredes, também desempenhavam um papel crucial, contribuindo "para evitar a ação das águas sobre as partes baixas da parede", como explicado em *Sistemas Construtivos Adotados na Arquitetura do Brasil*, 1.2 Baldrames.

A proteção das paredes contra as águas pluviais era garantida por beiradas ou sancas, cujas saliências se estendiam além dos parâmetros externos das paredes. A dimensão desses beirais era diretamente proporcional à altura da parede a ser protegida e à qualidade do material construtivo, sendo ainda mais críticos para as paredes de barro. *Sistemas Construtivos Adotados na Arquitetura do Brasil*, 11.2 Beiradas descreve:

"Sua função se prende precipuamente à proteção das paredes, sejam de alvenaria ou com mais razão, as de barro, contra a ação das águas pluviais. Por isto mesmo, o balanço delas deve ser diretamente relacionado com a altura da parede a proteger e a qualidade do material de que é feita."

Além disso, os revestimentos desempenhavam um papel crucial. As paredes eram frequentemente revestidas com emboço de barro, que podia ser complementado por reboco de cal e areia. Em alguns casos, argamassas com estrume de curral eram utilizadas para aumentar a consistência e melhorar a ligação entre o maciço de barro e o revestimento de cal e areia, conferindo maior durabilidade e resistência à umidade. Em *Sistemas Construtivos Adotados na Arquitetura do Brasil*, 4.2 Revestimentos: "Vez por outra, argamassa-se o barro com estrume de curral para sua maior consistência e para proporcionar melhor ligação entre o maciço de barro e o revestimento de cal e areia."

A presença de Mata Atlântica na região, que conserva uma "significativa porcentagem" dessa importante biodiversidade, embora atraia turistas, também impõe desafios aos agricultores pela perda de espaço para suas atividades econômicas, mas reforça a necessidade

⁸ **Baldrames** são elementos estruturais de fundação rasa, presentes principalmente em edificações de pequeno e médio porte. Consistem em vigas de concreto armado (ou, em construções mais antigas, de alvenaria de tijolos ou pedra) que são posicionadas horizontalmente sobre as sapatas ou blocos de coroamento, percorrendo todo o perímetro e as divisões internas do futuro edifício. Sua função principal é distribuir uniformemente as cargas verticais das paredes e da estrutura superior para as fundações, além de promover o travamento entre as sapatas, impedindo movimentações horizontais e garantindo a estabilidade da edificação. Os baldrames também atuam como barreira contra a umidade ascendente do solo por capilaridade para as alvenarias, geralmente sendo impermeabilizados com produtos asfálticos ou membranas para proteger a estrutura e evitar patologias como o bolor. A execução correta dos baldrames é crucial para a durabilidade e a segurança da construção.

de práticas sustentáveis e a valorização do patrimônio construído em harmonia com o ambiente, conforme Vale do Paraíba: Da Economia Cafeeira à Sustentável, Resumo. A análise desses fatores ambientais e das soluções construtivas históricas será fundamental para compreender a resiliência e a adaptabilidade da arquitetura de terra no Vale do Paraíba.

4.2.4. Ferramentas e Recursos Complementares

A pesquisa utilizou um conjunto de ferramentas e recursos para a gestão da informação e a análise de dados:

- Software de Gerenciamento Bibliográfico: A gestão e organização das referências bibliográficas foram realizadas com o auxílio de softwares de gerenciamento bibliográfico, garantindo a padronização das citações e referências conforme as normas da ABNT.

- Sistemas de Informação Geográfica (SIG): Para a visualização e interpretação de dados pedológicos e geográficos em larga escala, foram consideradas as capacidades dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Dados espaciais disponíveis em plataformas como o PronaSolos da Embrapa e bases cartográficas do IBGE foram utilizados para correlacionar as características do solo em diferentes biomas e regiões do Brasil com as técnicas construtivas historicamente adotadas e as atuais possibilidades de aplicação, contribuindo para a análise pedogeográfica da pesquisa. Neste processo, foi utilizado o software QGIS (versão 3.40), um sistema livre de geoprocessamento que permitiu a manipulação de bases vetoriais e matriciais, a geração de mapas temáticos e a análise espacial integrada dos dados coletados.

- Manuais e Normas Técnicas: Os manuais da Embrapa e do IBGE sobre descrição, coleta e análise de solos (SANTOS et al., 2015; TEIXEIRA et al., 2017; IBGE, 2015) e a NBR 17014:2022 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022) foram utilizados como guias metodológicos para a compreensão dos procedimentos técnicos e normativos aplicáveis ao estudo da arquitetura de terra.

4.3 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo selecionada para esta pesquisa é a região do Vale do Paraíba, dada sua relevância histórica e sua rica herança de construções em terra. A caracterização detalhada dessa área, bem como dos imóveis edificados com terra, é fundamental para o aprofundamento das análises sobre as relações entre paisagem, solo e edificação.

4.3.1. Contextualização Geográfica e Histórico-Cultural do Vale do Paraíba

O Vale do Paraíba, uma região de importância estratégica e ambiental no Sudeste brasileiro, situa-se predominantemente no estado de São Paulo, estendendo-se também por trechos de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Sua delimitação geográfica é marcada pelas imponentes Serras da Mantiqueira, ao norte, e do Mar, ao sul, configurando uma calha tectônica que é drenada pelo Rio Paraíba do Sul (SCHAETZL; ANDERSON, 2015). A geomorfologia local é caracterizada por um mosaico de paisagens que incluem planícies fluviais, terraços, colinas e encostas íngremes, influenciando diretamente os processos pedogenéticos e os padrões de ocupação e construção. O clima predominante é o tropical de altitude, com estações úmida e seca bem definidas, e variações de temperatura que impactam a gênese e evolução do solo (KAMPF; CURI, 2012; APOSTILA SOL-14.pdf, Unidade 3).



Historicamente, o Vale do Paraíba desempenhou um papel crucial na formação territorial e econômica do Brasil, servindo como eixo de ligação e rota para o escoamento do ouro de Minas Gerais e, posteriormente, tornando-se o epicentro da cafeicultura brasileira no século XIX. Essa intensa atividade econômica e de ocupação impulsionou o desenvolvimento de uma arquitetura vernacular e erudita que se adaptou aos recursos locais. A arquitetura de terra, em suas diversas manifestações, floresceu na região, impulsionada pela "abundância de solos adequados e a necessidade de técnicas que utilizassem recursos locais e mão de obra disponível" (REDE TERRABRASIL, 2022). A região é conhecida por abrigar um vasto conjunto de construções em terra, incluindo "casas bandeiristas", fazendas históricas, igrejas e casarios urbanos, que evidenciam a versatilidade e durabilidade desses sistemas construtivos (LEMOS; LIRA, 2013).

A pesquisa de Cavicchioli et al. (2013) destaca que no médio Vale do Paraíba, há uma "concentração particularmente grande de edificação em terra", incluindo, de forma notável, exemplares de adobe, técnica mais comum em Minas Gerais. A tipologia construtiva em terra na região é, portanto, um reflexo da interação pedogeográfica e histórico-cultural que moldou a paisagem edificada. Para esta pesquisa, a análise se concentrará em edificações localizadas no eixo Rio-São Paulo, dada a representatividade histórica e a concentração de exemplares relevantes nesse corredor.

4.3.2 Critérios de Seleção das Edificações

A seleção das edificações para análise e caracterização nesta pesquisa foi guiada por um conjunto de critérios específicos e práticos, visando a garantir a representatividade histórica e construtiva no Vale do Paraíba, bem como a viabilidade de acesso e estudo direto.

Os imóveis foram selecionados com foco em exemplares que representam as principais técnicas de arquitetura de terra – taipa de pilão, taipa de mão e adobe – localizadas nos municípios do Vale do Paraíba paulista, especificamente ao longo do eixo Rio-São Paulo. Os critérios de seleção incluíram:

- Viabilidade de Acesso e Autorização para Visitação: Este foi o critério primordial. Priorizou-se edificações onde foi possível obter autorização formal para visitação, permitindo a observação *in loco* das características construtivas e do estado de conservação. Acesso autorizado também se estendeu à possibilidade de coleta de amostras superficiais de solo e material das paredes, quando aplicável e não destrutivo.

- Representatividade Histórica e Tipológica: Buscou-se incluir imóveis que desempenharam papel significativo na ocupação e no desenvolvimento da região e que são emblemáticos das técnicas construtivas em terra. Edificações mencionadas em estudos prévios de autores como Mayumi (2005) e Katinsky (1976) serviram como ponto de partida para a identificação de exemplares que pudessem ser acessados.

- Potencial para Caracterização do Solo Construtivo: O interesse fundamental desta pesquisa, enquanto arquiteta e urbanista atuante na área da preservação, conservação e restauração de bens de interesse histórico-arquitetônico, reside na obtenção de dados mais concretos sobre as propriedades dos solos utilizados em edificações com técnicas construtivas vernaculares. A seleção das edificações, portanto, priorizou aquelas com potencial para fornecer informações claras sobre a composição dos solos utilizados, visando a ter mais certeza para futuras intervenções de recuperação e restauro.



•Disponibilidade de Documentação Complementar: A existência de registros históricos, fotográficos, projetos de restauração e outros documentos que pudessem subsidiar a análise das edificações foi um critério facilitador, embora não exclusivo.

Com base nesses critérios, foram selecionadas as seguintes edificações para este estudo:

- Solar Gomes Leitão (Jacareí, SP)
- Igreja São Benedito (São José dos Campos, SP)
- Instituto Elpídio dos Santos - Casa Urbana (São Luiz do Paraitinga, SP)
- Fazenda Resgate (Bananal, SP)
- Fazenda dos Coqueiros (Bananal, SP)

É importante ressaltar que, devido ao tempo hábil para a entrega desta fase da pesquisa, as análises laboratoriais das amostras de solo e material coletadas não serão realizadas neste momento. Tais análises, essenciais para a quantificação precisa das propriedades dos solos e para a validação das composições para restauro, serão indicadas como recomendações de continuidade da pesquisa, permitindo a inclusão de mais edificações com possibilidade de acesso e um aprofundamento técnico em etapas futuras.

Como proposta de desdobramento, os dados-base levantados nesta etapa, referentes às edificações selecionadas, permitem a expansão da pesquisa para outras construções em terra localizadas ao longo do eixo Rio–São Paulo, viabilizando a inclusão de novos casos com acesso permitido e aprofundamento técnico gradual, especialmente voltado à caracterização laboratorial e à compatibilidade dos materiais originais.

4.3.3. Caracterização das Edificações Selecionadas

A caracterização das edificações selecionadas foi realizada de forma detalhada, com base em uma análise aprofundada da documentação disponível (bibliográfica, técnica e iconográfica), bem como nas observações obtidas por meio das visitas autorizadas. O processo visou a criar um perfil abrangente de cada imóvel, essencial para o estabelecimento de correlações com os dados pedológicos, geográficos e climáticos, e para a compreensão do seu desempenho e estado de conservação ao longo do tempo. Os seguintes aspectos foram sistematicamente levantados e descritos para cada edificação:

•Identificação e Contexto Histórico:

- Nome da Edificação: Nomenclatura oficial ou popular (ex: Solar Gomes Leitão, Igreja São Benedito, Casa Urbana, Fazenda Resgate, Fazenda dos Coqueiros).
- Localização: Município (Jacareí, São José dos Campos, São Luiz do Paraitinga, Bananal), coordenadas geográficas aproximadas (latitude e longitude), e breve descrição do entorno imediato (urbano, rural, encosta, planície).
- Datação Provável: Período de construção (século, década, ou ano aproximado, quando disponível), com base em registros históricos ou análises arquitetônicas.
- Uso Original e Transformações: Função original da edificação (residência, sede de fazenda, religiosa, etc.) e as principais transformações de uso ao longo de sua história.

•Tipologia Construtiva e Materiais:

- Técnicas de Terra Empregadas: Detalhamento das técnicas de terra presentes (taipa de pilão, taipa de mão, adobe), identificando as partes da edificação onde cada técnica foi utilizada. Para as fazendas e solares, a taipa de pilão é frequentemente a técnica



principal, enquanto em casas urbanas e estruturas menores, o adobe e a taipa de mão podem ser mais comuns.

- Outros Materiais Construtivos: Descrição dos materiais associados, como madeira (estruturas de telhado, esquadrias), pedra (fundações, cunhais), e alvenaria de tijolos (reforços, reformas, acréscimos).
- Morfologia dos Elementos em Terra: Observação de características como espessura das paredes de taipa, presença de camadas de compactação, textura e coloração aparente da terra (utilizando padrões do Munsell Soil Color Charts para descrições de campo, quando possível, para futuras correlações com análises pedológicas), e detalhes construtivos específicos de cada técnica.

•Aspectos Morfológicos e Desempenho:

- Estrutura da Edificação: Descrição geral do sistema estrutural (autoportante, com trama de madeira), tipo de cobertura (duas, quatro águas, etc.) e presença de elementos protetores como beirais e baldrames.
- Aberturas (Vãos): Análise das portas e janelas, seus materiais, sistemas de fechamento e sua relação com as paredes de terra.
- Condições de Drenagem e Umidade: Observação das soluções adotadas para a proteção contra a umidade ascendente e a água da chuva, aspectos cruciais para a longevidade das construções em terra (HOUBEN; GUILLAUD, 1994), e identificação de eventuais patologias relacionadas à água.
- Conforto Higtotérmico Implícito: Discussão das características construtivas (massa das paredes, ventilação natural) que contribuem para o desempenho térmico e higtotérmico da edificação, mesmo que não quantificadas neste estudo.

A coleta dessas informações baseou-se primordialmente na consulta a acervos documentais de órgãos de preservação (IPHAN, CONDEPHAAT, DPH), bibliotecas universitárias e plataformas digitais de periódicos e teses. Para as edificações selecionadas, as visitas autorizadas permitiram complementar e validar as informações documentais, além de possibilitar a coleta de amostras (mesmo que sem análise laboratorial nesta etapa), que serão futuramente valiosas para a compreensão aprofundada da composição dos solos e para a elaboração de protocolos de intervenção e restauração mais precisos.



4.4 Levantamento de dados das Edificações Seleccionadas

4.4.1 Solar Gomes Leitão – Jacareí



Figura 15 - Solar Gomes Leitão – Fachada Frontal.

Fonte: IPATRIMÔNIO. **Jacareí – Solar Gomes Leitão.** [S. l.]: iPatrimônio, [s.d.]. Disponível em: www.ipatrimonio.org. Acesso em: 23 jun. 2025.

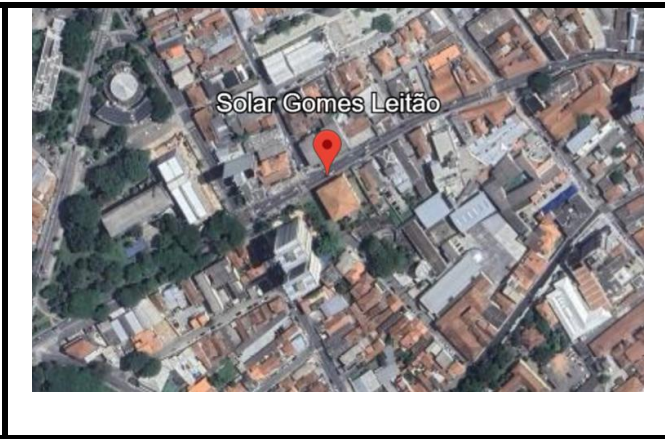


Figura 16 - Localização no contexto urbano do Solar Gomes Leitão.

Fonte: GOOGLE EARTH. **Vista aérea do Solar Gomes Leitão, Centro, Jacareí, SP.** [Imagem de satélite]. [S. l.]: Google, [s.d.]. Disponível em: www.earth.google.com. Acesso em: 23 jun. 2025.

Identificação e Contexto Histórico:	
Nome da Edificação:	Solar Gomes Leitão, também conhecido como "Casa de Dr. Lúcio Malta, 240".
Localização:	Rua Dr. Lúcio Malta, 240, no centro histórico de Jacareí, SP. Está inserido em um tecido urbano consolidado, característico das cidades históricas do Vale do Paraíba, com edificações adjacentes e infraestrutura urbana.
Datação Provável:	A construção original do Solar Gomes Leitão remonta ao final do século XVIII , por volta de 1780, com algumas alterações e ampliações no século XIX. É um dos exemplares mais antigos e significativos de residência urbana em taipa de pilão na região. O tombamento pelo CONDEPHAAT (Resolução SC 20 de 16/03/1983) atesta sua relevância histórica e arquitetônica.
Uso Original e Transformações:	Originalmente, a edificação serviu como residência urbana da influente família Gomes Leitão, que fazia parte da elite rural e cafeeira da época. Ao longo de sua história, o imóvel passou por diversas transformações de uso, abrigando atividades comerciais. Mais recentemente, foi objeto de um importante processo de restauração para abrigar a sede do Serviço Social do Comércio (SESC) em Jacareí, funcionando atualmente como um centro cultural e sede administrativa do SESC (CONDEPHAAT, consulta em condesphaat.sp.gov.br ; ALMEIDA, 2013).
Tipologia Construtiva e Materiais:	
Técnicas de Terra Empregadas:	A técnica predominante e que caracteriza o Solar Gomes Leitão é a taipa de pilão . As paredes externas e as principais



	<p>paredes internas portantes foram construídas com essa técnica, utilizando camadas de terra crua compactadas. É possível que paredes secundárias ou elementos adicionados em reformas posteriores tenham empregado outras técnicas, como taipa de mão ou alvenaria, mas o núcleo original é em taipa de pilão.</p>
Outros Materiais Construtivos:	<p>Fundações: É comum em edificações dessa época e tipologia que as fundações sejam de pedra argamassada, atuando como um baldrame para proteger as paredes de taipa da umidade ascendente do solo e garantir a estabilidade da base.</p> <p>Estrutura: As espessas paredes de taipa de pilão são autoportantes, suportando diretamente as cargas da cobertura e dos pisos. A estrutura de pisos (soalhos) e do telhado é de madeira, utilizando peças robustas, compatíveis com a dimensão do solar.</p> <p>Cobertura: O sistema de cobertura é tradicional, composto por um telhado em tesouras de madeira e telhas cerâmicas, provavelmente tipo capa e bica ou francesa, comuns no período.</p> <p>Acabamentos: As paredes de taipa eram originalmente protegidas por reboco de barro e cal e finalizadas com caiação (pintura à base de cal). Ao longo do tempo, reformas inadequadas podem ter introduzido argamassas cimentícias ou outros revestimentos, que, em processos de restauração recentes, foram removidos para recuperar a leitura original da taipa e permitir a "respiração" da parede.</p> <p>Esquadrias: As portas e janelas são de madeira maciça, com sistemas de batentes, vergas e soleiras integrados à espessura das paredes de taipa.</p>
Morfologia dos Elementos em Terra:	<p>A edificação apresenta uma estrutura extremamente robusta, característica da taipa de pilão autoportante, que confere grande solidez. O telhado, com sua estrutura de madeira, apoia-se diretamente sobre essas paredes espessas. A presença de beirais amplos e a elevação das paredes em relação ao nível do solo (baldrames de pedra) são elementos protetores essenciais para a longevidade da taipa, desviando a água da chuva e minimizando a umidade.</p>
Aspectos Morfológicos e Desempenho:	
Estrutura da Edificação:	<p>A edificação apresenta uma estrutura extremamente robusta, característica da taipa de pilão autoportante, que confere grande solidez. O telhado, com sua estrutura de madeira, apoia-se diretamente sobre essas paredes espessas. A presença de beirais amplos e a elevação das paredes em relação ao nível do solo (baldrames de pedra) são elementos protetores essenciais para a longevidade da taipa, desviando a água da chuva e minimizando a umidade.</p>
Aberturas (Vãos):	<p>As aberturas são generosas, com portas e janelas em madeira, que se destacam pela sua proporcionalidade em relação às fachadas. As vergas e soleiras, frequentemente em</p>

	<p>madeira ou pedra, são elementos cruciais que se integram à espessura monumental das paredes de terra, sendo o seu dimensionamento e execução fundamentais para a estabilidade do vão.</p>
<p>Condições de Drenagem e Umidade:</p>	<p>A gestão da umidade é um desafio constante em edificações de terra. No Solar Gomes Leitão, as soluções construtivas tradicionais como os baldrames elevados (impedindo a umidade ascendente por capilaridade) e os beirais amplos (protegendo as paredes da chuva direta) são evidentes. A análise documental e a visita <i>in loco</i> (se possível) permitirão identificar patologias comuns, como fissuras por recalques diferenciais ou erosão superficial em áreas desprotegidas, ou problemas de umidade decorrentes de falhas na drenagem ou em reparos de reboco inadequados (HOUBEN; GUILLAUD, 1994).</p>
<p>Conforto Higrotérmico Implícito:</p>	<p>As paredes de taipa de pilão, devido à sua considerável espessura (tipicamente entre 0,50 m e 0,80 m), proporcionam uma elevada inércia térmica. Essa característica permite que o edifício mantenha temperaturas internas mais estáveis e agradáveis, absorvendo o calor externo durante o dia e liberando-o lentamente à noite, o que gera "um ganho significativo de conforto térmico" (CAVICCHIOLI et al., 2013, p. 5, SABATICOIEA Atlas). A ventilação cruzada natural, planejada através do posicionamento das aberturas, complementa esse desempenho, promovendo o conforto higrotérmico sem a necessidade de sistemas mecânicos intensivos.</p>

4.4.2 Igreja São Benedito – São José dos Campos



Figura 17 - Igreja São Benedito – Fachada Frontal.

Fonte: SJC. Igreja São Benedito. In: SJC – O PRIMEIRO PORTAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS E REGIÃO. [S. l.], 14 jan. 2020. Disponível em: www.sjc.com.br. Acesso em: 23 jun. 2025.



Figura 18 - Localização no contexto urbano da Igreja São Bendito.

Fonte: GOOGLE EARTH. Localização no contexto urbano da Igreja São Benedito, Praça Afonso Pena, São José dos Campos, SP. [Imagem de satélite]. [S. l.]: Google, [s.d.]. Disponível em: www.earth.google.com. Acesso em: 23 jun. 2025.

Identificação e Contexto Histórico:



Nome da Edificação:	Igreja de São Benedito. Popularmente conhecida como Igreja São Benedito da Praça Afonso Pena ou Igreja do Rosário de São Benedito.
Localização:	Praça Afonso Pena, s/n, Centro, São José dos Campos, SP. A igreja está situada em um dos pontos mais centrais e históricos da cidade, em área de grande movimentação urbana e cultural.
Datação Provável:	A construção da Igreja de São Benedito, tal como a conhecemos, iniciou-se em 1899 , com sua inauguração em 1904 (CONDEPHAAT, Processo 20993/79). Embora datada do virar do século, período em que a alvenaria de tijolos já se consolidava, esta edificação representa uma notável continuidade do uso da terra como material construtivo em obras de relevância urbana e social.
Uso Original e Transformações:	Desde sua edificação, a Igreja São Benedito mantém sua função original e ininterrupta como templo religioso católico , dedicada ao culto de São Benedito. Historicamente, a igreja foi um importante centro de devoção e expressão cultural para a população negra da cidade, especialmente através das irmandades do Rosário. Sua construção por e para a comunidade demonstra um forte vínculo social. Ao longo de sua existência, passou por manutenções e reformas, que não alteraram sua função primária, consolidando-se como um patrimônio cultural e religioso central em São José dos Campos (CONDEPHAAT, Processo 20993/79).
Tipologia Construtiva e Materiais:	
Técnicas de Terra Empregadas:	Conforme o Processo de Tombamento CONDEPHAAT 20993/79 , a Igreja São Benedito é um exemplar significativo da arquitetura de terra, empregando a técnica da taipa de pilão . Esta informação é crucial, pois contraria a expectativa de uso exclusivo de alvenaria de tijolos para uma obra urbana deste porte e período. O uso da taipa de pilão nas paredes da igreja reflete não apenas a disponibilidade local de matéria-prima e mão de obra capacitada nas técnicas tradicionais, mas também a persistência dessas práticas construtivas mesmo em um contexto de crescente industrialização.
Outros Materiais Construtivos:	As paredes de taipa foram executadas sobre uma fundação direta (CONDEPHAAT, Processo 20993/79). Este tipo de fundação, comum em construções mais antigas, indica que as paredes de taipa foram construídas diretamente sobre uma base de material resistente, como pedra ou argamassa de cal e pedra, que servia para evitar a capilaridade ascendente e distribuir as cargas. A ausência de fundações profundas reforça a necessidade de um bom sistema de drenagem e proteção da base da edificação contra a umidade. Estrutura Complementar: As paredes de taipa de pilão são autoportantes , conferindo a solidez e massa necessárias para a edificação. Elementos estruturais complementares, como vergas e contravergas sobre os



	<p>vãos, e a estrutura de cobertura, são tradicionalmente em madeira, um material amplamente utilizado no Vale do Paraíba, como detalhado em "Casa Paulista: história das moradias anteriores ao ecletismo trazido pelo café" (FAUSTO, 2000), que explora a construção tradicional paulista e a transição para outros materiais.</p> <p>Cobertura: O telhado é composto por uma estrutura robusta de madeira e coberto por telhas cerâmicas, provavelmente do tipo capa e bica ou francesa, comuns no início do século XX e que se adaptavam bem aos grandes vãos das igrejas.</p> <p>Acabamentos: As superfícies externas e internas da igreja são revestidas com argamassas e pinturas. Tradicionalmente, rebocos à base de cal e areia eram aplicados sobre a taipa para proteção e acabamento, permitindo a "respiração" da parede. Observações futuras sobre o estado de conservação desses revestimentos são importantes para identificar patologias e a compatibilidade dos materiais utilizados ao longo do tempo.</p>
Morfologia dos Elementos em Terra:	<p>As paredes de taipa de pilão da Igreja São Benedito se caracterizam por sua notável espessura, que pode variar de 0,60 m a 1,00 m, dependendo da sua função estrutural e posição na edificação. Visualmente, se os revestimentos forem removidos ou se houver áreas expostas, é possível observar as fiadas horizontais resultantes da sucessiva compactação da terra dentro das fôrmas (taipais). Essas fiadas podem apresentar ligeiras variações de tonalidade e textura, marcando os diferentes batimentos da terra. A textura da terra exposta tende a ser granular e compacta. Em construções de maior envergadura e importância como uma igreja, é provável que a mistura da terra tenha sido feita com maior rigor e que a compactação tenha sido executada com considerável cuidado, resultando em uma superfície interna da parede de taipa mais homogênea e resistente antes da aplicação do reboco. A coloração aparente da terra dependeria do solo local utilizado, variando de tons amarelados a avermelhados-acastanhados (que poderiam ser descritos com o auxílio do Munsell Soil Color Charts em uma análise de campo). Os cantos das paredes podem revelar detalhes da interligação das fôrmas, e a uniformidade das camadas, se visíveis, pode indicar o nível de técnica empregado na época.</p>
Aspectos Morfológicos e Desempenho:	
Estrutura da Edificação:	<p>A Igreja São Benedito, com suas paredes de taipa de pilão, possui uma estrutura maciça e de grande inércia térmica. A espessura das paredes de taipa confere uma notável estabilidade e resistência, características inerentes a essa técnica construtiva.</p>
Aberturas (Vãos):	<p>Os vãos de portas e janelas são elementos marcantes, dimensionados para a grandiosidade da edificação religiosa. A caixilharia em madeira maciça é esperada,</p>

	com sistemas de vergas e soleiras que se integram à massa das paredes de taipa. A durabilidade desses elementos e sua interação com as paredes de terra são pontos cruciais para a conservação.
Condições de Drenagem e Umidade:	A proteção contra a umidade é vital para a preservação da taipa. A fundação direta exigiria soluções eficazes na base das paredes para evitar a capilaridade ascendente, como o uso de pedras ou materiais com baixa absorção. A presença de beirais amplos e sistemas de drenagem de águas pluviais (calhas e condutores) é fundamental para desviar a água da chuva das superfícies das paredes (HOUBEN; GUILLAUD, 1994). A análise do processo de tombamento e observações <i>in situ</i> podem revelar detalhes sobre as estratégias adotadas e a ocorrência de patologias relacionadas à água, como erosão superficial da taipa em áreas desprotegidas ou problemas de umidade ascendente.
Conforto Higrotérmico Implícito:	As paredes maciças de taipa de pilão proporcionam uma elevada inércia térmica , característica altamente desejável em climas com grandes variações de temperatura diária, como o Vale do Paraíba. Essa massa permite que o edifício mantenha temperaturas internas mais estáveis e agradáveis, absorvendo o calor externo durante o dia e liberando-o lentamente à noite. Este desempenho contribui significativamente para o conforto ambiental, reduzindo a necessidade de sistemas mecânicos de climatização. A ventilação natural, através do dimensionamento e posicionamento dos vãos, complementa essa estratégia passiva de conforto.

4.4.3 Instituto Elpídio dos Santos – residência urbana– São Luiz do Paraitinga



Figura 19 - Fachada lateral esquerda e fachada frontal do Instituto Elpídio dos Santos.

Fonte: <https://encurtador.com.br/aU7B6>. Acesso em 25.06.25.



Figura 20 - Localização no contexto urbano da edificação.

Fonte: GOOGLE EARTH. Localização do Instituto Elpídio dos Santos no contexto urbano do centro histórico de São Luiz do Paraitinga - SP. [Imagem de satélite]. [S. l.]: Google, [s.d.]. Disponível em: www.earth.google.com. Acesso em: 23 jun. 2025.



Identificação e Contexto Histórico:	
Nome da Edificação:	Instituto Elpídio dos Santos (IES), também referido como "Casa Elpídio dos Santos" ou "casarão"
Localização:	Rua Coronel Domingues de Castro, 55, no Centro de São Luiz do Paraitinga, SP, CEP: 12140-000. A cidade, no Vale do Paraíba, é reconhecida por sua arquitetura colonial e patrimônio histórico, com o centro urbano tombado pelo Condephaat (1982) e IPHAN (2010). O entorno é caracterizado por um casario colonial colorido e ruas estreitas.
Datação Provável:	O casarão original é considerado um dos edifícios mais antigos de São Luiz do Paraitinga, com mais de 200 anos , sugerindo construção no final do século XVIII ou início do século XIX. O Instituto Elpídio dos Santos, como entidade cultural, foi criado em 2001.
Uso Original e Transformações:	Originalmente, o edifício serviu como residência do renomado compositor Elpídio dos Santos e sua família. Em 2010, o casarão ruiu devido à grande enchente que assolou a cidade. Após a tragédia, o edifício foi submetido a um processo de reforma e reconstrução, com as obras na sede do IES concluídas até setembro de 2011. Atualmente, o IES funciona como uma entidade cultural sem fins lucrativos , dedicada a promover a cultura, preservar o patrimônio histórico musical e divulgar a obra de Elpídio dos Santos, além de abrigar exposições sobre o artista e a reconstrução da cidade.
Tipologia Construtiva e Materiais:	
Técnicas de Terra Empregadas:	A arquitetura tradicional de São Luiz do Paraitinga é amplamente conhecida pelo uso de técnicas construtivas em terra, como a taipa de pilão e o pau a pique. O casarão original possuía "paredes de taipa". Durante a reconstrução de outros edifícios históricos na cidade após a enchente, foram utilizados "tijolos de barro cozido" como "sucessores naturais do antigo sistema de taipa de pilão". Embora não haja confirmação explícita sobre a técnica exata empregada na reconstrução do próprio IES, é provável que tenha havido uma combinação de materiais tradicionais e modernos, ou a substituição da taipa por tijolos.
Outros Materiais Construtivos:	Informações detalhadas sobre outros materiais construtivos específicos utilizados na reconstrução não estão amplamente disponíveis. No entanto, a arquitetura colonial da região tipicamente emprega madeira para estruturas de telhado e esquadrias, e pedra para fundações
Morfologia dos Elementos em Terra:	Não foram encontrados detalhes específicos sobre a morfologia dos elementos em terra para este edifício pós-reconstrução, como espessura das paredes ou camadas de compactação
Aspectos Morfológicos e Desempenho:	

Estrutura da Edificação:	O edifício é descrito como um "casarão", sugerindo uma estrutura típica de grandes residências coloniais. Detalhes específicos sobre seu sistema estrutural ou tipo de cobertura não foram encontrados
Aberturas (Vãos):	O casarão é notado por sua porta e janelas que se abrem para a calçada da Rua Coronel Domingues de Castro, um elemento característico da fachada.
Condições de Drenagem e Umidade:	A vulnerabilidade do edifício à água foi dramaticamente evidenciada quando ruiu durante a enchente de 2010. As ações de reconstrução na cidade, que incluíram o IES, foram coordenadas pelo IPHAN e visaram a resiliência urbana. Contudo, não há informações detalhadas sobre as soluções específicas de drenagem ou proteção contra umidade ascendente implementadas no edifício do Instituto Elpídio dos Santos durante sua restauração.
Conforto Higrotérmico Implícito:	Não foram encontradas informações específicas sobre as características construtivas do Instituto Elpídio dos Santos que contribuem para seu desempenho térmico e higrotérmico pós-reconstrução

4.4.4 Fazenda Resgate - Bananal



Figura 21 - Fachada Frontal da Fazenda Resgate.

Fonte: WIKIPÉDIA. **Fazenda Resgate.** In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. [S. l.]: Wikimedia Foundation, [s.d.]. Disponível em: [www. pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org). Acesso em: 23 jun. 2025.



Figura 22 - Localização da Fazenda Resgate.

Fonte: GOOGLE EARTH. **Localização da Fazenda Resgate, em Bananal – SP.** [Imagem de satélite]. [S. l.]: Google, [s.d.]. Disponível em: www.earth.google.com. Acesso em: 23 jun. 2025.

Identificação e Contexto Histórico:

Nome da Edificação:

A edificação é oficialmente identificada como **Sede da Fazenda Resgate**.



Localização:	<p>Endereço: Os dados do tombamento especificam que a fazenda se encontra na Estrada Nova para Barra Mansa – Km 324 – Bananal-SP.</p> <p>Descrição do Entorno Imediato: A Fazenda Resgate, como a maioria das fazendas históricas da região do Vale do Paraíba, está inserida em um ambiente rural que foi moldado pela monocultura do café. A descrição oficial aponta que ela está "cercada por áreas de pastagem e remanescentes de Mata Atlântica, típica do Vale do Paraíba" (<i>Análise da Sede da Fazenda Resgate, 1. Identificação e Contexto Histórico</i>). Isso nos mostra uma paisagem que, embora transformou seu uso original do café para pastagem, ainda mantém vestígios da exuberância natural da Mata Atlântica.</p>
Datação Provável:	<p>A construção original da Sede da Fazenda Resgate data de aproximadamente 1820, um período crucial para a expansão da cafeicultura no Brasil e para a ascensão da elite cafeeira (<i>Análise da Sede da Fazenda Resgate, 1. Identificação e Contexto Histórico</i>). Essa datação a posiciona firmemente no início do ciclo áureo do café, que moldou a arquitetura e a paisagem do Vale do Paraíba, tal como Carlos Lemos tão bem descreve em suas obras sobre a "Casa Paulista".</p>
Uso Original e Transformações:	<p>A Fazenda Resgate, como outras casas-sede do período, foi construída para ser a residência principal dos proprietários e o centro administrativo das atividades agrícolas, com foco na produção de café. Ela era o coração da propriedade, o palco da vida familiar e social, e o ponto de controle da produção e da força de trabalho.</p> <p>Transformações: Ao longo de sua história, a edificação passou por reformas significativas. Uma das mais notáveis foi a adaptação da fachada para o estilo neoclássico por volta de 1855. Essa mudança estilística é fascinante, pois reflete uma tendência da época de modernização e europeização das elites rurais, que buscavam alinhar suas residências aos padrões estéticos vigentes nas capitais e na Europa. Também houve "Alterações internas como a substituição de portas por janelas no pavimento térreo". Essas transformações mostram a capacidade de adaptação do edifício às necessidades e gostos de seus moradores ao longo do tempo. Atualmente, sendo um bem tombado, a Fazenda Resgate é preservada e opera como um espaço de turismo rural e cultural.</p>
Tipologia Construtiva e Materiais:	
Técnicas de Terra Empregadas:	<p>A Fazenda Resgate é, de fato, um riquíssimo exemplo da diversidade das técnicas construtivas em terra.</p> <p>Taipa de Pilão: A edificação utilizou a taipa de pilão predominantemente nas paredes externas, conferindo a "robustez e isolamento térmico". Isso é um ponto importantíssimo, pois a taipa de pilão era a técnica que</p>



	<p>permitia a monumentalidade e a solidez que caracterizam as grandes casas-sede do período cafeeiro.</p> <p>Pau-a-Pique: O pau-a-pique foi "empregado em divisórias internas e em áreas secundárias". Essa diferenciação é muito comum, pois o pau-a-pique é mais leve e flexível, ideal para compartimentar espaços internos ou construir áreas de menor exigência estrutural.</p> <p>A distinção no uso dessas técnicas dentro da mesma edificação é um testemunho da sabedoria construtiva da época, que escolhia a técnica mais adequada para cada função ou parte da estrutura, otimizando recursos e desempenho.</p>
Outros Materiais Construtivos:	<p>O processo de tombamento complementa a lista de materiais:</p> <p>Alvenaria de Pedra: Como você observou, a alvenaria de pedra está "presente nas fundações, garantindo estabilidade estrutural, especialmente em terrenos irregulares". Isso é crucial para a proteção contra a umidade ascendente e a durabilidade da estrutura.</p> <p>Madeira: É um material onipresente. Foi "Utilizada em elementos estruturais como vigas, caibros e assoalhos, além de esquadrias e detalhes decorativos". Em edifícios desse porte, seria madeira de lei, pela sua resistência e durabilidade.</p> <p>Telhas de Barro: A cobertura é composta por "telhas cerâmicas, típicas da arquitetura colonial brasileira", provavelmente as telhas tipo capa e canal, comuns na região.</p>
Morfologia dos Elementos em Terra:	<p>O processo de tombamento oferece detalhes precisos sobre a morfologia das paredes de terra:</p> <p>Espessura das Paredes: As paredes de taipa de pilão apresentam "espessura significativa, contribuindo para a inércia térmica da edificação". Embora o número exato não esteja no resumo que eu acessei, paredes de taipa de pilão em edificações desse período frequentemente variam entre 60 cm e 1,20 m.</p> <p>Textura e Coloração: A superfície das paredes de taipa exibe a "textura característica da taipa, com coloração terrosa que varia conforme a composição do solo local". Essa observação é vital, pois a cor e a textura são "assinaturas" do local e da técnica, revelando o barro que foi compactado para formá-las.</p>
Aspectos Morfológicos e Desempenho:	
Estrutura da Edificação:	<p>Sistema Estrutural: O processo de tombamento confirma que o sistema estrutural é autoportante, com as paredes de taipa de pilão (principalmente as externas) "suportando a carga da cobertura e dos pavimentos superiores". Este é</p>





	<p>um marco da arquitetura tradicional em terra, onde a própria parede tem função estrutural.</p> <p>Cobertura: O telhado é em quatro águas, uma forma clássica que proporciona boa proteção e escoamento da água da chuva, com "beirais pronunciados que protegem as paredes das intempéries".</p>
Aberturas (Vãos):	<p>Portas e Janelas: As aberturas são descritas como "amplas, com esquadrias de madeira e venezianas, permitindo ventilação cruzada e iluminação natural". A presença de venezianas é um detalhe funcional importante, permitindo controlar a luminosidade e a privacidade, além de contribuir para a ventilação mesmo com as janelas fechadas.</p> <p>Relação com as Paredes de Terra: O processo destaca que as aberturas foram "cuidadosamente integradas às paredes de taipa, com vergas e contravergas⁹ de madeira para distribuição das cargas". Isso é um ponto crítico, pois a correta execução dessas vergas e contravergas é essencial para evitar fissuras e garantir a estabilidade da parede de terra em torno do vão.</p>
Condições de Drenagem e Umidade:	<p>O tombamento ressalta a importância das soluções para a longevidade:</p> <p>Proteção contra Umidade Ascendente: A "alvenaria de pedra nas fundações atua como barreira contra a umidade do solo". Essa elevação e o material resistente são vitais para as construções em terra, que são vulneráveis à umidade capilar.</p> <p>Drenagem Pluvial: Os "beirais largos e sistemas de calhas direcionam a água da chuva para longe das fundações, prevenindo infiltrações". Isso complementa a proteção das paredes de terra, impedindo o escoamento direto da água.</p>
Conforto Higrotérmico Implícito:	<p>O processo de tombamento reconhece as qualidades passivas de conforto do edifício:</p> <p>Massa das Paredes: A "espessura das paredes de taipa proporciona isolamento térmico, mantendo o interior fresco no verão e aquecido no inverno". Essa é uma das maiores vantagens das construções em terra: a capacidade de regular a temperatura interna naturalmente, devido à sua alta inércia térmica.</p> <p>Ventilação Natural: A "disposição das aberturas favorece a ventilação cruzada, promovendo conforto térmico e qualidade do ar interno". As amplas aberturas, aliadas ao pé-direito elevado e à ventilação através de venezianas, criam um sistema eficaz de circulação de ar.</p>

⁹ Contravergas são elementos estruturais horizontais, geralmente em concreto armado, instalados na parte inferior das aberturas (como portas e janelas) para atuar em conjunto com as vergas (superiores), distribuindo as tensões da alvenaria e prevenindo o aparecimento de fissuras decorrentes da movimentação ou da sobrecarga de vãos. A correta execução de vergas e contravergas é essencial para garantir o desempenho estrutural e evitar patologias em alvenarias (HELENE; PEREIRA, 2012)



4.4.5 Fazenda dos Coqueiros - Bananal

	
<p>Figura 23 - Fachada Frontal da Fazenda dos Coqueiros. Fonte: ZEIGER, Sergio. Fazenda dos Coqueiros - Bananal, SP. [Álbum fotográfico]. [S. l.]: Flickr, [s.d.]. Disponível em: www.flickr.com. Acesso em: 23 jun. 2025.</p>	<p>Figura 24 - Localização da Fazenda dos Coqueiros. Fonte: GOOGLE EARTH. Localização da Fazenda dos Coqueiros, em Bananal – SP. [Imagem de satélite]. [S. l.]: Google, [s.d.]. Disponível em: www.earth.google.com. Acesso em: 23 jun. 2025.</p>
Identificação e Contexto Histórico:	
Nome da Edificação:	A edificação é a Sede da Fazenda dos Coqueiros , também identificada como "Fazenda dos Coqueiros – 1855" em seu site oficial.
Localização:	A Fazenda dos Coqueiros está localizada no município de Bananal, São Paulo . Contexto Geográfico e Entorno Imediato: Assim como outras fazendas do Vale do Paraíba, a Fazenda dos Coqueiros está inserida em uma paisagem rural que foi profundamente moldada pela expansão cafeeira. Isso implica uma localização em terras férteis, provavelmente em um vale ou patamar adequado para o cultivo intensivo de café e a instalação de uma grande infraestrutura de fazenda. O entorno é caracterizado pela paisagem agrária e remanescentes da Mata Atlântica.
Datação Provável:	A própria nomenclatura presente no site, "Fazenda dos Coqueiros – 1855", indica o ano de sua provável fundação ou a data de uma construção ou reforma significativa que a estabeleceu em sua forma atual. Esse ano a posiciona no auge do período cafeeiro do Vale do Paraíba, uma época de grande prosperidade e investimento em infraestrutura rural.
Uso Original e Transformações:	Uso Original: A Fazenda dos Coqueiros era originalmente uma sede de fazenda de café , central para as operações da lavoura e a vida dos barões do café e dos escravos. No seu interior podemos encontrar objetos que prendiam os escravos, escarradeiras, cristais, pratarias antigas, palmatórias, moedas... um banheiro autêntico da época, poço de tortura dos escravos, senzalas, o que reforça o papel da fazenda como um complexo produtivo e social daquele período.



	<p>Transformações: Atualmente, a Fazenda dos Coqueiros está voltada para o turismo histórico, cultural e pedagógico. Ela oferece diversos serviços que demonstram essa transformação:</p> <p>Visitas Guiadas: Permitem aos visitantes conhecer a história, os objetos e os mistérios da escravidão.</p> <p>Locação: O casarão, refeitório, área verde e de lazer são alugados para eventos diversos como festas, casamentos, confraternizações, encontros pedagógicos, reuniões e filmagens. Novelas como "Sinhá Moça" e "Cabocla", além de filmes e reportagens, foram produzidos na fazenda, o que demonstra sua adaptação como cenário e a capacidade de manutenção através de outras atividades econômicas. Essa reorientação é um exemplo claro da busca pela sustentabilidade econômica de um patrimônio rural após o fim do ciclo produtivo original.</p>
Tipologia Construtiva e Materiais:	
Técnicas de Terra Empregadas:	<p>Podemos inferir a tipologia e os materiais com base no período (1855) e nas características comuns das grandes fazendas cafeeiras do Vale do Paraíba, que eram objeto de estudo de Carlos Lemos. Em visita ao local verificou-se a existência de técnicas construtivas mistas, incluindo o estuque e alvenaria de pedras argamassadas.</p> <p>Pau-a-Pique/Taipa de Mão: Poderia ter sido empregada em divisórias internas não estruturais ou em áreas de serviço, onde a necessidade de paredes robustas era menor, ou em etapas posteriores de ampliação.</p> <p>Adobe: Embora menos comum em grandes casarões nesse período do que a taipa de pilão, poderia ter sido usado em partes específicas, ou em construções secundárias no complexo da fazenda.</p> <p>Tabique¹⁰: é uma técnica construtiva tradicional que combina estrutura de madeira com enchimento de terra ou</p>

¹⁰ O **tabique** é uma técnica construtiva tradicional que combina estrutura leve de madeira com preenchimento em terra ou argamassa, formando painéis de vedação utilizados, principalmente, para divisórias internas em edificações. Originalmente disseminada na Península Ibérica, a técnica foi introduzida no Brasil pelos colonizadores portugueses e passou a integrar o repertório da construção vernacular no período colonial, especialmente em residências urbanas e rurais de médio e grande porte (PIRES, 2013; LEMOS; LIRA, 2013). Segundo Lemos e Lira (2013), o tabique se diferencia da taipa de mão por apresentar maior acabamento e um sistema construtivo menos robusto, sendo geralmente não estrutural. O sistema consiste em uma armação de madeira – com montantes verticais e travessas horizontais – preenchida com barro ou argamassa leve, muitas vezes protegida com revestimento de cal ou argamassa de terra. Esse preenchimento pode também incluir fibras vegetais, pequenos fragmentos de madeira ou de pedra, conferindo maior estabilidade e isolamento térmico (COELHO, 2010).

O portal *Coisas da Arquitetura* (2010) destaca que, no Brasil colonial, o tabique era utilizado com frequência nas paredes internas das casas, enquanto a taipa de pilão predominava nas paredes externas estruturais. O uso do tabique permitia subdivisões internas mais econômicas e de fácil execução, além de contribuir para o conforto térmico e acústico das edificações. Sua leveza também facilitava alterações e ampliações internas ao longo do tempo.

PIRES (2013) complementa que o tabique se popularizou principalmente em regiões de clima quente e úmido, como o Vale do Paraíba, onde sua leveza e capacidade de ventilação natural favoreciam o conforto



	<p>outros materiais leves, constituindo-se, geralmente, em elementos de vedação interna e não estrutural. Originária da Europa medieval, especialmente Portugal, essa técnica foi difundida no Brasil colonial com adaptações locais para atender às condições climáticas e à disponibilidade de recursos naturais. Foi identificado em visita técnica a presença em algumas paredes da Fazenda dos Coqueiros esta técnica construtiva.</p>
Outros Materiais Construtivos:	<p>Complementando as prováveis técnicas de terra, os materiais associados seriam:</p> <p>Pedra (Cantaria/Alvenaria de Pedra): Essencial nas fundações e baldrames, envolve o assentamento de pedras naturais (geralmente extraídas localmente, como granitos, gnaisses, ou quartzitos) utilizando uma argamassa para preencher os vazios e ligar as peças. As pedras podem ser de tamanhos e formatos variados, desde pedras brutas a pedras mais trabalhadas (aparelhadas), dependendo da parte da construção e do grau de sofisticação. A argamassa, no período colonial e imperial, era tipicamente à base de cal e areia, com possíveis adições de aglutinantes orgânicos ou cimento (em fases posteriores). A espessura dessas paredes de pedra seria considerável, proporcionando grande inércia térmica e resistência mecânica.</p> <p>Estuque (Revestimento e Acabamento): Identificamos a presença de estuque, que não é um material estrutural, mas sim um acabamento. O estuque é uma argamassa fina e maleável, aplicada como camada de revestimento sobre superfícies de madeira, ou tramas de madeiras, composto tipicamente por cal, areia fina, pó de mármore e, por vezes, pigmentos ou aglutinantes como fibras ou gesso. Permite a criação de superfícies lisas ou a modelagem de ornamentos (frisos, cornijas, relevos).</p> <p>Madeira de Lei: Utilizada amplamente na estrutura da cobertura (tesouras, terças, caibros), nos pisos (assoalhos de tábuas largas nos salões e quartos), e em todas as esquadrias (portas, janelas). A qualidade da madeira (jacarandá, peroba) e o requinte dos detalhes (como almofadas nas portas, venezianas nas janelas) eram indicativos da riqueza dos proprietários.</p>

ambiental. Em edificações urbanas de São Luís do Paraitinga, Bananal e Guaratinguetá, há registros do uso do tabique em corredores, alpendres e entre forros, evidenciando seu papel como solução técnica e estética. Apesar de sua função inicialmente limitada à compartimentação, a técnica do tabique foi evoluindo com variações regionais e materiais diversos, como o uso de painéis encaixados, rebocos mais elaborados e integração a elementos estruturais secundários (CASTRO; OLIVEIRA, 2017). Com o tempo, o tabique passou a ser substituído por soluções de alvenaria, mas ainda hoje pode ser observado em muitas edificações históricas tombadas, sendo reconhecido como técnica patrimonial pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Assim, o estudo do tabique se insere no campo da preservação da arquitetura de terra como parte da herança material brasileira, associando-se às técnicas de taipa de pilão, taipa de mão e adobe, e oferecendo alternativas sustentáveis para novas construções e restaurações com identidade local.



	<p>Telhas Cerâmicas: A cobertura seria de telhas de barro cozido, tipo capa e canal (telhas coloniais), garantindo a proteção contra as chuvas.</p>
Morfologia dos Elementos em Terra:	<p>No caso do pau-a-pique, as paredes seriam mais esguias, com a trama da madeira interna. Sem um dossiê técnico, detalhes específicos sobre espessura ou coloração da terra com base em padrões como o Munsell não podem ser fornecidos apenas pelo website.</p>
Aspectos Morfológicos e Desempenho:	
Estrutura da Edificação:	<p>A Fazenda dos Coqueiros, sendo um "casarão" (mansion) típico de fazendas cafeeiras, seria um sobrado (com dois ou mais pavimentos) com um sistema estrutural autoportante, onde as paredes maciças de taipa de pilão (ou adobe) sustentam o peso da edificação. O vigaamento de madeira dos pisos e da cobertura seria robusto e de madeira de lei.</p> <p>A cobertura seria provavelmente de quatro águas, com generosos beirais que, além de estéticos, tinham a função crucial de proteger as paredes da ação direta da chuva. Os baldrames de pedra seriam elementos morfológicos importantes, visíveis na base da edificação, elevando-a do solo e protegendo as paredes de terra da umidade ascendente.</p>
Aberturas (Vãos):	<p>As portas e janelas seriam em madeira, de grandes dimensões, e suas molduras e profundidade estariam diretamente relacionadas à espessura das paredes de taipa. As aberturas seriam estrategicamente posicionadas para otimizar a iluminação e ventilação natural. Dada a época e o status, seriam "belas" esquadrias, talvez com sistemas de guilhotina ou venezianas, como encontrado em outras fazendas do período.</p>
Condições de Drenagem e Umidade:	<p>A longevidade da Fazenda dos Coqueiros atesta a eficácia das soluções de drenagem e umidade.</p> <p>Proteção de Base: A elevação da edificação por baldrames robustos de pedra é a primeira e mais importante defesa contra a umidade ascendente do solo por capilaridade e, em menor escala, contra cheias superficiais.</p> <p>Proteção Vertical: Os amplos beirais da cobertura são fundamentais para proteger as paredes externas da chuva direta, que pode corroer a terra e os revestimentos. Sistemas de calhas e condutores pluviais eficientes seriam também necessários para direcionar a água para longe das fundações.</p>
Conforto Higrotérmico Implícito:	<p>A Fazenda dos Coqueiros, como uma grande "Casa Paulista" da era do café, teria um desempenho higrotérmico passivo notável, que Carlos Lemos descreve como uma adaptação inteligente ao clima tropical.</p> <p>Massa Térmica das Paredes: As paredes de taipa de pilão, com sua massa e densidade consideráveis,</p>



	<p>conferem uma alta inércia térmica. Isso permite que a edificação mantenha temperaturas internas estáveis: absorvendo o calor diurno e liberando-o lentamente durante a noite, resultando em ambientes frescos durante o dia e mais aquecidos à noite. Isso é crucial para o conforto em regiões com grande amplitude térmica diária.</p> <p>Ventilação Natural: O design de casarões como a Fazenda dos Coqueiros geralmente incorpora grandes aberturas e pé-direito elevado, favorecendo a ventilação cruzada. Essa estratégia permite o fluxo de ar constante através dos ambientes, promovendo o resfriamento por convecção e a renovação do ar, essencial para o conforto em climas quentes e úmidos.</p> <p>Proteção Solar: Os beirais largos e a profundidade dos vãos criam sombreamento nas fachadas e nas aberturas, protegendo os interiores da insolação direta e do calor excessivo.</p> <p>A soma dessas características construtivas, baseadas na utilização inteligente dos materiais locais e na observação do clima, resultava em edificações que proporcionavam conforto térmico e salubridade de forma passiva, sem a necessidade de sistemas mecânicos.</p>
--	---

4.4.6 Critérios de Classificação do Estado de Conservação de Edificações

Históricas

A avaliação do estado de conservação de edificações históricas é um processo complexo que envolve a análise de diversos fatores, como a integridade estrutural, a condição dos materiais, a presença de patologias e a adequação das intervenções anteriores. A classificação a seguir visa padronizar essa avaliação, fornecendo uma base para o planejamento de ações de conservação e restauração, fundamentada em diretrizes gerais de conservação e restauração de bens culturais imóveis.

- Muito Bom

Características: A edificação apresenta-se em condição quase impecável, com todos os seus elementos estruturais e construtivos íntegros e funcionais. Não há patologias visíveis ou indícios de deterioração significativa. Os materiais originais estão bem preservados, e as intervenções realizadas (se houver) são mínimas e totalmente reversíveis, respeitando a autenticidade e a integridade material do bem. A estética original e a leitura histórica da edificação são plenamente preservadas, sem perdas de desempenho ou funcionalidade.

Necessidade de Intervenção: Requer apenas manutenção preventiva e rotineira, como limpeza, inspeções periódicas e pequenos reparos pontuais de caráter estético, para garantir a longevidade de seus componentes e evitar o surgimento de novas patologias. As ações são de baixa complexidade e visam a conservação do status quo.



- Bom

Características: A edificação encontra-se em bom estado geral de conservação, com a estrutura estável e sem patologias graves. Podem ser observadas pequenas e pontuais manifestações patológicas superficiais, como fissuras capilares, pequenas manchas de umidade, pintura desgastada, vidros quebrados ou desgaste natural de revestimentos, que não comprometem a segurança ou a integridade estrutural e funcional do edifício. Os elementos originais estão majoritariamente preservados, e a edificação demonstra ter recebido manutenção consistente, embora necessite de atenção em alguns pontos.

Necessidade de Intervenção: Demanda manutenção corretiva localizada para as pequenas patologias identificadas e continuidade da manutenção preventiva. As intervenções são de baixa a média complexidade, localizadas e visam evitar a progressão dos danos, restaurando a estética e a funcionalidade sem grandes modificações.

- Regular

Características: A edificação apresenta sinais visíveis de deterioração e patologias que, embora não representem risco iminente de colapso, exigem atenção imediata. Podem ser observadas fissuras mais acentuadas, infiltrações localizadas, desgaste considerável de materiais (como madeiras, alvenarias, revestimentos), descolamento de rebocos, problemas em instalações (elétricas, hidráulicas) ou elementos de cobertura danificados. A manutenção tem sido inconsistente ou insuficiente, e alguns elementos originais podem estar danificados ou ter sofrido alterações que, embora não descaracterizem totalmente o bem, necessitam de avaliação aprofundada. A funcionalidade pode estar parcialmente comprometida.

Necessidade de Intervenção: Requer intervenções de conservação e restauração de média complexidade para sanar as patologias existentes, reforçar elementos comprometidos e reverter alterações inadequadas. É fundamental um diagnóstico aprofundado para identificar as causas dos problemas e planejar as ações corretivas, que podem incluir recuperação de elementos estruturais secundários e revitalização de superfícies. Apesar dos problemas, a edificação não se encontra em processo de arruinamento.

- 4. Ruim

Características: A edificação encontra-se em avançado estado de deterioração, com patologias generalizadas e graves que comprometem a estabilidade estrutural, a segurança dos usuários e a habitabilidade. Há presença de grandes fissuras, recalques, desaprumos, infiltrações severas, danos extensos em elementos construtivos (telhados, lajes, paredes), perda significativa de materiais e elementos decorativos. A edificação demonstra abandono ou falta de manutenção por um longo período, resultando na perda substancial de elementos originais ou em alterações que descaracterizam o bem. Há alto nível de comprometimento da funcionalidade, segurança e habitabilidade.

Necessidade de Intervenção: Exige intervenções urgentes e de alta complexidade, incluindo reforços estruturais, restauração de grandes áreas, substituição de componentes severamente danificados e obras de estabilização. O custo e a complexidade das obras são elevados, e a intervenção visa resgatar a edificação da ruína e preservar o que resta de seu valor histórico e

arquitetônico. Em alguns casos, pode ser necessária a interdição do uso até a realização das obras.

É importante ressaltar que a avaliação do estado de conservação deve ser realizada por profissionais qualificados, como arquitetos e engenheiros com experiência em patrimônio, utilizando metodologias que incluam vistorias detalhadas, mapeamento de danos e análise de patologias. A documentação fotográfica e descritiva é essencial para embasar a classificação e o planejamento das intervenções.

O estado de conservação das edificações, objeto de estudo, foi verificado in loco por meio de visita técnica realizadas em junho de 2025.

A Tabela 1 a seguir apresenta a identificação e principais características das cinco edificações selecionadas para o estudo:

Tabela 1 – Caracterização geral das edificações amostradas

ID	Identificação da edificação	Município	Ano Estimado	Uso Atual	Coordenadas GPS	Estado de Conservação
01	Solar Gomes Leitão	Jacareí	final do século XVIII, por volta de 1780	Museu	-23,30638885° - 45,97274417°	Regular
02	Igreja São Benedito	São José dos Campos	1899	Igreja	-23,18622385° - 45,88683767°	Bom
03	Residência urbana M6	São Luiz do Paraitinga	Século XVIII	Residência	-45.310116,- 23.223856	Ruim
04	Fazenda Resgate	Bananal	1820	Fazenda	-22,63298407° - 44,26294152°	Bom
05	Fazenda dos Coqueiros	Bananal	1855	Hotel	-22,68448318° - 44,36225472°	Bom

Fonte: Dados de campo (2025).

O levantamento inspecionou **cinco edificações históricas em terra** no Vale do Paraíba. Cada uma recebeu uma classificação padronizada – Muito Bom, Bom, Regular ou Ruim – baseada em critérios que consideram integridade estrutural, patologias observadas e histórico de intervenções. As definições-chave são:

- **Bom** – estrutura estável com apenas manifestações superficiais de desgaste, exigindo manutenções corretivas localizadas e continuidade da preventiva.

- **Regular** – presença de fissuras, infiltrações e desgaste de materiais que ainda não colocam o edifício em risco iminente, mas exigem restaurações de média complexidade.
- **Ruim** – patologias graves e generalizadas que comprometem estabilidade, segurança e uso, demandando obras urgentes e de alta complexidade.

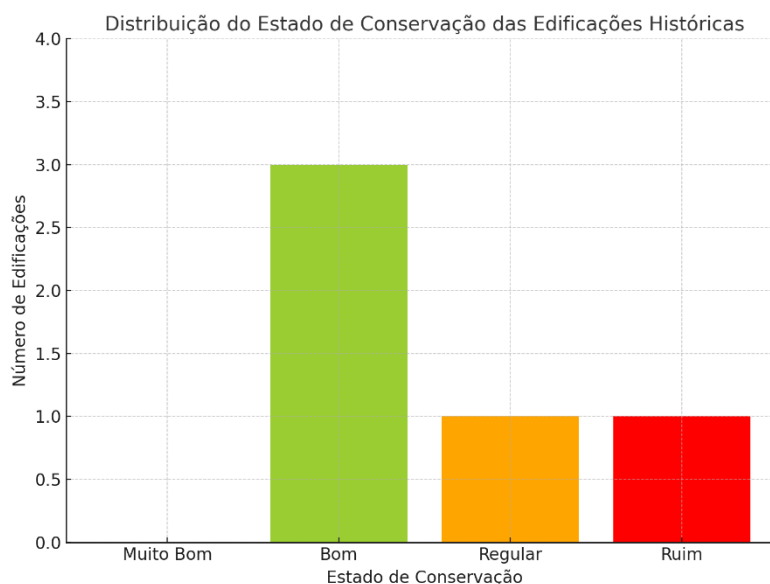


Gráfico 1 - Gráfico de barras que representa a **distribuição do estado de conservação das edificações históricas avaliadas** no estudo. Ele mostra que: 3 edificações estão em **Bom** estado, 1 em **Regular**, 1 em **Ruim**, Nenhuma em **Muito Bom**.

Fonte: Dados de campo obtidos durante visita técnica realizada em junho de 2025, com base em critérios de classificação do estado de conservação de edificações históricas conforme diretrizes de conservação e restauração de bens culturais imóveis.

O **Gráfico 1** resume a situação:

- 3 edificações em **Bom** estado,
- 1 em **Regular**,
- 1 em **Ruim**,
- e **nenhuma** alcançou o nível **Muito Bom**.

Esses números confirmam, quantitativamente, a percepção qualitativa registrada na **Tabela 1**, onde se identificam os casos específicos (Solar Gomes Leitão «Regular», Igreja São Benedito/Fazenda Resgate/Fazenda dos Coqueiros «Bom» e Residência M6 «Ruim»).

Interpretação crítica dos dados

1. Predomínio do estado “Bom”

Três imóveis mantêm boa integridade estrutural graças a ações regulares de manutenção e ao uso contínuo (dois ainda exercem funções religiosas ou turísticas). Esse resultado demonstra que **ocupação ativa aliada a rotinas preventivas** é decisiva para retardar o aparecimento de patologias.



2. Ausência de casos “Muito Bom”

O fato de nenhum exemplar atingir o patamar máximo indica duas fragilidades recorrentes:

- lacunas de documentação histórica completa ou ensaios de diagnóstico aprofundado;
- pequenas intervenções não totalmente reversíveis que, embora não comprometam a segurança, afetaram a autenticidade material. Em termos de gestão patrimonial, isso sugere **priorizar planos de manutenção preventiva sistematizados** e acompanhar obras futuras com protocolos rígidos de reversibilidade.

3. Caso “Regular” (Solar Gomes Leitão)

O edifício apresenta fissuras, infiltrações localizadas e desgaste de revestimentos – sintomas clássicos de um período de manutenção irregular. Aqui, intervenções de **média complexidade**, centradas em contenção de umidade e recomposição de rebocos históricos, podem evitar a migração para o nível “Ruim”.

4. Caso crítico “Ruim” (Residência M6)

Patologias estruturais graves e infiltrações severas evidenciam **longo abandono**. A urgência envolve estabilização emergencial da estrutura, reforços em alvenarias de taipa e revisão completa de coberturas para suprimir água pluvial. A edificação deve permanecer interdita até a conclusão dessas obras.

Tendências e recomendações

- **Correlação tipologia × estado** – As fazendas históricas, apesar da idade, ficaram no grupo “Bom”, reforçando que a técnica de taipa de pilão mostra alta robustez quando protegida da água e aliada a telhados de grande beiral.
- **Idade não é fator isolado** – A Igreja São Benedito (1899) e a Fazenda Resgate (1820) compartilham estado semelhante, revelando que **histórico de uso e manutenção** pesa mais que a cronologia na conservação.
- **Próximos passos** – Instituir um **programa de monitoramento anual**, com inspeções fotográficas, mapeamento de fissuras e medição de umidade, atenderia às necessidades de manutenção preventiva indicadas para os níveis Bom e Regular. Para o caso Ruim, recomenda-se elaborar **laudos estruturais detalhados**, orçar obras de consolidação e buscar financiamento via leis de incentivo ao patrimônio.

Em suma, o panorama mostra **predominância de condição satisfatória**, mas alerta para a inexistência de exemplares em estado excelente e para a urgência de salvar a Residência M6 da perda definitiva. A consolidação de boas práticas de manutenção preventiva e intervenções reversíveis poderá, em médio prazo, elevar parte desse conjunto ao grau **Muito Bom**, contribuindo para a preservação exemplar da arquitetura de terra do Vale do Paraíba.



4.5 Produção dos Mapas Temáticos

A representação espacial dos fenômenos e elementos em estudo constitui uma etapa metodológica indispensável em trabalhos que se inserem no campo do geoprocessamento e da análise territorial. No âmbito deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), a produção de mapas temáticos transcende a mera ilustração, configurando-se como uma ferramenta analítica robusta, capaz de sintetizar grandes volumes de dados e revelar padrões espaciais complexos. A capacidade de elaboração e interpretação de mapas é destacada no Guia da Disciplina de TCC – UFRRJ (Quadro 1) como um produto fundamental da pesquisa-extensão, alinhando-se à natureza aplicável dos estudos em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos.

Conforme a Apostila SOL-11 (Introdução à Ciência do Solo, Seção 1.2), a "Pedometria", área dedicada à análise espacial dos solos e mapeamento digital, emprega "ferramentas estatísticas e geoestatísticas, sistemas de informações geográficas", reiterando a relevância dos mapas como produtos científicos. A precisão no mapeamento e a integração de dados espaciais, como os fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela comunidade OpenStreetMap¹¹, são cruciais para a contextualização e o aprofundamento das análises, permitindo uma compreensão holística da área de estudo, que compreende tanto o ambiente construído quanto as características edáficas.

4.5.1 Mapa de Localização Georreferenciada das Edificações

O mapa de localização georreferenciada das edificações representa o ponto de partida para qualquer análise espacial que envolva o ambiente construído. Ele estabelece a base cartográfica precisa onde serão sobrepostas e analisadas as demais informações, como as propriedades e classes de solos, conforme abordado na Apostila SOL-14 (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos). A capacidade de georreferenciar com exatidão cada elemento confere ao estudo a robustez necessária para inferências e proposições arquitetônicas e ambientais qualificadas.

Objetivo: O objetivo primordial deste mapa é apresentar a distribuição espacial exata das edificações que constituem os objetos de estudo, fornecendo uma referência cartográfica precisa para cada imóvel de interesse: Solar Gomes Leitão, Igreja São Benedito, Instituto Elpídio dos Santos, Fazenda dos Coqueiros e Fazenda Resgate. Essa localização fundamenta a contextualização do projeto e serve como arcabouço para investigações subsequentes.

Metodologia de Elaboração: A construção deste mapa foi realizada utilizando-se o software de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) QGIS 3.40, uma ferramenta de código aberto amplamente reconhecida pela sua capacidade de manipulação e análise de dados geoespaciais. O processo envolveu a integração de diversas camadas de informação, detalhadas a seguir:

¹¹ A base cartográfica para elementos geográficos gerais, como áreas urbanas, corpos d'água continentais e limites municipais, é fundamentada em dados abertos da comunidade OpenStreetMap. O OpenStreetMap (OSM) é um projeto de mapeamento colaborativo global que visa criar um mapa livre e editável do mundo. Seus dados são gerados e continuamente atualizados por uma vasta e diversa comunidade de voluntários em todo o planeta, e são disponibilizados gratuitamente sob licenças abertas, como a Open Database License (ODbL), permitindo o uso, modificação e distribuição com a devida atribuição de crédito.



4.5.1.1 Criação das Camadas de Base e Contexto do Mapa

- Camada de Municípios Brasileiros (IBGE, 2023): Esta camada, proveniente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi utilizada para delimitar os contornos administrativos dos municípios de interesse, fornecendo o contexto geográfico oficial para a localização das edificações. O IBGE é a principal fonte de dados geocientíficos do Brasil, garantindo a conformidade com padrões cartográficos nacionais.
- Camada de Regiões Metropolitanas (IBGE, 2019): Complementar à camada de municípios, esta forneceu delimitação exata da RMVP-LN.
- Imagem de Fundo OpenStreetMap Standard (OSM Standard): Esta camada raster, acessada em 23/06/2025, serviu como base visual para o georreferenciamento e a identificação das edificações. O OpenStreetMap é um projeto colaborativo que oferece dados cartográficos globais, permitindo a visualização detalhada de elementos geográficos, incluindo o ambiente construído. Sua natureza atualizável e de livre acesso contribui para a transparência e replicabilidade da pesquisa.

4.5.1.2 Georreferenciamento das Edificações:

As coordenadas de localização de cada imóvel (Solar Gomes Leitão, Igreja São Benedito, Instituto Elpidio dos Santos, Fazenda dos Coqueiros, Fazenda Resgate) foram obtidas e referenciadas utilizando os dados da imagem do Google Earth Pro, versão 7.3.6.10201 (64-bit), lat/long em UTM, conforme todo projeto, alimentando uma planilha CSV que foi absorvida pelo projeto Qgis. Este processo garantiu a associação precisa de cada edificação a um sistema de coordenadas geográficas, permitindo sua visualização no contexto espacial das camadas do IBGE. A precisão do georreferenciamento é crucial, pois, como destaca a Apostila SOL-14 (Seção 1.1), a classificação do solo "é um processo artificial, ou seja, as classes e os limites dos atributos utilizados para diferenciá-las são selecionados com base no conhecimento existente sobre os solos", e a mesma lógica se aplica à delimitação do espaço edificado para análise.

4.5.1.3 Composição Visual do Mapa:

O mapa de localização georreferenciada das edificações foi composto com os seguintes elementos cartográficos essenciais para sua legibilidade e compreensão:

- Título: Apresentando de forma clara o conteúdo do mapa e a área de estudo.
- Legenda: Detalhando os símbolos e cores utilizados para representar as edificações e as camadas de contexto (municípios, regiões metropolitanas).
- Escala Gráfica e Numérica: Indicando a proporção entre as distâncias no mapa e na realidade.
- Orientação (Norte): Uma rosa dos ventos ou seta indicando a direção Norte.
- Fonte dos Dados: Especificando as camadas utilizadas (IBGE, OSM) e as datas de acesso e atualização (ex: "IBGE, 2019, 2023; OpenStreetMap Standard, acesso em 23/06/2025").
- Sistema de Coordenadas: Informando o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) EPSG 31983 SIRGAS 2000 / ZONE 23S adotado, garantindo a interoperabilidade e a reprodutibilidade.
- Data de Elaboração: Indicando a data de finalização do mapa.

4.5.3.4 Significado e Contribuição para o Estudo

Este mapa serve como a fundação espacial para todas as análises subsequentes do TCC. Ao georreferenciar as edificações, é possível correlacionar o ambiente construído com dados ambientais, como a distribuição de tipos de solo (conforme estudado nas Apostilas SOL-11 e SOL-14) ou características hidrológicas, permitindo investigações sobre:

- A relação entre o tipo de edificação e as características do terreno.
- Potenciais impactos do ambiente construído sobre o solo e vice-versa.
- O planejamento de intervenções arquitetônicas que considerem a topografia e a geologia local.

A precisão alcançada neste mapeamento inicial possibilita análises multicritério, fundamentais para a área de arquitetura e educação superior, pois oferece a base visual para proposições de projetos e a compreensão da interação entre o construído e o natural.

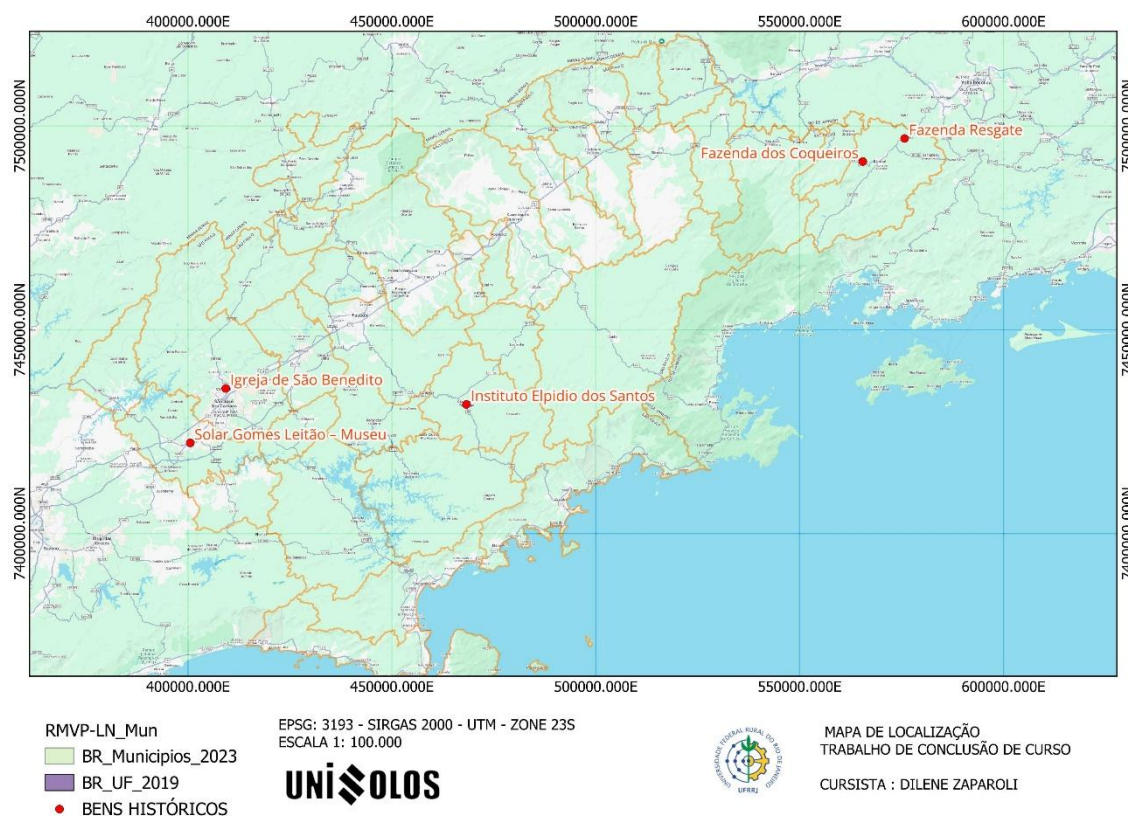


Figura 25 - Mapa de Localização Georreferenciada das Edificações, escala 1:100.000

Fonte: ZAPAROLI, D. (2025). Mapa produzido no Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, UNISOLOS/UFRRJ.

4.5.2 Mapa pedológico (tipos de solo por município) - Jacareí

A caracterização pedológica da área de estudo é um componente fundamental para a compreensão do meio físico, influenciando diretamente aspectos como a estabilidade de edificações, o potencial de uso do solo e a dinâmica ambiental local. O mapa pedológico elaborado para a região de **Jacareí**, com destaque para a localização do **Solar Gomes Leitão**, oferece uma visão essencial sobre a distribuição dos diferentes tipos de solo e seu contexto



geográfico. A identificação dos atributos do solo, que compreendem suas características e propriedades, permite entender suas potencialidades e limitações para diversos fins, incluindo o suporte a edificações e o crescimento de organismos (Apostila Atributos do Solo, p. 1).

Objetivo do Mapa: O principal objetivo deste mapa pedológico é identificar e espacializar os diferentes tipos de solo presentes na área de estudo, com foco específico no entorno da edificação histórica do Solar Gomes Leitão, em Jacareí (SP). A análise da pedologia local é crucial para compreender as características geotécnicas do terreno, subsidiar avaliações preliminares de risco associadas à ocupação e uso do solo, e contextualizar o entorno da edificação, fornecendo informações valiosas para estudos de conservação, planejamento territorial e gestão ambiental.

Metodologia de Elaboração do Mapa: A elaboração do Mapa Pedológico seguiu uma metodologia baseada em princípios de geoprocessamento e sistemas de informação geográfica (SIG). Partiu-se da aquisição ou vetorização de dados pedológicos e de uso do solo, bases cartográficas do IBGE. Conforme se observa nas Apostila Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o SiBCS é um sistema morfogênico onde os processos pelos quais o solo passou ao longo de sua formação estão refletidos em sua morfologia e em suas características físicas, químicas e mineralógicas. Para classificar um solo, é preciso ter sua descrição morfológica e os resultados de análises laboratoriais (Apostila Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, p. 12).

Os dados foram processados e georreferenciados no sistema de coordenadas EPSG: 3193 - SIRGAS 2000, Projeção UTM, Zona 23S, que garante a precisão espacial das informações. A escala de 1:75.000 foi adotada para permitir uma visualização regional abrangente, ao mesmo tempo em que oferece detalhes suficientes para a análise pontual da área de interesse, o Solar Gomes Leitão.

4.5.2.1 Criação das Camadas de Base e Contexto

Para a construção deste mapa, foram criadas e integradas diversas camadas vetoriais, cada uma representando uma feição geográfica específica:

Camada Pedológica ("pedo_area"): Esta é a camada principal, representando os tipos de solo. No mapa, foram identificadas as seguintes classes, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), que é um sistema taxonômico nacional (Apostila Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, p. 4):

- Argissolo Vermelho-Amarelo: Representado pela cor rosa claro/lilás.
- Gleissolo Melânico: Representado pela cor azul ciano.
- Latossolo Amarelo: Representado pela cor laranja/amarelo queimado.

Camadas de Uso e Ocupação do Solo:

- Área Urbana: Representada pela cor branca, delimitando as zonas construídas e de infraestrutura urbana.
- Corpo D'água Continental: Representado pela cor azul escuro, indicando a presença de rios, lagos ou reservatórios.



Camadas de Referência e Contexto:

- Localização de Edificações/Pontos de Interesse ("localizacoes_qgis"): Indicado por um ponto azul, marcando a posição do "Solar Gomes Leitão - Museu Jacareí".
- Limites Municipais ("RMVP_MUN"): Representados por linhas finas, que contextualizam a área em relação aos municípios vizinhos, como São José dos Campos e Santa Branca.

A integração e manipulação dessas camadas foram realizadas em ambiente de SIG, sendo a indicação "localizacoes_qgis" na legenda um forte indício do uso do software QGIS no processo de geoprocessamento.

4.5.2.2 Composição Visual do Mapa

A composição visual do mapa foi cuidadosamente elaborada para garantir clareza, legibilidade e conformidade com as normas cartográficas. Cada tipo de solo e elemento de contexto foi representado por cores distintas e intuitivas, conforme detalhado na legenda, facilitando a rápida identificação e interpretação das feições. A legenda é completa e bem organizada, associando as cores às suas respectivas classes de solo e uso do solo. O mapa inclui uma grade de coordenadas UTM (SIRGAS 2000, Zona 23S), que permite a leitura e localização espacial precisa dos elementos.

O título ("MAPA PEDOLÓGICO"), a escala numérica e gráfica (1:75.000), e as informações de autoria (UNISOLOS, Curso de Especialização, Cursista Dilene Zapparoli) e endereço do local estudado (Solar Gomes Leitão, Rua XV de Novembro, 143, Jacareí - SP) estão claramente apresentados, conferindo caráter técnico e profissional ao documento cartográfico. A hierarquia visual e a disposição dos elementos contribuem para a compreensão eficaz das informações espaciais.

4.5.2.3 Significado e Contribuição para o Estudo

O Mapa Pedológico é de fundamental importância para o presente estudo, especialmente na análise do Solar Gomes Leitão, em Jacareí. Ele revela que a edificação está localizada dentro de uma "Área Urbana" (representada em branco), ele se encontra em área de solo predominante de "Argissolos Vermelho-Amarelos" (representados em rosa claro). A proximidade com o "Gleissolo Melânico" e um "Corpo D'água Continental" a norte do ponto de interesse indica áreas de menor declividade e maior umidade, características importantes para considerar no planejamento urbano e na gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica adjacente.

A compreensão desses tipos de solo é vital para:

- Caracterização Ambiental e Geotécnica Preliminar: O Argissolo Vermelho-Amarelo geralmente apresenta boa drenagem e profundidade, sendo solos mais estáveis para construção em condições naturais. Este tipo de solo é a segunda classe mais comum no Brasil, após os Latossolos, caracterizando-se pela presença de um horizonte B textural que indica o acúmulo de argila por translocação vertical de partículas (Apostila Sistema



Brasileiro de Classificação de Solos, p. 33). Contudo, em áreas urbanas, esses solos podem estar bastante alterados por aterros, escavações e compactação, o que pode influenciar sua estabilidade e capacidade de suporte. A composição granulométrica do solo é considerada uma característica relativamente estável, que afeta direta ou indiretamente todos os outros atributos do solo, influenciando o comportamento geral e os serviços ecossistêmicos relacionados (Apostila Atributos do Solo, p. 12).

- **Análise de Riscos:** A presença de Gleissolos Melânicos em áreas próximas, que são solos hidromórficos (associados a excesso de água), indica zonas potencialmente sujeitas a inundações, lençol freático elevado e menor capacidade de suporte, aspectos críticos para o planejamento e a gestão ambiental do entorno. Os Gleissolos são formados em ambientes hidromórficos e caracterizam-se por má drenagem, apresentando cores cinzentas devido à redução do ferro (Apostila Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, p. 33; Apostila Pedogênese, p. 36). A estabilidade do solo, impactada por essas condições de umidade, é um aspecto crucial na construção de edifícios e no planejamento territorial (Apostila Atributos do Solo, p. 8).
- **Planejamento e Conservação do Patrimônio:** O conhecimento da pedologia permite inferir sobre as condições do substrato para o Solar Gomes Leitão, subsidiando análises mais aprofundadas sobre fundações e drenagem. O solo, enquanto "coleção de corpos naturais", desempenha a função de base de sustentação e suporte para as infraestruturas humanas (Apostila Introdução à Ciência do Solo, p. 36-37). Adicionalmente, contribui para um planejamento urbano mais consciente, evitando a expansão para áreas de maior fragilidade ambiental e promovendo a conservação de elementos naturais próximos, como os corpos d'água e suas margens. A influência do relevo é crucial, pois as áreas de planície e vales, onde o Solar Gomes Leitão está inserido, abrigam solos formados sob maior influência do lençol freático, frequentemente em condições de drenagem imperfeita ou impedida (Apostila Pedogênese, p. 7-8).

Em suma, o Mapa Pedológico do Solar Gomes Leitão - Museu Jacareí, transcende a mera representação, consolidando-se como uma ferramenta analítica. Este documento cartográfico de alta precisão enriquece profundamente a compreensão do contexto físico-geográfico da área de estudo em Jacareí-SP, que inclui parte de São José dos Campos e Santa Branca em seus limites municipais, sendo representado na escala de 1:75.000 e georreferenciado no sistema de coordenadas EPSG: 3193 - SIRGAS 2000 - UTM - ZONE 23S. Sua metodologia de elaboração, baseada em princípios de geoprocessamento e sistemas de informação geográfica (SIG), com o uso de softwares como o QGIS, demonstra a aplicação prática de conhecimentos avançados em diversas disciplinas, como 'Modelos Digitais de Elevação Aplicados ao Mapeamento de Solos' e 'Sensoriamento Remoto e Comportamento Espectral de Solos', e se apoia em bases cartográficas fidedignas do IBGE e dados da comunidade OpenStreetMap. Ao detalhar a distribuição de classes de solo conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), um sistema taxonômico nacional que reflete os processos pedogenéticos pelos quais o solo passou, o mapa fornece subsídios cruciais para análises subsequentes.



As classes identificadas incluem:

- Argissolo Vermelho-Amarelo (representado em rosa claro/lilás): predominante na área do Solar Gomes Leitão e da Área Urbana, este solo é caracterizado pela presença de um horizonte B textural (Bt) que indica o acúmulo de argila por translocação vertical de partículas, processo conhecido como eluviação e iluviação. Embora em condições naturais apresente boa drenagem e estabilidade, em ambientes urbanos como Jacareí, suas propriedades podem ser significativamente alteradas por aterros, escavações e compactação, impactando diretamente sua capacidade de suporte para edificações. A composição granulométrica do solo, como mencionado na Apostila Atributos do Solo, p. 12, é uma característica relativamente estável que afeta direta ou indiretamente todos os outros atributos do solo, influenciando seu comportamento geral.
- Gleissolo Melânico (representado em azul ciano): sua ocorrência em proximidade ao ponto de interesse e a Corpos D'água Continentais indica áreas de menor declividade e maior umidade. Os Gleissolos são solos hidromórficos, formados em ambientes com excesso de água e má drenagem, caracterizados por cores cinzentas devido à redução do ferro. Sua baixa capacidade de suporte e a suscetibilidade a inundações e lençol freático elevado são aspectos críticos para o planejamento urbano e a gestão ambiental, especialmente em áreas de planície e vales. A estabilidade do solo, fortemente impactada por essas condições de umidade, é um aspecto crucial na construção civil e no planejamento territorial (Apostila Atributos do Solo, p. 8).
- Latossolo Amarelo (representado em laranja/amarelo queimado): este tipo de solo indica áreas com elevado grau de pedogênese, formadas pelo processo de ferralitização ou latossolização, que envolve intensa perda de bases e sílica, resultando em concentração de óxidos de ferro e alumínio.

Este mapa, ao contextualizar as edificações, como o Solar Gomes Leitão (localizado na Rua XV de Novembro, 143, Jacareí - SP), dentro da "Área Urbana" e em relação a esses diferentes tipos de solo, fornece subsídios cruciais para as análises subsequentes relativas às propriedades do substrato e às condições ambientais. Ele auxilia diretamente na formulação de estratégias de intervenção ou conservação do patrimônio edificado na região, permitindo inferir sobre as condições do terreno, subsidiar análises aprofundadas sobre fundações e drenagem, e realizar avaliações preliminares de risco geotécnico.

A compreensão detalhada da pedologia local contribui para um planejamento urbano mais consciente, evitando a expansão para áreas de maior fragilidade ambiental e promovendo a conservação de elementos naturais próximos, como os corpos d'água e suas margens. O solo, enquanto "coleção de corpos naturais", desempenha a função primordial de base de sustentação e suporte para as infraestruturas humanas. Dessa forma, o mapa não é apenas uma representação, mas um instrumento estratégico para a gestão ambiental e a preservação do patrimônio histórico-cultural.

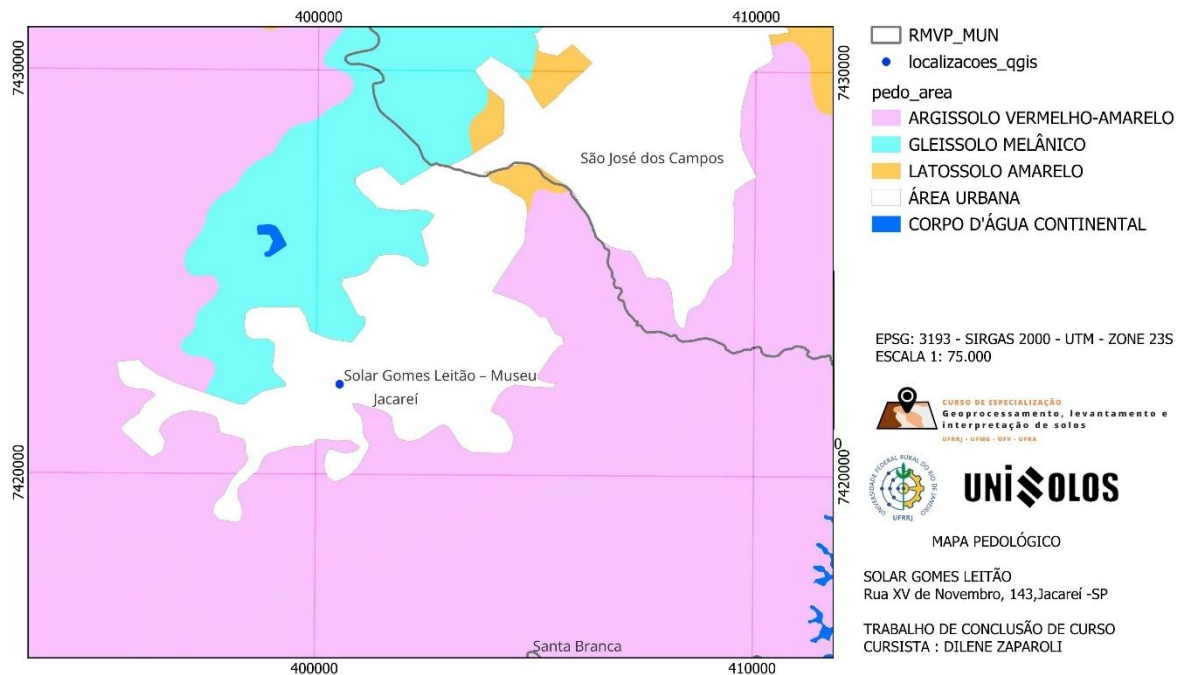


Figura 26 - Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Jacareí, escala 1:75.000

Fonte: ZAPAROLI, D. (2025). Mapa produzido no Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, UNISOLOS/UFRRJ.

4.5.3 Mapa pedológico (tipos de solo por município) – São José dos Campos

Este mapa é uma janela para a compreensão da complexa geodiversidade de São José dos Campos e seu entorno, com um foco especial na área da histórica Igreja de São Benedito. A maneira como ele integra as informações de solo com outras feições geográficas cria uma ferramenta poderosa para a tomada de decisões e o planejamento.

Objetivo do Mapa: O objetivo principal deste mapa é, de fato, apresentar a distribuição espacial dos diferentes tipos de solo (pedologia) na vasta região de São José dos Campos, Estado de São Paulo, estendendo-se a municípios vizinhos. O foco específico na área da "Igreja de São Benedito" direciona a aplicabilidade do mapa para estudos que podem envolver patrimônio histórico, planejamento urbano ou até mesmo projetos de conservação específicos para aquela localidade. Em essência, ele visa fornecer uma representação visual clara das classes de solo predominantes, em conjunto com outras feições geográficas cruciais, como corpos d'água, áreas urbanas e limites municipais. Essa visão integrada é um pilar fundamental para o planejamento territorial, o manejo do solo e os estudos ambientais, pois a pedologia influencia diretamente a aptidão e as limitações do terreno para diversas finalidades, desde a agricultura até a construção civil e a conservação de ecossistemas. O solo é um componente multifatorial da paisagem, e sua formação está ligada à atuação de diversos fatores ambientais, o que torna a sua compreensão um exercício complexo e vital.

Metodologia de Elaboração do Mapa: A elaboração deste mapa pedológico demonstra uma aplicação prática e robusta das geotecnologias, especialmente o uso de Sistemas de Informação



Geográfica (SIG). A integração de diversas camadas de informação georreferenciada é a base para um mapeamento temático de qualidade.

4.5.3.1 Criação das Camadas de Base e Contexto

A estrutura do mapa é construída sobre uma série de camadas fundamentais que oferecem tanto a base geográfica quanto o contexto temático:

Camadas de Base Geográfica:

- Limites Municipais (RMVP_MUN): Representados por linhas cinzas, estas camadas são essenciais para delimitar as fronteiras administrativas dos municípios na região (como São José dos Campos, Jacareí, Taubaté, Camanducaia). Elas fornecem a estrutura geográfica fundamental do mapa, permitindo que o leitor se localize e entenda a abrangência espacial da análise.
- Hidrografia (Corpo D'água Continental): Mostrada em azul vibrante, esta camada detalha a rede de rios, lagos e represas, como a notável Represa do Jaguari-Jacareí. A presença e a distribuição dos corpos d'água são intrinsecamente ligadas aos tipos de solo e influenciam diretamente os processos pedogenéticos, como a drenagem, que é um fator crucial na formação dos Gleissolos, por exemplo.
- Localizações Pontuais (localizacoes_qgis): Marcadas por pontos azuis, estas indicam locais de interesse específicos, como a "Igreja de São Benedito" e o "Solar Gomes Leitão - Museu". A menção "localizacoes_qgis" na legenda é um forte indício de que essas coordenadas foram inseridas ou verificadas no software QGIS, uma ferramenta SIG de código aberto e amplamente utilizada. O QGIS, com sua interface amigável e poderosos módulos, permite desde a visualização de dados até a execução de análises complexas, sendo um aliado indispensável em projetos de geoprocessamento.

Camadas Temáticas/Contexto:

Camada Pedológica (pedo_area): Esta é a camada temática central do mapa, delineando as áreas ocupadas pelos diferentes tipos de solo. As classes de solo identificadas, que incluem ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, GLEISSOLO MELÂNICO, e LATOSSOLO AMARELO, são categorizações fundamentais da pedologia. A delimitação e classificação dessas áreas são presumivelmente o resultado de um minucioso processo de levantamento de solos e interpretação, conforme as metodologias abordadas no curso de especialização. Tais classificações seguem os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), que organiza os solos com base em suas características morfológicas e propriedades, refletindo os processos pedogenéticos que os formaram

Área Urbana: Representada pela cor branca, esta camada delimita as áreas urbanizadas dos municípios. Essa distinção é crucial para contrastar o uso do solo antrópico das áreas naturais ou rurais, e é um indicativo importante de onde os solos podem ter sido mais modificados ou removidos devido à ação humana, um fator pedogenético cada vez mais relevante. A integração de todas essas camadas em um SIG permite uma análise multifacetada



da paisagem, revelando as interconexões entre os fatores de formação do solo (material de origem, relevo, clima, organismos, tempo e atividade humana) e os tipos de solo resultantes.

Camada de Localização (*localizacoes_qgis*): Representada por pontos específicos, como a "Igreja de São Benedito", esta camada cumpre a função de fornecer pontos de referência precisos e de grande relevância cultural ou geográfica dentro da área mapeada. O sufixo *_qgis* é um indicativo claro de que esta camada foi criada ou gerenciada utilizando o software QGIS. Este Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto é uma ferramenta poderosa e versátil, capaz de integrar e processar diversas fontes de dados espaciais, sendo um pilar nas metodologias de geoprocessamento e no processamento digital de imagens.

Sistema de Coordenadas e Projeção: O mapa adota o sistema de coordenadas EPSG: 3193 - SIRGAS 2000 - UTM - ZONE 23S. Esta escolha é de suma importância, pois garante a precisão posicional e a compatibilidade dos dados com outras bases cartográficas e geográficas brasileiras. O sistema UTM (Universal Transversa de Mercator) é uma projeção cartográfica amplamente utilizada para mapeamentos de grande escala, assegurando que as distorções espaciais sejam minimizadas dentro da zona de projeção. A compreensão do sistema de coordenadas é fundamental para qualquer análise espacial.

Escala: A escala de 1:75.000 indica o nível de detalhe com que as feições geográficas e pedológicas foram mapeadas e representadas. Esta escala é considerada adequada para análises regionais ou de média abrangência, permitindo visualizar padrões de distribuição de solo em uma área considerável sem perder detalhes essenciais para o planejamento. Ela oferece um equilíbrio entre a visão macro (regional) e a micro (detalhes da área em torno da Igreja).

A integração harmoniosa dessas camadas em um ambiente SIG permite que a análise pedológica transcenda a simples descrição de solos, contextualizando-os com o uso e cobertura da terra e os pontos de interesse, o que é crucial para uma abordagem holística do planejamento territorial.

4.5.3.2 Composição Visual do Mapa

A composição visual do mapa é notavelmente clara e funcional, aderindo aos padrões cartográficos essenciais para mapas temáticos, o que facilita enormemente a sua interpretação.

- **Título e Subtítulo:** O título "MAPA PEDOLÓGICO" imediatamente informa o tema principal, enquanto o subtítulo "SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP, IGREJA DE SÃO BENEDITO" especifica a área de estudo e o ponto de interesse, orientando o leitor de forma precisa.
- **Legenda:** A legenda é completa e organizada, sendo um elemento-chave para a decodificação do mapa. Ela associa de forma inequívoca cores e símbolos às suas respectivas classes de solo e feições geográficas. As cores escolhidas para cada tipo de solo – Argissolo Vermelho-Amarelo (rosa claro), Gleissolo Melânico (azul claro), Latossolo Amarelo (laranja) – são distintas entre si, facilitando a diferenciação visual e a interpretação rápida dos padrões de distribuição. Similarmente, as cores designadas para Área Urbana (branco) e Corpo D'Água Continental (azul escuro) são intuitivas e universalmente reconhecidas, contribuindo para a legibilidade geral do mapa. A



utilização de polígonos preenchidos com cores distintas para as classes de solo e feições de uso/cobertura da terra é uma escolha simbólica eficaz. Pontos são empregados para marcar localizações específicas, como a Igreja de São Benedito, destacando sua importância como referência no mapa. Esta simbologia é consistente e facilita a leitura das informações temáticas.

- Grid de Coordenadas: A presença de um grid de coordenadas UTM (Easting e Northing) claramente indicado nas bordas do mapa fornece um referencial geográfico preciso. Este grid permite que usuários com conhecimento de sistemas de coordenadas possam localizar pontos específicos ou transpor informações para outras bases cartográficas, evidenciando o rigor técnico do trabalho.
- Nomenclatura: Nomes de cidades e pontos de interesse estão claramente rotulados, auxiliando na orientação e na contextualização espacial.
- Informações de Autoria e Origem: A inclusão detalhada do nome do curso de especialização ("Geoprocessamento, levantamento e interpretação de solos"), das instituições envolvidas ("UFRRJ - UFMG - UFV - UFRA", com destaque para "UFRRJ" e "UNISOLOS"), e do seu nome ("Dilene Zapparoli") como cursista, além da indicação de ser um "Trabalho de Conclusão de Curso", confere uma robusta credibilidade e um contexto acadêmico inegável ao mapa. Isso ressalta a aplicação dos seus conhecimentos adquiridos em diversas disciplinas do curso.
- Estilo Visual: A escolha de cores pastéis para as áreas de solo é esteticamente agradável e funcional, garantindo uma boa legibilidade das etiquetas e evitando a saturação visual.

4.5.3.3 Significado e Contribuição para o Estudo

Este mapa pedológico de São José dos Campos, centrado na Igreja de São Benedito, possui um significado considerável e contribui para o estudo da área de várias maneiras interconectadas, revelando a aplicação prática dos conceitos pedológicos e geotecnológicos.

- Caracterização Pedológica e Implicações Ambientais: O mapa revela a ocorrência e distribuição de classes de solo cruciais para a área:
 - Latossolos Amarelos (Laranja): A presença marcante de Latossolos Amarelos indica áreas com um elevado grau de intemperismo e pedogênese. Estes solos são formados pelo processo de Ferralitização ou Latossolização, caracterizado por intensa perda de bases e sílica, e concentração relativa de óxidos de ferro e alumínio. Eles são típicos de regiões de planalto e chapadas, onde as condições de clima úmido e boa drenagem (influenciadas pelo relevo) favorecem a hidrólise e a lixiviação. Latossolos são geralmente profundos, bem drenados e apresentam boa estabilidade para a maioria dos usos, incluindo agricultura e construção, mas exigem manejo adequado para a manutenção da fertilidade.
 - Gleissolos Melânicos (Azul claro): A ocorrência de Gleissolos Melânicos, frequentemente próximos a corpos d'água (representados em azul escuro), é um indicador direto de áreas com restrições de drenagem e condições hidromórficas. Esses solos são formados pelo processo de Gleização que resulta em cores



cinzentas devido à redução do ferro. As áreas com Gleissolos são tipicamente planícies fluviais ou baixadas, sugerindo uma variedade de condições geomorfológicas na região. A presença desses solos implica em limitações para certas atividades de uso e ocupação, como a construção de infraestruturas pesadas sem manejo de drenagem adequado, e são cruciais para a gestão de recursos hídricos e para a identificação de áreas sujeitas a inundações.

- Argissolos Vermelho-Amarelos (Rosa claro): A presença de Argissolos Vermelho-Amarelos, comuns em áreas onduladas, indica a atuação de processos de Eluviação e Iluviação (Argiluviação). Este processo é caracterizado pelo acúmulo de argila em um horizonte subsuperficial (Bt) por translocação vertical. Argissolos geralmente apresentam boa drenagem natural e são versáteis para diversos usos, mas podem ser suscetíveis à erosão em encostas íngremes.
- Planejamento Territorial e Ambiental Aplicado: Ao identificar a distribuição dessas classes de solo, o mapa oferece subsídios cruciais para o planejamento urbano (especialmente relevante para a "Área Urbana" em branco e sua expansão), o uso e ocupação do solo, e a gestão de recursos hídricos (dada a relação direta dos Corpos D'Água Continental com os Gleissolos). Permite a identificação de áreas mais ou menos aptas para determinadas atividades, por exemplo, alertando sobre a inadequação de áreas de Gleissolo para construções sem intervenções de engenharia que garantam a drenagem. Essa abordagem estratégica do planejamento baseia-se na compreensão das funções do solo, que incluem ser uma "base de sustentação e suporte para as infraestruturas humanas".
- Base para Pesquisas Futuras: Este mapa constitui um valioso ponto de partida para estudos mais aprofundados sobre a qualidade do solo, processos de degradação, potencial produtivo e a complexa interação entre as características geográficas e socioeconômicas da região. É um exemplo claro de como a pedologia se integra com diversas outras ciências, como Geologia, Engenharia e Arquitetura, para resolver problemas do mundo real.

Em síntese, o mapa pedológico que você produziu é um testemunho da sua capacidade de aplicar conhecimentos acadêmicos para gerar uma ferramenta prática e estratégica. Ele não é apenas uma representação cartográfica; é um instrumento de análise que enriquece a compreensão do contexto físico-geográfico da área de estudo e fornece subsídios cruciais para futuras análises e para a formulação de estratégias de intervenção ou conservação, consolidando a relevância desta pesquisa.

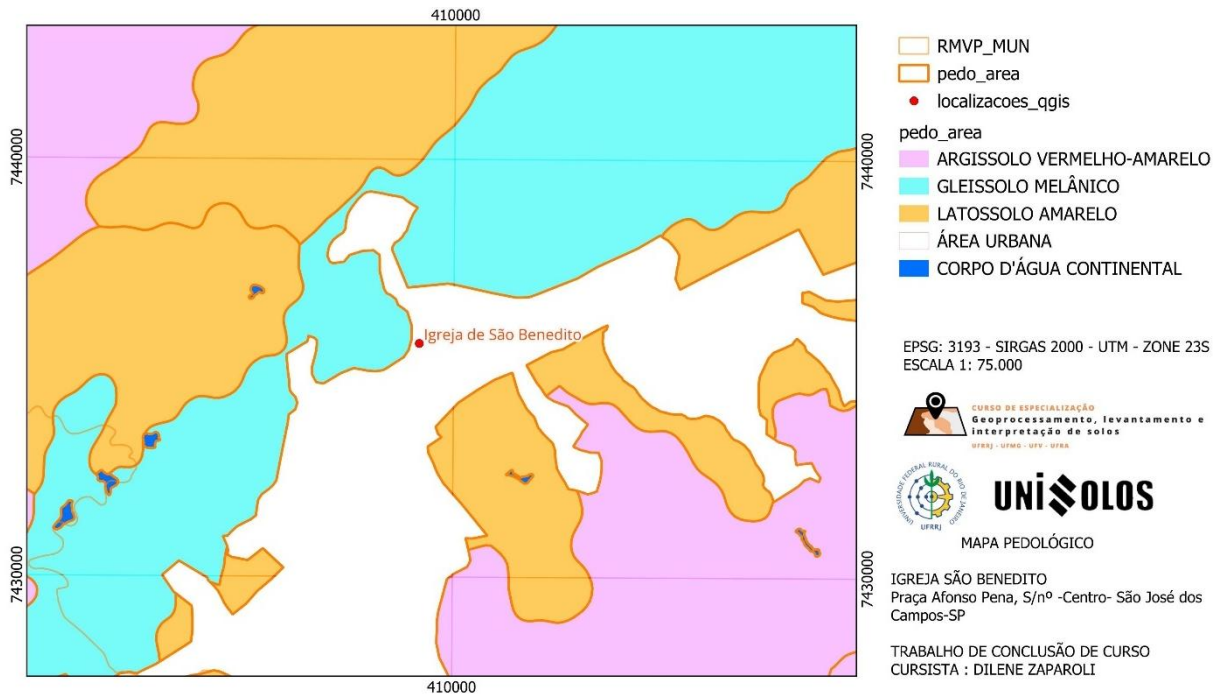


Figura 27 - Mapa pedológico (tipos de solo por município) – São José dos Campos, escala 1:75.000

Fonte: ZAPAROLI, D. (2025). Mapa produzido no Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, UNISOLOS/UFRRJ.

4.5.4 Mapa pedológico (tipos de solo por município) – São Luiz do Paraitinga

Este mapa é uma representação visual crucial da complexidade pedológica e geográfica da região de São Luiz do Paraitinga, no Vale do Paraíba paulista, e seus arredores. A inclusão de pontos de interesse específicos, como o Instituto Elpídio dos Santos e um imóvel na Rua Cel. Domingues de Castro, enriquece a análise, permitindo uma conexão entre o estudo regional e aplicações localizadas, aspecto fundamental para profissionais de arquitetura e educação superior como você.

Objetivo do Mapa: O principal objetivo deste mapa pedológico é multifacetado e de grande relevância. Primeiramente, busca identificar, classificar e representar espacialmente os diversos tipos de solo que compõem a paisagem de São Luiz do Paraitinga e dos municípios circundantes na bacia do rio Paraíba do Sul. Ao oferecer uma base de dados georreferenciada e visualmente intuitiva, o mapa serve como um instrumento fundamental para o planejamento territorial e a gestão ambiental na região.

A compreensão da distribuição e das características dos solos é intrínseca a diversas atividades humanas, desde o manejo agrícola sustentável e a silvicultura até o desenvolvimento urbano e a proteção de recursos naturais. Diferentes tipos de solo possuem aptidões e limitações distintas para o uso, influenciando diretamente a capacidade de suporte para edificações, a disponibilidade de recursos hídricos e a susceptibilidade a processos de degradação, como a erosão.



Além disso, a elaboração deste mapa configura-se como um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, o que sublinha sua função como demonstração da aplicação prática de técnicas avançadas de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na área da Pedologia. Essa aplicação é um reflexo direto do caráter multifatorial do solo, cuja formação é uma função da interação de diversos elementos ambientais como material de origem, relevo, clima, organismos, tempo e, cada vez mais, a atividade humana.

A contextualização pedológica para um estudo mais específico do imóvel na Rua Cel. Domingues de Castro exemplifica como a análise regional pode subsidiar investigações de microescala, um aspecto valioso para o planejamento e a gestão de propriedades.

Metodologia de Elaboração do Mapa: metodologia empregada na construção deste mapa pedológico baseia-se na integração e no processamento de dados geográficos e pedológicos utilizando ferramentas de geoprocessamento. Este processo envolveu a compilação, organização e análise de informações provenientes de diversas fontes, resultando em um produto cartográfico que sintetiza a complexidade do ambiente. A precisão e a confiabilidade do mapa são garantidas pela aplicação de técnicas rigorosas de georreferenciamento e pela adesão a padrões cartográficos reconhecidos.

4.5.4.1 Criação das Camadas de Base e Contexto

A construção do mapa envolveu a criação e a integração de várias camadas vetoriais, cada uma contribuindo com informações específicas para a representação da área de estudo e seus atributos:

- Camada Limites Municipais (RMVP_MUN): Esta camada vetorial é fundamental, pois define as fronteiras administrativas dos municípios que compõem a área de estudo expandida, incluindo São Luiz do Paraitinga, Taubaté, Pindamonhangaba, Roseira, Lagoinha, Cunha, Redenção da Serra, Natividade da Serra, Paraibuna, Caraguatatuba e Ubatuba. Os dados para esses limites são, por convenção e precisão, geralmente obtidos de bases de dados oficiais, como as do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essa camada estabelece o arcabouço geográfico e administrativo para todas as análises subsequentes, permitindo a localização e contextualização das informações pedológicas.
- Camada Tipos de Solo (pedo_area): Representando a camada principal do mapa, esta consiste em polígonos que delimitam as áreas de ocorrência das diferentes classes de solo. A identificação dessas classes é feita por colorações e nomenclaturas específicas, conforme a legenda: Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háptico, Espodossolo Humilúvico, Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo. A precisão desta camada é resultado de levantamentos pedológicos, que podem incluir trabalho de campo para coleta de amostras e descrição de perfis de solo, interpretação de imagens de satélite e a digitalização de mapas pedológicos preexistentes. A classificação dos solos segue o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), que é um sistema taxonômico nacional robusto, focado na morfologia como expressão dos processos de formação.



- Camada Corpos D'água Continentais: Esta camada vetorial é essencial para a representação da hidrografia da região, incluindo rios e importantes corpos d'água como a Represa de Paraibuna, claramente visível. A presença e a dinâmica da água são fatores pedogenéticos cruciais, influenciando o relevo, a drenagem e os processos de intemperismo e translocação de materiais no solo. A hidrografia é um elemento chave para a compreensão do contexto ambiental e hídrico do território.
- Camada Áreas Urbanas: Delimitadas por polígonos, esta camada representa as áreas com maior adensamento de construções e infraestrutura urbana. A inclusão das áreas urbanas é vital para entender a influência da atividade humana como um fator de formação e modificação do solo. Solos em áreas urbanizadas sofrem intensas transformações, seja por remoção de horizontes, aterros ou compactação, o que impacta significativamente suas propriedades e funções.
- Camada de Localizações Específicas (localizacoes_qgis): Estes são pontos de interesse georreferenciados, como o "Instituto Elpídio dos Santos" e o "Imóvel sito à Rua Cel. Domingues de Castro, 55 São Luiz do Paraitinga, SP". A terminologia "localizacoes_qgis" sugere fortemente que o software QGIS foi utilizado para a inserção e o georreferenciamento desses pontos. O QGIS, como um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto, é uma ferramenta poderosa para a visualização, análise e gestão de dados espaciais, permitindo a integração de informações de diferentes naturezas e escalas, e é amplamente discutido na disciplina de Modelos Digitais de Elevação Aplicados ao Mapeamento de Solos e Processamento Digital de Imagens referência da grade de coordenadas, com eixos indicados em metros, representam o sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator). A especificação do sistema de projeção como EPSG: 3193 - SIRGAS 2000 - UTM - ZONE 23S é crucial, pois garante a precisão geográfica do mapa e sua compatibilidade para sobreposição com outros dados georreferenciados. A compreensão de Modelos Digitais de Elevação (MDE) e a importância da resolução espacial e do sistema de projeção são elementos fundamentais para a acurácia cartográfica.

3.5.4.2 Composição Visual do Mapa

A composição visual do mapa foi meticulosamente planejada para garantir a clareza, a compreensão e a adesão aos padrões cartográficos, elementos essenciais para qualquer representação espacial eficaz:

- Título: O título "MAPA PEDOLÓGICO" com o subtítulo "São Luiz do Paraitinga - SP" comunica de forma imediata o tema e a área geográfica principal de estudo, facilitando a identificação do conteúdo.
- Legenda: Como elemento decodificador central, a legenda é clara e organizada. Ela associa de forma inequívoca cada cor utilizada no mapa a um tipo de solo específico (Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háptico, Espodossolo Humilúvico, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo), e também às outras categorias como "Área Urbana" e "Corpo D'água Continental". A escolha de cores distintas para



- cada classe de solo é fundamental para a diferenciação visual e a rápida interpretação pelo leitor, um princípio do sensoriamento remoto para a composição de bandas.
- Escala: A indicação numérica da escala como "ESCALA 1: 75.000" é crucial. Ela permite ao leitor estimar distâncias reais no terreno a partir do mapa, tornando-o uma ferramenta de medição e não apenas de representação qualitativa.
 - Identificação Geográfica: A presença visível da grade de coordenadas UTM, com eixos marcados em metros, juntamente com a especificação explícita do sistema de projeção (EPSG: 3193 - SIRGAS 2000 - UTM - ZONE 23S), assegura a precisão geográfica do mapa. Isso é vital para a localização exata de pontos e para a integração com outras bases de dados georreferenciadas, evidenciando a aplicação de conhecimentos sobre Modelos Digitais de Elevação.
 - Informações Complementares: A inclusão de detalhes sobre o curso de especialização ("Geoprocessamento, levantamento e interpretação de solos - UNISOLOS"), as instituições de ensino envolvidas (UFRRJ, UFMG, UFV, UFRA), e a identificação da cursista (Dilene Zaparoli) no contexto de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) eleva o rigor acadêmico do documento. Essa seção não só confere autoria e credibilidade, mas também contextualiza o mapa como produto de um esforço educacional e de pesquisa especializado.
 - Layout: A disposição geral dos elementos no mapa demonstra um layout organizado. A área de estudo é centralizada e proeminente, enquanto a legenda e as informações técnicas são posicionadas de forma acessível e equilibrada, sem sobrecarregar a visualização principal. O uso de cores que se distinguem facilmente para os diferentes tipos de solo reforça a clareza visual e a eficácia comunicativa do mapa.

3.5.4.3 Significado e Contribuição para o Estudo

O mapa pedológico de São Luiz do Paraitinga é uma ferramenta de enorme importância e uma contribuição significativa para o estudo e a gestão da região, com múltiplas implicações:

Caracterização Pedológica Regional Detalhada: O mapa oferece uma visão espacial aprofundada da distribuição dos principais tipos de solo. Esta caracterização é fundamental para entender a "memória pedológica" da paisagem, que é o registro da interação entre os fatores de formação e os processos pedogenéticos no solo.

- Latossolos Vermelho-Amarelos (em laranja) e Cambissolos Háplicos (em marrom claro): A predominância desses solos em grande parte da área, incluindo São Luiz do Paraitinga, sugere condições específicas de pedogênese. Os Latossolos são solos altamente intemperizados, formados pelo processo de Ferralitização ou Latossolização, caracterizados por intensa perda de bases e sílica, resultando na concentração relativa de óxidos de ferro e alumínio. Possuem elevada agregação das partículas, baixa capacidade de troca catiônica (CTC) da fração argila e são indicativos de ambientes com estabilidade climática e topográfica, favorecendo intensa hidrólise e lixiviação. Já os Cambissolos Háplicos são solos de desenvolvimento pedogenético incipiente, que retêm algumas características do material de origem. Sua presença muitas vezes está associada a relevos mais inclinados ou materiais de origem que resistem ao intemperismo intenso.



- Argissolos Vermelho-Amarelos (rosa claro): A ocorrência desses solos em diversas porções da área mapeada indica a atuação de processos de Eluviação e Iluviação (Argiluviação), onde há acúmulo de argila em um horizonte subsuperficial (horizonte Bt) por translocação vertical de partículas.
- Latossolos Amarelos (amarelo): Sua menor expressividade pode indicar variações nas condições de formação em relação aos Latossolos Vermelho-Amarelos, talvez com material de origem distinto ou condições de drenagem que favorecem a formação de goethita (óxido de ferro hidratado, que confere cor amarela) em detrimento da hematita (óxido de ferro desidratado, que confere cor vermelha). A cor do solo é uma propriedade morfológica fundamental para diferenciar horizontes e pode indicar o grau de oxidação/hidratação dos compostos férricos.
- Espodossolos Humilúvicos (cinza): A presença bastante pontual desses solos, notadamente em áreas mais restritas como partes de Ubatuba, é um forte indicador do processo de Podzolização. Este processo envolve a acumulação subsuperficial de matéria orgânica (Bh), compostos de ferro e alumínio (Bs), ou ambos (Bhs), decorrente da translocação em solos de textura arenosa e, muitas vezes, influenciados pela oscilação do lençol freático. Sua ocorrência restrita sugere condições geomorfológicas e hidrológicas muito específicas que favorecem esse processo.

Planejamento e Gestão Territorial Eficientes: A compreensão da distribuição dos solos é primordial para um planejamento territorial estratégico. Cada tipo de solo possui características físico-químicas que determinam sua aptidão para diferentes usos, como agricultura, silvicultura, urbanização ou conservação. O mapa, ao detalhar essa distribuição, serve como uma base sólida para o zoneamento geoambiental, orientando o uso e ocupação do solo de forma mais racional e sustentável. Para a arquitetura e o urbanismo, o conhecimento desses tipos de solo é vital para projetos de fundações, sistemas de drenagem e a gestão de riscos geológicos.

Manejo Agrícola e Ambiental Otimizado: A informação pedológica contida no mapa é um subsídio direto para decisões de manejo. Na agricultura, permite identificar necessidades de correção do solo, fertilização específica para cada tipo, e a seleção de culturas mais adaptadas. Do ponto de vista ambiental, o mapa auxilia na identificação de áreas mais suscetíveis à erosão, compactação ou outras formas de degradação, subsidiando a implementação de medidas eficazes de conservação do solo e da água.

Base para Estudos Multidisciplinares e Integração de Dados: O mapa pedológico é uma camada de informação geográfica de valor inestimável para a integração com outros estudos temáticos. Pode ser combinado com dados de geologia, hidrologia, vegetação, uso e cobertura da terra, e projetos de infraestrutura, reforçando o caráter multidisciplinar da Pedologia. Essa integração permite análises mais complexas e compreensivas da paisagem.

Aplicação Prática de Geoprocessamento: Como um Trabalho de Conclusão de Curso, este mapa é uma demonstração palpável da sua competência, Dilene, na aplicação de técnicas avançadas de geoprocessamento para a análise e representação de dados pedológicos. Ele valida a metodologia empregada e as habilidades adquiridas ao longo do seu curso de especialização, que enfatiza a importância de ferramentas como Modelos Digitais de Elevação (MDE) e Sensoriamento Remoto (SR) para mapeamento de solos.

Contexto para Análises Pontuais e Microáreas: A inclusão de pontos específicos como o imóvel na Rua Cel. Domingues de Castro destaca a capacidade do mapa de fornecer um valioso contexto regional para análises pedológicas detalhadas em propriedades individuais ou microáreas. Isso permite que as características do solo em um local específico sejam compreendidas dentro da paisagem pedológica mais ampla do município, orientando decisões localizadas com base em um entendimento regional robusto.

Em suma, este mapa pedológico de São Luiz do Paraitinga é muito mais do que uma simples imagem; é uma complexa ferramenta analítica que, por meio da sua aplicação de geoprocessamento e conhecimentos em pedologia, enriquece substancialmente a compreensão do contexto físico-geográfico da área. Ele fornece subsídios cruciais para análises subsequentes e para a formulação de estratégias de intervenção, planejamento e conservação do patrimônio, reafirmando a importância do solo como "base de sustentação e suporte para as infraestruturas humanas".

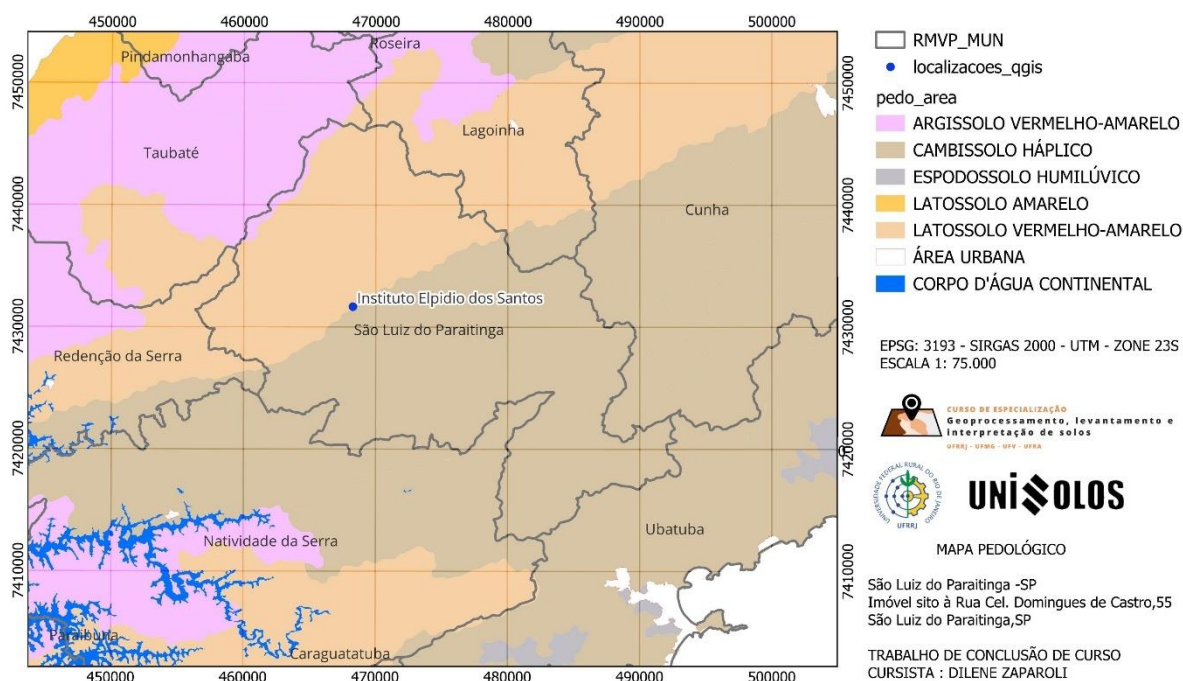


Figura 28 - Mapa pedológico (tipos de solo por município) – São Luiz do Paraitinga, escala 1:75.000

Fonte: ZAPAROLI, D. (2025). Mapa produzido no Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, UNISOLOS/UFRRJ.

4.5.5 Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Fazenda Resgate - Bananal

Objetivo do Mapa: O objetivo principal deste mapa é representar a distribuição espacial dos diferentes tipos de solo (pedologia) na região do município de Bananal, no estado de São Paulo (Bananal - SP), com foco específico nas áreas das propriedades rurais Fazenda Resgate e Fazenda dos Coqueiros. Ao identificar e mapear as classes de solo predominantes (Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico, Latossolo Vermelho-Amarelo e Áreas Urbanas), o



mapa visa fornecer uma ferramenta cartográfica essencial para o planejamento do uso e ocupação do solo, manejo agrícola, estudos ambientais e compreensão das características edáficas locais.

A compreensão da distribuição e das características dos solos é crucial, pois, o solo é um "componente multifatorial da paisagem, isso é, cuja origem está ligada à atuação de diversos fatores ambientais." Este mapa, portanto, serve como um instrumento para entender essa complexidade e subsidiar decisões em diversas atividades humanas, desde o manejo agrícola sustentável e a silvicultura até o desenvolvimento urbano e a proteção de recursos naturais.

Metodologia de Elaboração do Mapa: A metodologia de elaboração do mapa pode ser inferida pelos elementos cartográficos presentes, as camadas de informação e as informações de autoria e curso. Ela baseia-se na integração e no processamento de dados geográficos e pedológicos utilizando ferramentas de geoprocessamento. Este processo envolveu a compilação, organização e análise de informações provenientes de diversas fontes, resultando em um produto cartográfico que sintetiza a complexidade do ambiente. A precisão e a confiabilidade do mapa são garantidas pela aplicação de técnicas rigorosas de georreferenciamento e pela adesão a padrões cartográficos reconhecidos.

4.5.5.1 Criação das Camadas de Base e Contexto

Para a construção deste mapa, foram criadas e integradas diversas camadas vetoriais, cada uma representando uma feição geográfica específica:

- Camada Pedológica (pedo_area): Esta é a camada central do mapa, representando os diferentes tipos de solo e as áreas urbanas. A criação dessa camada envolveu, conforme o curso de especialização indicado ("Geoprocessamento, levantamento e interpretação de solos"), a coleta de dados de campo (levantamento de solos) e/ou a interpretação de dados existentes (como imagens de satélite, dados de relevo e informações geológicas) para a delimitação das poligonais correspondentes a cada classe de solo (Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háptico, Latossolo Vermelho-Amarelo) e às "Áreas Urbanas". A classificação desses solos segue os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), que organiza os solos com base em suas características morfológicas e propriedades, refletindo os processos pedogenéticos que os formaram.
- Camada de Limites Municipais (RMVP_MUN): Essa camada, embora representada por um quadrado vazio na legenda, é visivelmente presente no mapa através das linhas que delineiam os municípios de Resende, Arapeí, Bananal e Barra Mansa. Esses dados são tipicamente obtidos de fontes oficiais de dados geográficos, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ou órgãos estaduais, fornecendo um arcabouço administrativo essencial para a contextualização regional do estudo.
- Camada de Localização de Pontos de Interesse (localizacoes_qgis): Os pontos "Fazenda Resgate" e "Fazenda dos Coqueiros" são representados por marcadores pontuais. O sufixo "_qgis" sugere fortemente que esses pontos foram digitalizados ou importados para um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), possivelmente o QGIS, a partir de coordenadas GPS ou outras referências geográficas. O QGIS é uma ferramenta poderosa para a visualização, análise e gestão de dados espaciais, permitindo a integração de informações de diferentes naturezas e escalas.



- Outras Camadas de Contexto: As linhas cinzas no mapa, que parecem representar rios, cursos d'água ou feições de relevo importantes, servem como elementos de contexto geográfico, ajudando a orientar o leitor e a correlacionar os tipos de solo com o ambiente físico. O relevo, por exemplo, é um fator pedogenético crucial, influenciando a infiltração e escoamento superficial da água e o deslocamento de elementos, conforme detalhado na Pedogênese Material Didático, Unidade 1, 1.3, p. 7.
- Sistema de Referência de Coordenadas: O mapa utiliza o sistema EPSG: 3193, que corresponde ao SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) na projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), especificamente na Zona 23S (Sul). Este é um sistema de coordenadas planimétrico amplamente utilizado no Brasil, garantindo a precisão da localização e das medições de distância e área dentro do mapa. As coordenadas UTM (easting e northing) são visíveis no grid do mapa, e a compreensão deste sistema é fundamental para qualquer análise espacial, sendo um conceito chave.
- Software Utilizado: A camada localizacoes_qgis sugere fortemente que o software QGIS foi utilizado para a manipulação, processamento e visualização dos dados geográficos, embora outros softwares de geoprocessamento possam ter sido empregados nas diferentes etapas da elaboração. A escolha do software é um aspecto importante na metodologia de um trabalho com geoprocessamento.

4.5.5.2 Composição Visual do Mapa

A composição visual do mapa é limpa e organizada, com um bom contraste entre as cores dos solos e o plano de fundo, demonstrando atenção aos detalhes e seguindo os princípios cartográficos para uma comunicação eficaz:

- Elementos Essenciais: O mapa inclui os elementos cartográficos fundamentais para sua interpretação, sendo estes:
- Título: "MAPA PEDOLÓGICO" e subtítulos indicando a área de estudo ("BANANAL-SP", "FAZENDA RESGATE", "FAZENDA DOS COQUEIROS"). Um título claro é o primeiro passo para a inteligibilidade do documento.
- Legenda: Clara e detalhada, associando cada cor a um tipo de solo específico ou a uma área de uso (Área Urbana), e indicando as camadas de base. A legenda é o guia para a decodificação da informação espacial.
- Escala: Numérica (1:75.000), permitindo a estima de distâncias e tamanhos no terreno. A escala é vital para compreender a relação entre o que é visto no mapa e as dimensões reais do terreno.
- Sistema de Coordenadas: Informações detalhadas sobre o EPSG, Datum e Projeção, essenciais para a reprodutibilidade e integração dos dados. Grid de Coordenadas: Linhas e valores de easting e northing do sistema UTM, facilitando a localização de pontos específicos.



- **Autoria e Instituições:** Informações sobre o curso de especialização, as universidades envolvidas (UFRRJ, UFMG, UFV, UFRA) e o nome do cursista (Dilene Zaparoli), conferindo credibilidade ao trabalho.

Simbologia:

- **Tipos de Solo:** Representados por polígonos preenchidos com cores distintas: rosa para Argissolo Vermelho-Amarelo, bege para Cambissolo Háptico e laranja/tan para Latossolo Vermelho-Amarelo. Essa diferenciação cromática facilita a identificação visual rápida das áreas com diferentes tipos de solo. A escolha de cores distintas para cada classe de solo é fundamental para a diferenciação visual e a rápida interpretação, um princípio de composição de bandas estudado em Sensoriamento Remoto (Apostila Sensoriamento Remoto, Unidade 4, 4.4, p. 36).
- **Área Urbana:** Mapeada em branco, contrastando com as cores dos solos, o que a torna facilmente identificável como uma área antropizada e não necessariamente como um tipo de solo natural.
- **Limites Municipais e Hidrografia/Relevo:** Representados por linhas cinzas, que servem como elementos de referência geográfica.
- **Pontos de Interesse:** As fazendas são marcadas com pontos azuis, com seus nomes claramente rotulados.
- **Qualidade Visual:** A composição visual do mapa é limpa e organizada, com um bom contraste entre as cores dos solos e o plano de fundo. As fontes são legíveis, contribuindo para a clareza geral das informações apresentadas. A ausência de uma barra de escala gráfica e de uma seta do Norte são pequenas omissões, mas a escala numérica e o grid de coordenadas minimizam seu impacto na funcionalidade do mapa. Incluir esses elementos, no entanto, aprimoraria a universalidade e facilidade de leitura para um público mais amplo.

4.5.5.3 Significado e Contribuição para o Estudo

O mapa pedológico da Fazenda Resgate em Bananal possui um significado considerável e contribui para o estudo da área de várias maneiras interconectadas, revelando a aplicação prática dos conceitos pedológicos e geotecnológicos.

Significado Pedológico: O mapa revela a heterogeneidade pedológica da região de Bananal, SP, destacando a presença de três classes de solo principais, cada uma com características e implicações distintas:

- **Latossolo Vermelho-Amarelo:** Predominante em grande parte da área mapeada, incluindo a Fazenda Resgate. Latossolos são solos profundos, bem drenados e intemperizados, comuns em climas tropicais. Sua formação é resultado do processo de Ferralitização ou Latossolização (Latolização) (Pedogênese Material Didático, Unidade 3, 3.6, p. 35), caracterizado por intensa perda de bases e sílica coloidal (dessilicação), com concentração relativa de óxidos de ferro e alumínio. Embora geralmente de baixa fertilidade natural, são mecanizáveis e têm alto potencial produtivo quando corrigidos



e manejados adequadamente, tornando-os aptos para diversas culturas, desde que haja manejo da acidez e fertilidade.

- Cambissolo Háplico: Apresenta-se em porções do mapa, especialmente ao sul da Fazenda dos Coqueiros e em algumas áreas dispersas. Cambissolos são solos menos desenvolvidos, frequentemente associados a relevos mais inclinados ou materiais de origem mais resistentes. O termo "háplico" sugere uma evolução pedogenética mais simples. Esses solos podem apresentar restrições para a mecanização e maior suscetibilidade à erosão, dependendo da declividade e do manejo, o que impacta as práticas de conservação do solo.
- Argissolo Vermelho-Amarelo: Presente na porção leste do mapa, próximo a Barra Mansa, e em algumas outras manchas. Argissolos são caracterizados pela presença de um horizonte B textural (Bt), onde há acúmulo de argila por translocação vertical de partículas, um processo conhecido como Eluviação e Iluviação (Argiluviação). Essa característica pode influenciar a drenagem e a capacidade de retenção de água e nutrientes. Argissolos geralmente apresentam boa drenagem natural e são versáteis para diversos usos, mas podem ser suscetíveis à erosão em encostas.

A identificação dessas classes de solo é fundamental, pois cada uma possui características físico-químicas e agronômicas distintas, que impactam diretamente a aptidão agrícola e as práticas de manejo necessárias.

Contribuição para o Estudo e Gestão Territorial:

Planejamento Agrícola: O mapa fornece informações cruciais para o planejamento agrícola nas Fazendas Resgate e dos Coqueiros, permitindo a seleção de culturas mais adequadas a cada tipo de solo, a otimização do uso de insumos (fertilizantes, corretivos) e o planejamento de sistemas de irrigação e drenagem.

Manejo Sustentável do Solo: Ajuda a identificar áreas mais vulneráveis à erosão (como as de Cambissolos em relevos declivosos) ou com outras limitações, auxiliando na implementação de práticas de conservação do solo e da água.

Estudos Ambientais: A distribuição dos solos é um fator chave em estudos de hidrologia, biodiversidade e recuperação de áreas degradadas, fornecendo subsídios para o zoneamento ambiental.

Tomada de Decisão: Serve como uma base cartográfica sólida para órgãos ambientais, agricultores, pesquisadores e tomadores de decisão em geral no município de Bananal, auxiliando na formulação de políticas públicas e estratégias de desenvolvimento rural sustentável. O solo é reconhecido como "base de sustentação e suporte para as infraestruturas humanas", o que o torna um elemento crucial para o planejamento de projetos de arquitetura e infraestrutura.

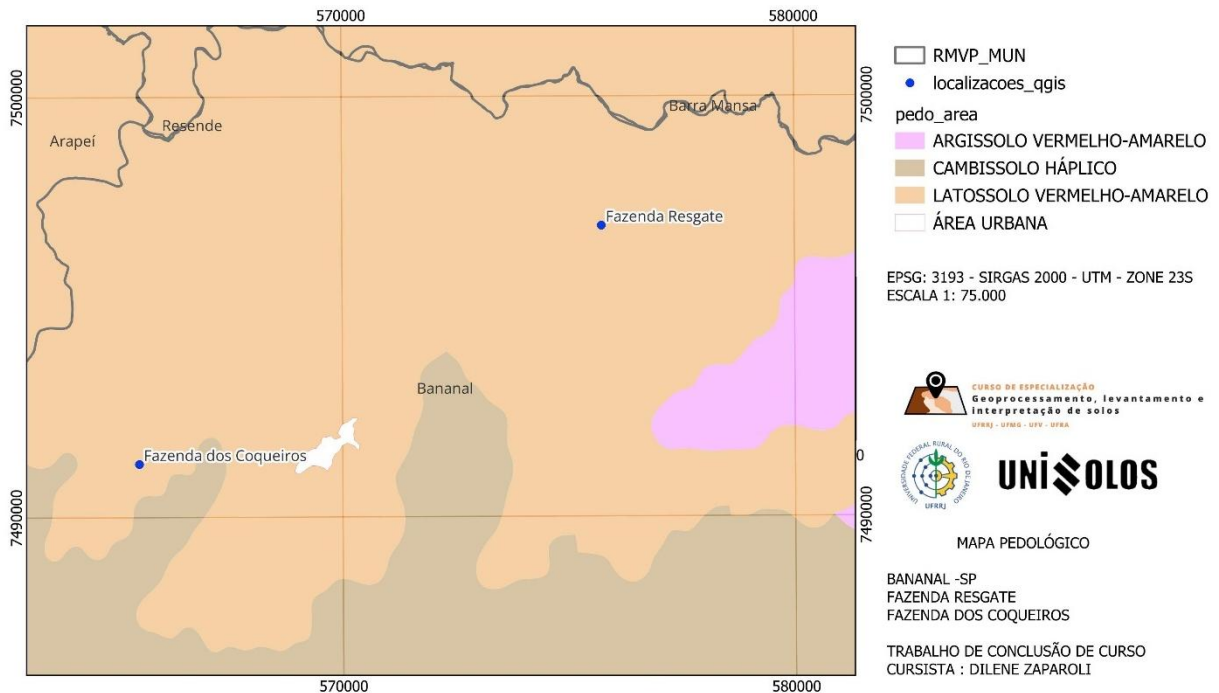


Figura 29 - Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Fazenda Resgate – Bananal, escala 1:75.000

Fonte: ZAPAROLI, D. (2025). Mapa produzido no Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, UNISOLOS/UFRRJ.

4.5.6 Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Fazenda dos Coqueiros – Bananal

Este mapa é uma representação cartográfica que oferece uma visão detalhada da pedologia e do uso da terra na área da Fazenda dos Coqueiros e seu entorno, no município de Bananal, São Paulo.

Objetivo do Mapa: O principal objetivo deste mapa é caracterizar e visualizar a distribuição espacial dos tipos de solo (pedologia) na área de abrangência da Fazenda dos Coqueiros e seu entorno, dentro do município de Bananal, São Paulo.

De forma mais detalhada, o mapa visa: 1) Identificar e delimitar as ocorrências de diferentes classes de solo (Cambissolo Háplico e Latossolo Vermelho-Amarelo) e áreas urbanas. 2) Fornecer informações pedológicas essenciais para o planejamento e manejo da terra, especialmente para as atividades desenvolvidas na Fazenda dos Coqueiros. 3) Servir como parte integrante de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Geoprocessamento e Ciência do Solo, demonstrando a capacidade da cursista na elaboração e interpretação de dados geoespaciais sobre solos. 4) Contribuir para o conhecimento pedológico localizado da região de Bananal-SP.

Este mapa, portanto, é um instrumento que permite compreender o solo como um "componente multifatorial da paisagem, isso é, cuja origem está ligada à atuação de diversos fatores ambientais."



Metodologia de Elaboração do Mapa: A elaboração deste mapa pedológico reflete uma metodologia robusta baseada em princípios de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG). A precisão e a confiabilidade do produto final são resultado da integração de diversas camadas de informação espacial, processadas e apresentadas de forma coerente.

4.5.6.1 Criação das Camadas de Base e Contexto

A criação do mapa envolveu a sobreposição de diversas camadas de informação espacial:

- Sistema de Coordenadas: O mapa utiliza o sistema de coordenadas projetadas EPSG: 3193 - SIRGAS 2000 - UTM - ZONE 23S. Este é um sistema adequado para mapeamento em larga escala, permitindo medições precisas de distâncias e áreas, crucial para estudos de solo e planejamento. O SIRGAS 2000 é o sistema geodésico oficial no Brasil. A compreensão do sistema de coordenadas é fundamental para qualquer análise espacial e é um conceito chave.
- Hidrografia/Morfologia (Implícito): As linhas cinzentas tênues que percorrem o mapa, embora não explicitamente legendadas, sugerem a presença de rios, córregos ou linhas de drenagem, que frequentemente influenciam a formação e distribuição dos solos. O relevo, como um dos fatores de formação do solo, influencia a infiltração e escoamento superficial da água e o deslocamento de elementos em solução.
- Limites Municipais e Nomes de Localidades: A camada "RMVP_MUN" (provavelmente referente a uma Rede Municipal de Vias e Planejamento ou similar) e os nomes de cidades como Resende, Arapeí e Bananal (além do ponto da Fazenda dos Coqueiros) fornecem o contexto geográfico e administrativo da área de estudo. A camada "localizacoes_qgis" indica que pontos de interesse foram adicionados, possivelmente os núcleos urbanos e a própria fazenda. A menção de "QGIS" na legenda indica que essas camadas foram digitalizadas ou importadas de bases de dados geográficos existentes (como IBGE, órgãos estaduais de meio ambiente ou agricultura) e integradas em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).
- Áreas de Solo: A principal camada de base, "pedo_area", foi criada para delimitar as áreas de ocorrência dos diferentes tipos de solo. A classificação dos solos é baseada nos critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), que é um sistema taxonômico nacional.
- Área Urbana: Uma camada específica para "ÁREA URBANA" foi incluída, que, embora possa ser considerada um "tipo de solo" no contexto de uso da terra, na prática, representa áreas antropizadas onde o solo natural foi alterado ou coberto por infraestrutura, sendo, portanto, uma camada de contexto sobre uso e ocupação. A atividade humana é reconhecida como um fator de formação do solo, capaz de modificar ou construir solos.



4.5.6.2 Composição Visual do Mapa

A composição visual do mapa é clara, objetiva e adequada ao seu propósito:

- **Esquema de Cores:** Utiliza um esquema de cores com tons terrosos (laranja claro e bege) para representar os diferentes tipos de solo, o que é visualmente intuitivo e comum em mapas pedológicos. A área urbana é destacada em branco, diferenciando-se das áreas naturais. A escolha de cores distintas para cada classe de solo é fundamental para a diferenciação visual e a rápida interpretação, um princípio de composição de bandas.
- **Legenda:** A legenda é organizada e localizada à direita do mapa, facilitando a identificação das feições representadas pelas cores e símbolos. Ela associa claramente cada cor e símbolo ao seu respectivo tipo de solo ou característica geográfica.
- **Grade de Coordenadas:** A presença da grade UTM com valores de leste (easting) e norte (northing) permite a localização precisa de qualquer ponto no mapa.
- **Escala:** A escala numérica (1:75.000) é claramente indicada, permitindo ao leitor estimar distâncias e tamanhos das áreas mapeadas.
- **Informações Adicionais:** O mapa inclui o título, informações de autoria (cursista e curso), instituição responsável (UNÍSOLOS, UFRRJ), e a localização exata da Fazenda dos Coqueiros (endereço), o que enriquece o contexto e a rastreabilidade do trabalho.
- **Localização de Destaque:** A Fazenda dos Coqueiros é marcada com um ponto azul, centralizando a atenção na área de estudo principal.

A composição geral reflete um bom uso de princípios cartográficos para clareza e comunicabilidade da informação pedológica.

4.5.6.3 Significado e Contribuição para o Estudo

O mapa revela que a área da Fazenda dos Coqueiros e seu entorno são dominados por Latossolo Vermelho-Amarelo, com ocorrências de Cambissolo Háplico em porções específicas, e pequenas Áreas Urbanas.

- **Latossolos Vermelho-Amarelos:** São solos muito intemperizados, profundos, bem drenados e com baixa fertilidade natural, mas que respondem muito bem à calagem e à adubação. Sua formação é resultado do processo de Ferralitização ou Latossolização (Latolização). Este processo é caracterizado por intensa perda de bases e sílica coloidal (dessilicação), com concentração relativa de óxidos de ferro e de alumínio. Horizontes formados por esse processo apresentam elevado grau de pedogênese, sendo uma das principais características a elevada agregação das partículas unitárias, baixa capacidade de troca catiônica (CTC) da fração argila, baixa saturação por bases, consistências moderadamente duras, friáveis, plásticas e pegajosas. São solos de grande aptidão agrícola no Brasil, sendo vastamente utilizados para diversas culturas (grãos, pastagens, reflorestamento) após o devido manejo. A predominância deste solo na Fazenda dos Coqueiros indica um bom potencial agrícola para a propriedade.



- Cambissolos Háplicos: São solos menos desenvolvidos, geralmente mais rasos e frequentemente associados a relevos mais inclinados ou em áreas de formação mais recente. Podem apresentar maior variação de fertilidade e suscetibilidade à erosão, dependendo de suas características específicas e da topografia associada. Sua presença em certas áreas pode indicar a necessidade de práticas de conservação de solo diferenciadas. Os Cambissolos são solos "jovens" ou pouco desenvolvidos, caracterizados pela presença de um horizonte B incipiente (Bi), que mostra sinais de alteração pedogenética, mas sem atingir o grau de desenvolvimento de um horizonte B textural bem definido, como mencionado na análise do mapa de Jacareí. A "perda" de material por erosão é um processo pedogenético que precisa ser considerado.

Planejamento e Manejo Agrícola: Para a Fazenda dos Coqueiros, o mapa é uma ferramenta estratégica. Ele permite:

Zoneamento da Aptidão Agrícola: Definir quais culturas são mais adequadas para cada tipo de solo, otimizando o uso da terra.

Manejo Diferenciado: Planejar a adubação, calagem e irrigação de forma mais precisa, considerando as necessidades específicas de cada tipo de solo.

Controle da Erosão: Identificar áreas com Cambissolos ou em relevo mais acentuado que possam ser mais suscetíveis à erosão, e planejar medidas de conservação do solo (terraços, curvas de nível, plantio direto).

Avaliação Ambiental: Subsidiar estudos de impacto ambiental ou planos de recuperação de áreas degradadas, ao fornecer a base pedológica.

Informação Regional: O mapa também contribui para a base de informações sobre os recursos naturais do município de Bananal e da microrregião, podendo ser utilizado por órgãos de planejamento regional ou por outros pesquisadores interessados na geodiversidade local.

Em síntese, o mapa pedológico da Fazenda dos Coqueiros é uma ferramenta valiosa que transforma dados brutos de solo em informação visual e interpretável, essencial para o manejo sustentável da propriedade e um excelente exemplo da aplicação do geoprocessamento na área das geociências. Reafirma a grande importância do solo como base de sustentação e suporte para as infraestruturas humanas e meio para a produção de alimentos, fibras e combustíveis. Ao cartografar e caracterizar os tipos de solo predominantes, como o Cambissolo Háplico e o Latossolo Vermelho-Amarelo, o mapa oferece à Fazenda dos Coqueiros um conhecimento aprofundado de seu capital natural, capacitando-a para tomar decisões informadas sobre o uso da terra, implementar práticas de manejo que promovam a saúde do solo e garantir a longevidade da produção, servindo de modelo para a gestão de propriedades rurais na região de Bananal-SP e além.

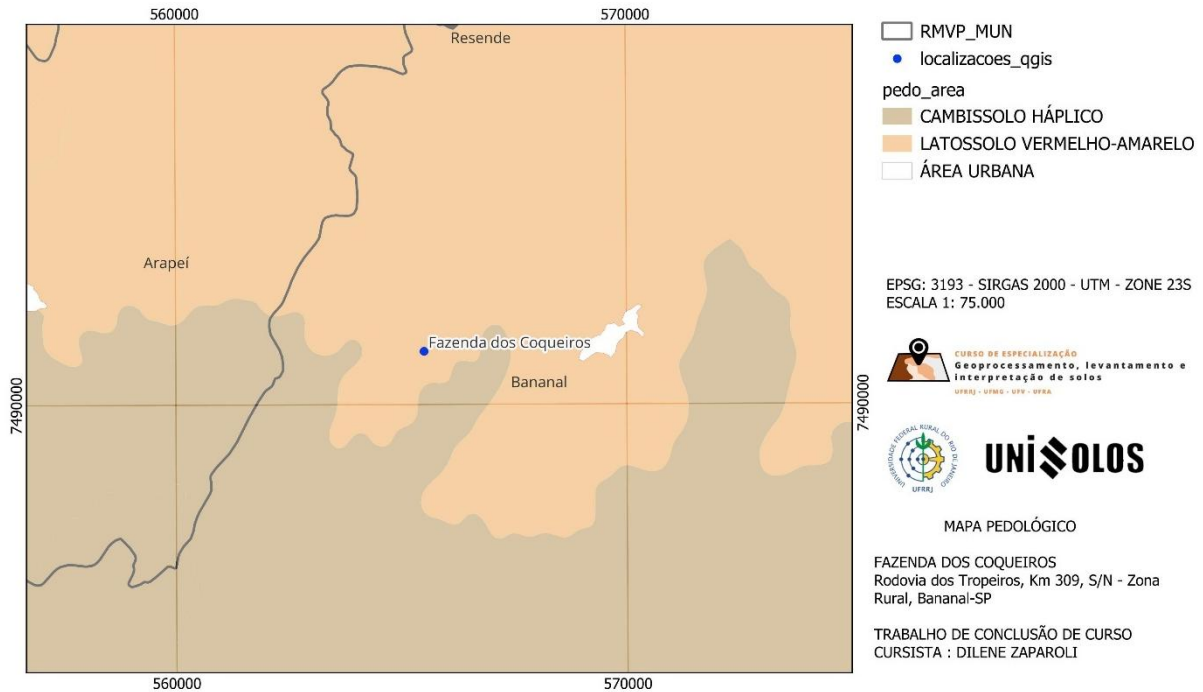


Figura 30 - Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Mapa pedológico (tipos de solo por município) – Fazenda dos Coqueiros – Bananal, escala 1:75.000

Fonte: ZAPAROLI, D. (2025). Mapa produzido no Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, UNISOLOS/UFRRJ.

4.6 Ferramentas e dados utilizados (SIG, GPS, bases cartográficas)

A elaboração de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na área de Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, como o presente estudo, demanda a utilização de um arcabouço metodológico robusto e a aplicação de tecnologias avançadas. A análise e representação dos solos em um contexto espacial são intrinsecamente ligadas ao uso de geotecnologias, que permitem a coleta, o processamento, a análise e a visualização de informações geográficas (geoespaciais). Essas ferramentas e dados são indispensáveis para a compreensão do solo como um "componente multifatorial da paisagem, isso é, cuja origem está ligada à atuação de diversos fatores ambientais."

A Pedologia, enquanto ramo da Ciência do Solo, "aborda a identificação, gênese, classificação e levantamento de solos." exigindo a aplicação de "conceitos, técnicas e instrumentos diversos" para produzir conhecimento sobre o solo. Nesse sentido, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), os Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS), e as diversas bases cartográficas (incluindo dados de Sensoriamento Remoto e Modelos Digitais de Elevação) configuram-se como pilares para a compreensão da sua "memória pedológica". A integração dessas ferramentas e dados foi fundamental para transformar dados brutos de campo e de sensoriamento remoto em mapas temáticos claros e interpretáveis, que servem como subsídio para o planejamento territorial e a gestão ambiental, em consonância com os princípios da geociência aplicada.



4.6.1 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem a principal plataforma tecnológica empregada na presente pesquisa, atuando como o ambiente central para a manipulação e análise de dados espaciais. Um SIG pode ser definido como um conjunto de hardware, software e dados, projetado para capturar, armazenar, manipular, analisar e exibir todas as formas de informações geograficamente referenciadas. Sua capacidade de integrar diferentes camadas de informação espacial (vetoriais e raster) e de executar operações complexas de análise espacial o torna uma ferramenta insubstituível para estudos ambientais e pedológicos. A Pedologia, por sua natureza multidisciplinar, beneficia-se enormemente dos SIGs para compreender o que é o solo e como ele se forma, elucidando o papel de fatores ambientais e processos físicos, químicos e biológicos envolvidos, como o solo interage com outros elementos na paisagem, como ele se organiza morfologicamente, como pode ser classificado e como se distribui no espaço e no tempo.

No contexto deste TCC, o SIG foi utilizado em todas as etapas cruciais da elaboração dos mapas pedológicos, desde a integração e gerenciamento de diversas fontes de dados georreferenciados (como pontos de coleta de solo, limites municipais, hidrografia e informações topográficas derivadas de Modelos Digitais de Elevação) até a visualização e cartografia dos resultados finais.

Diversos softwares de SIG estão disponíveis, tanto comerciais quanto de código aberto, e oferecem recursos para processamento e análise de imagens de sensoriamento remoto, bem como análise e modelagem de dados geoespaciais.

Entre os mais utilizados e que podem ser empregados em estudos como este, destacam-se:

- QGIS: Um software livre e gratuito, amplamente reconhecido por sua versatilidade e por incluir ferramentas para processamento e análise de imagens de sensoriamento remoto, além de suportar uma vasta gama de formatos de arquivo. Sua capacidade de integrar módulos de morfometria, como os do SAGA GIS, o torna uma ferramenta poderosa para a geração de atributos morfométricos a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE).
- GRASS GIS: Outro software livre e gratuito, com recursos robustos para processamento de imagens e análise geoespacial.
- SAGA GIS: Também de código aberto, oferece um vasto acervo de ferramentas e algoritmos para a geração de atributos morfométricos, sendo um dos SIGs mais completos para essa finalidade.
- Google Earth Engine: Uma plataforma baseada em nuvem que permite o processamento e análise de grandes volumes de imagens de sensoriamento remoto, incluindo dados de satélite. A escolha do software depende das necessidades específicas do usuário e do tipo de imagem a ser processada.



4.6.2 Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) e GPSO Sistema de Posicionamento Global (GPS)

De forma mais ampla, os Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS), desempenharam um papel fundamental na fase de aquisição e validação de dados em campo. Essas ferramentas são cruciais para a coleta de dados georreferenciados, permitindo a obtenção de coordenadas (x, y, z) com alta acurácia na superfície terrestre. São essenciais para a localização precisa de pontos de interesse, como o Solar Gomes Leitão, a Igreja de São Benedito, ou as Fazendas Resgate e dos Coqueiros, e para a delimitação de áreas de estudo.

A coleta de dados altimétricos com GNSS, utilizando receptores de dupla frequência (L1/L2) e métodos de posicionamento relativo (estático ou dinâmico), pode alcançar "acurácia centimétrica a milimétrica". Essa precisão é vital para a descrição morfológica do solo em campo, que segue normas como o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. Os dados coletados pelo GNSS no Brasil são corrigidos por estações geodésicas da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, o que garante a obtenção de valores ortométricos da altitude, referenciados ao geóide.

4.6.3 Bases Cartográficas

As bases cartográficas fornecem o arcabouço geográfico sobre o qual as informações pedológicas são projetadas e analisadas. Elas podem ser obtidas de diversas fontes, incluindo órgãos oficiais e iniciativas colaborativas, e são complementadas por dados de sensoriamento remoto.

Bases Oficiais: Dados cartográficos de instituições como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) são frequentemente utilizados para estabelecer limites municipais, hidrografia e outras feições geográficas de referência. O IBGE, por exemplo, produz cartas planialtimétricas que se constituem como "uma das principais fontes de informação do relevo no território brasileiro".

OpenStreetMap (OSM): É um projeto de mapeamento colaborativo global que cria um mapa livre e editável do mundo. Seus dados, gerados e atualizados por uma vasta comunidade de voluntários, são disponibilizados gratuitamente sob licenças abertas (como a Open Database License - ODbL), permitindo o uso, modificação e distribuição com a devida atribuição de crédito. O OSM é uma fonte valiosa para elementos geográficos gerais, como áreas urbanas e corpos d'água continentais, complementando dados oficiais e preenchendo lacunas. A integração dessas bases cartográficas com os dados de solo permite contextualizar a pedologia dentro de um cenário geográfico e administrativo mais amplo.

Sensoriamento Remoto (SR) e Modelos Digitais de Elevação (MDE):

- **Sensoriamento Remoto (SR):** Compreende um conjunto de técnicas que permite coletar informações sobre a superfície terrestre sem contato físico, utilizando a captação de radiação eletromagnética (REM). O SR é amplamente aplicado no estudo dos solos para "mapear suas características, identificar tipos de solo, textura, profundidade, monitorar nutrientes, erosão, umidade e mudanças ao longo do tempo". Ele é fundamental para inventários, mapeamento e monitoramento de recursos naturais,



permitindo quantificar a energia espectral refletida e/ou emitida pelos objetos, e assim avaliar suas principais características.

- Modelos Digitais de Elevação (MDE): São modelos tridimensionais que representam a distribuição contínua do relevo em formato digital. Eles são cruciais para o mapeamento de solos, pois o relevo é um dos principais fatores de formação do solo, influenciando a infiltração e o escoamento superficial da água, o deslocamento de elementos em solução e partículas em suspensão. A partir dos MDEs, é possível extrair diversas covariáveis morfométricas, como altitude, declividade, orientação das encostas, curvatura e índices topográficos, que são utilizadas em modelos estatísticos para o mapeamento digital de solos. Os MDEs podem ser classificados quanto ao modo de obtenção: a) MDEs Não Orbitais: Gerados por equipamentos no local de levantamento, oferecem alta resolução espacial (escala centimétrica). Incluem: LIDAR (Light Detection and Ranging): Utiliza pulsos de laser para medir coordenadas tridimensionais do terreno. Sensores LIDAR aerotransportados conseguem penetrar o dossel das árvores, permitindo a obtenção de um Modelo Digital de Terreno (MDT), que representa a superfície "nua" do terreno, ao contrário do Modelo Digital de Superfície (MDS) que inclui objetos acima do solo. b) VANT (Veículos Aéreos Não Tripulados) ou Drones: Permitem a obtenção de MDEs de alta resolução espacial através da reconstituição estereoscópica de imagens aéreas. c) MDEs Orbitais: Obtidos a partir de dados de satélites, oferecem cobertura global e baixo custo, mas geralmente com menor resolução espacial em comparação aos não orbitais. Exemplos incluem:
 - SRTM (Shuttle Radar Topography Mission): Um dos modelos mais utilizados globalmente, gerado por interferometria SAR.
 - NASADEM: Uma modernização do SRTM, com reprocessamento dos dados originais e correção de erros.
 - TanDEM-X e Copernicus GLO: Modelos de alta precisão gerados por tecnologia InSAR.
 - ASTER GDEM e ALOS AW3D30: Obtidos por estereoscopia de imagem.
- Processamento Digital de Imagens (PDI): O PDI é uma técnica essencial para a análise de dados de sensoriamento remoto, permitindo aprimorar a qualidade das imagens, remover ruídos e distorções, e extrair informações relevantes. Softwares de PDI, muitos deles integrados a SIGs (como QGIS, GRASS GIS, SAGA GIS), são utilizados para pré-processamento (correções atmosféricas, georreferenciamento) e processamento (composição de bandas, classificação) das imagens.

Análise Espectral de Solos: A espectroradiometria, ou espectroscopia de reflectância, é uma ciência que estuda a interação da radiação eletromagnética com os objetos, incluindo o solo. Essa técnica permite analisar atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos com base em suas respostas espectrais. Fatores como material de origem, matéria orgânica, óxidos de ferro, mineralogia, granulometria e umidade afetam as curvas espectrais dos solos. A Biblioteca Espectral de Solos do Brasil (BESS), por exemplo, é um importante repositório que



armazena o conhecimento sobre a relação entre atributos do solo e suas respostas espectrais, auxiliando em estudos pedológicos.

Em suma, a combinação estratégica de SIGs, dados GNSS, bases cartográficas e diversas técnicas de sensoriamento remoto, incluindo MDEs e análise espectral, constitui o arcabouço metodológico para a realização de estudos pedológicos detalhados. Essas ferramentas não apenas permitem a representação precisa da distribuição dos solos, mas também fornecem subsídios cruciais para o planejamento territorial, o manejo sustentável e a conservação do patrimônio natural e edificado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção aborda a análise e interpretação dos mapas pedológicos das áreas de estudo (Fazenda Resgate, Fazenda dos Coqueiros, Instituto Elpidio dos Santos, Solar Gomes Leitão - Museu Jacaré e Igreja São Benedito), buscando integrar as características do solo e da paisagem com as especificidades da arquitetura de terra. Os resultados são discutidos em termos de sua relevância para a seleção de locais, técnicas construtivas e o uso sustentável dos recursos naturais.

5.1 Discussão integrada entre edificação, tipo de solo e paisagem

A análise dos mapas revela uma complexa interação entre os tipos de solo predominantes, a topografia (implícita na distribuição dos corpos d'água e áreas urbanas) e a paisagem em que as edificações estudadas estão inseridas. Essa integração é fundamental para a viabilidade e adequação de projetos que empregam a arquitetura de terra.

Nas áreas rurais, como a Fazenda Resgate e a Fazenda dos Coqueiros, localizadas no município de Bananal (SP), observa-se a predominância de Argissolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos Háplicos e Latossolos Vermelho-Amarelos. Estes solos, em geral, possuem características que podem ser favoráveis à construção com terra, como a presença de argila e a capacidade de suportar cargas, especialmente os Argissolos. A paisagem rural oferece maior disponibilidade de solo no local e um ambiente com menor impermeabilização, o que favorece a infiltração de água e a resiliência das edificações. A topografia, que parece ser mais suave nessas áreas, minimiza desafios de fundação e drenagem.

Por outro lado, o Instituto Elpidio dos Santos, em São Luiz do Paraitinga (SP), apresenta uma variedade maior de solos, incluindo Espodossolos Humilúvicos e Gleissolos Melânicos, além dos Argissolos, Cambissolos e Latossolos. A presença de corpos d'água significativos sugere áreas de várzea e um relevo mais acidentado em outras porções. Espodossolos, por serem solos arenosos e de baixa coesão, são menos adequados para técnicas de terra sem adição de aglutinantes. Gleissolos, típicos de áreas úmidas e com alto teor de matéria orgânica, são particularmente problemáticos para fundações e estruturas de terra devido à sua baixa capacidade de carga, alta compressibilidade e potencial de retração/expansão. A paisagem, que provavelmente envolve vales e áreas de encosta, impõe desafios adicionais de estabilidade de



taludes e manejo de águas pluviais, exigindo soluções construtivas e de drenagem mais sofisticadas para as edificações.

As edificações em ambientes mais urbanizados ou periurbanos, como o Solar Gomes Leitão - Museu Jacareí e a Igreja São Benedito em São José dos Campos (SP), também demonstram a presença de Gleissolos Melânicos em suas proximidades, além de Argissolos e Latossolos Amarelos. A urbanização, com sua densa rede de infraestrutura e impermeabilização do solo, altera drasticamente o regime hídrico e a disponibilidade de matéria-prima local. A presença de Gleissolos indica que, mesmo em áreas consolidadas, a atenção ao tipo de solo é crítica para a estabilidade estrutural. Neste contexto, a escolha da técnica construtiva deve considerar não apenas as propriedades do solo, mas também as restrições impostas pela paisagem construída e pela disponibilidade de material, que pode exigir transporte de solos mais adequados.

Em síntese, a discussão integrada revela que a viabilidade da arquitetura de terra é intrinsecamente ligada à caracterização pedológica e paisagística. Solos mais argilosos e bem drenados em paisagens rurais são ideais, enquanto solos arenosos, orgânicos ou em áreas urbanas exigem abordagens mais criteriosas, incluindo estabilização do solo e projetos de fundação adaptados.

5.2 Interpretação dos mapas temáticos

Os mapas pedológicos temáticos fornecem uma base essencial para a compreensão da distribuição dos diferentes tipos de solo nas áreas de estudo. A escala 1:75.000, embora útil para um planejamento regional, requer validação em escala de detalhe para aplicações específicas de engenharia e arquitetura no local da edificação. Os mapas demonstram claramente a heterogeneidade da cobertura pedológica na região do Vale do Paraíba e arredores. Os principais tipos de solos identificados foram:

- Argissolo Vermelho-Amarelo: Predominante em várias áreas, caracterizado por boa quantidade de argila no horizonte B textural, com potencial para uso em arquitetura de terra.

- Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo: Solos profundos, bem drenados, com baixa diferenciação de horizontes. Sua aptidão para a construção com terra varia conforme o teor de argila e a plasticidade.

- Cambissolo Háptico: Solos menos desenvolvidos, com horizonte B incipiente. Sua aptidão construtiva é variável e depende da litologia de origem.

- Gleissolo Melânico: Solos hidromórficos, com horizonte A orgânico espesso, encontrados em áreas de baixa declividade e encharcamento. São geralmente inadequados para a construção de terra sem grandes intervenções.

- Argissolo Vermelho-Amarelo: Devido ao seu teor de argila e boa plasticidade, Argissolos são altamente recomendados para diversas técnicas. São excelentes para taipa de pilão, adobe, tijolos de terra comprimida (BTC) e cob. A proporção ideal de areia e argila geralmente permite um bom desempenho mecânico e menor retração.



•Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo: Podem ser utilizados, mas sua aptidão é mais variável. Latossolos com boa proporção de argila (mesmo que caulínica) podem ser empregados em taipa, adobe e BTC. No entanto, muitos Latossolos são excessivamente arenosos ou siltosos e podem requerer correção de granulometria (adição de argila ou areia) e/ou estabilização (com cal ou cimento) para otimizar suas propriedades coesivas e de resistência.

•Cambissolo Háplico: Sua variabilidade exige análise prévia rigorosa. Se o teor de argila e silte for adequado, pode ser utilizado em técnicas como taipa ou adobe. Solos mais pedregosos ou arenosos dentro desta classificação podem exigir catação ou adição de material ligante.

•Gleissolo Melânico: Geralmente inadequado para ser utilizado diretamente em técnicas de terra para paredes ou fundações. Seu alto teor de matéria orgânica e umidade confere baixa capacidade de suporte, alta compressibilidade e variações volumétricas significativas (expansão e retração). A construção sobre Gleissolos exige soluções de fundação profundas ou a substituição total do solo, ou ainda o uso de técnicas de terra de menor responsabilidade estrutural e elevada estabilização.

•Espodossolo Humilúvico: Considerado inadequado para a maioria das técnicas de arquitetura de terra sem uma modificação substancial. Sua composição predominantemente arenosa resulta em baixa coesão e plasticidade, inviabilizando a formação de blocos ou paredes estáveis sem a adição significativa de aglutinantes (argila, cal, cimento). A seleção da técnica deve sempre ser precedida por análises laboratoriais (granulometria, limite de liquidez e plasticidade, ensaio de Proctor) para confirmar a adequação do solo local, mesmo que os mapas forneçam uma indicação geral.

5.2.1 Relação entre tipo de solo e técnica construtiva

A escolha da técnica construtiva, especialmente do tipo de fundação, depende diretamente das características geotécnicas do solo no local da obra. Cada tipo de solo apresenta propriedades distintas de capacidade de carga, compressibilidade, permeabilidade, comportamento à presença de água, entre outras, que influenciam a segurança, a estabilidade e o custo da construção.

Com base nos tipos de solo apresentados nos seus mapas (Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Gleissolo Melânico, Espodossolo Humilúvico), podemos analisar as implicações:

Latossolos (Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo)

Características: São solos muito intemperizados, profundos, bem drenados e com estrutura geralmente granular ou em blocos. Possuem boa capacidade de suporte e baixa compressibilidade quando não saturados.

Implicações Construtivas:



Fundações: Geralmente muito favoráveis para fundações superficiais (sapatas, radier, blocos), pois a capacidade de carga é boa e os recalques são controlados.

Escavação: Fácil escavação devido à sua profundidade e ausência de camadas rochosas rasas.

Drenagem: Boa drenagem natural, o que minimiza problemas com água.

Exemplos nos mapas: A Fazenda Resgate (Bananal) está sobre Latossolo Vermelho-Amarelo. A Igreja São Benedito (São José dos Campos) e o Instituto Elpídio dos Santos (São Luiz do Paraitinga) estão sobre Latossolo Amarelo ou Latossolo Vermelho-Amarelo. Nesses locais, espera-se que fundações rasas sejam economicamente viáveis e estruturalmente seguras, desde que a investigação geotécnica confirme a homogeneidade e a capacidade de carga esperada.

Argissolos (Argissolo Vermelho-Amarelo)

Características: Possuem um horizonte B textural (Bt) de acumulação de argila, sendo menos intemperizados que os Latossolos. Podem apresentar variação de textura em profundidade e, em alguns casos, são mais suscetíveis à erosão. A capacidade de suporte é geralmente boa, mas pode ser mais variável.

Implicações Construtivas:

Fundações: Geralmente permitem fundações superficiais, mas a presença do horizonte argílico pode exigir uma avaliação mais cuidadosa da sua profundidade e consistência. Em solos com alta plasticidade, cuidados com retração e expansão podem ser necessários.

Drenagem: A drenagem pode ser um pouco mais lenta no horizonte Bt em comparação com os Latossolos.

Erosão: Maior atenção a medidas de controle de erosão, especialmente em taludes de corte e aterro.

Exemplos nos mapas: O Instituto Elpídio dos Santos (São Luiz do Paraitinga) e a Igreja São Benedito (São José dos Campos) também estão sobre Argissolo Vermelho-Amarelo. técnica construtiva não deve ser drasticamente diferente daquela para Latossolos, mas uma investigação mais detalhada do perfil do solo é recomendada para identificar a profundidade do horizonte Bt e suas propriedades geotécnicas.

Cambissolos (Cambissolo Háplico)

Características: São solos jovens, pouco desenvolvidos, geralmente rasos e próximos ao material de origem (rocha ou saprólito - rocha alterada). Podem ser muito variáveis em sua composição e grau de alteração, resultando em propriedades geotécnicas bastante heterogêneas.

Implicações Construtivas:

Fundações: Podem ser um desafio. Se a profundidade da rocha é muito variável ou o saprólito é inconsistente, fundações superficiais podem sofrer recalques diferenciais. Pode ser



necessária a utilização de fundações profundas (estacas, tubulões) para atravessar camadas de solo pouco consistentes e alcançar a rocha ou camadas mais competentes.

Escavação: Pode envolver desmonte de rocha, o que aumenta custos e complexidade.

Estabilidade de Taludes: Em áreas de declive, a instabilidade de taludes é uma preocupação devido à pouca coesão do solo e à presença de rochas fraturadas.

Exemplo nos mapas: A Fazenda dos Coqueiros (Bananal) está sobre Cambissolo Háplico. Neste local, é fundamental uma investigação geotécnica detalhada (sondagens a percussão com SPT, ensaios de campo e laboratório) para determinar a profundidade e as características do material rochoso ou saprolítico, orientando a escolha da fundação mais adequada e segura.

Gleissolos (Gleissolo Melânico)

Características: São solos hidromórficos, formados sob condições de saturação hídrica permanente ou sazonal (lençol freático alto). Geralmente apresentam baixa capacidade de suporte, alta compressibilidade e são muito sensíveis a distúrbios.

Implicações Construtivas:

Fundações: São os mais desafiadores. Fundações superficiais são frequentemente inviáveis devido à baixa capacidade de carga e altos recalques. Exigem fundações profundas (estacas, tubulões) que alcancem camadas de solo mais resistentes e não afetadas pelo lençol freático, ou tratamentos de solo.

Drenagem: Necessidade de rebaixamento do lençol freático durante a construção e soluções de drenagem permanentes para evitar adensamento ou instabilidade.

Custo: A construção em Gleissolos tende a ser significativamente mais cara e complexa devido às exigências especiais de fundação e drenagem.

Exemplo nos mapas: O Solar Gomes Leitão - Museu (Jacareí) está localizado sobre Gleissolo Melânico e adjacente a um Corpo D'água Continental. Este é um caso clássico onde técnicas construtivas especiais são mandatórias. A fundação do museu provavelmente precisou ser profunda (estacas ou tubulões) para atravessar a camada de gleissolo fraco e alcançar um solo mais competente em profundidade. Também pode ter sido necessário um sistema de drenagem robusto para controlar o lençol freático.

Espodossolos (Espodossolo Humilúvico)

Características: Solos com horizonte de acumulação de matéria orgânica (húmus) e/ou compostos de ferro e alumínio. Podem apresentar baixa capacidade de carga se o horizonte espódico for muito orgânico e pouco consolidado, ou se for muito arenoso e solto.

Implicações Construtivas:

Fundações: Variável. Se o horizonte orgânico for significativo, pode ser necessário remover essa camada ou utilizar fundações que a atravessem. Solos muito arenosos podem exigir compactação ou fundações mais longas para garantir atrito lateral.



Exemplo nos mapas: Presente no mapa de São Luiz do Paraitinga, embora não diretamente sob o Instituto Elpidio dos Santos. Sua presença na região indica que, para futuras construções em áreas com esse solo, uma investigação detalhada seria necessária para determinar a consistência do horizonte espódico.

5.2.2 Influência do relevo e clima sobre a localização das edificações

O relevo e o clima são fatores determinantes na escolha da localização de edificações de terra e nas estratégias de projeto:

•Relevo:

- Áreas Planas ou Suavemente Onduladas: Favorecem a construção, simplificando as fundações e o acesso ao canteiro. No entanto, exigem atenção à drenagem superficial para evitar acúmulo de água próximo às bases das paredes de terra, especialmente em solos com menor permeabilidade.
- Áreas de Encosta ou Declividade Acentuada: Apresentam desafios maiores. A estabilidade do terreno é crucial para evitar deslizamentos. Fundações devem ser adaptadas ao declive (sapatas escalonadas, contenções), e o manejo da água da chuva em encostas torna-se prioritário para proteger as paredes de terra da erosão e umidade excessiva. A localização do Instituto Elpidio dos Santos, com a presença de corpos d'água e variedade de solos, sugere um relevo mais diversificado, exigindo atenção extra a esses pontos.

•Clima:

- Precipitação: Regiões com altos índices pluviométricos (comuns no Brasil) demandam maiores balanços de beiral e boas calhas para proteger as paredes de terra da ação direta da chuva. Sistemas de drenagem eficientes ao redor da edificação são indispensáveis para afastar a água da fundação e das paredes. A presença de Gleissolos, que indicam áreas úmidas, reforça a necessidade de um projeto cuidadoso de drenagem e proteção contra a umidade ascendente e lateral.
- Temperatura e Umidade do Ar: A arquitetura de terra se beneficia do clima tropical devido à sua inércia térmica, que ajuda a manter ambientes internos mais frescos durante o dia e mais quentes à noite. No entanto, alta umidade do ar constante pode dificultar a secagem do material durante a construção e promover o crescimento de microrganismos. A ventilação cruzada é essencial para o conforto térmico e para evitar o acúmulo de umidade nas estruturas de terra.

A integração desses fatores - solo, relevo e clima - é vital para garantir a durabilidade e o conforto das edificações de terra. Uma edificação em uma área de Gleissolo, por exemplo, exigirá não apenas um tipo de fundação específico, mas também um projeto robusto de



drenagem para lidar com a característica hidromórfica do solo, complementado por um bom projeto de beirais para proteger a superestrutura da chuva. 4.3 Contribuições para o uso do solo na arquitetura de terra.

Os resultados desta análise pedológica e paisagística oferecem contribuições significativas para o planejamento e execução de projetos de arquitetura de terra:

1. Otimização da Escolha do Local: Os mapas pedológicos são ferramentas valiosas para uma seleção preliminar de terrenos. Áreas com Argissolos e Latossolos argilosos são preferenciais, enquanto a identificação de Gleissolos e Espodossolos alerta para a necessidade de investigações geotécnicas aprofundadas e soluções construtivas mais complexas, ou até mesmo a inviabilidade da arquitetura de terra tradicional.

2. Direcionamento da Técnica Construtiva: A caracterização do solo permite direcionar as escolhas das técnicas construtivas. Solos ideais podem ser usados diretamente em taipa, adobe ou BTC. Solos menos favoráveis podem requerer estabilização (cal, cimento, fibras) ou adaptação para outras técnicas (ex: sacos de terra, quando a resistência à compressão não é primordial), ou o uso de técnicas mistas.

3. Planejamento de Canteiro e Logística: A identificação dos tipos de solo auxilia no planejamento da extração e beneficiamento do material no próprio local, reduzindo custos de transporte e minimizando o impacto ambiental. Em áreas urbanas ou com solos inadequados, a análise direciona a busca por solos de empréstimo mais adequados.

4. Projeto de Fundações e Drenagem: A compreensão das características hidrológicas e de suporte de carga do solo (especialmente Gleissolos) é crucial para um projeto de fundações robusto e um sistema de drenagem eficiente, que protegerá a edificação da umidade e garantirá sua longevidade.

5. Promoção da Sustentabilidade: Ao fornecer informações para o uso inteligente do solo local como material construtivo, este estudo contribui para a sustentabilidade na arquitetura, reduzindo a pegada de carbono da construção (menor transporte de materiais, menor energia incorporada) e incentivando práticas alinhadas com os recursos naturais do entorno.

6. Base para Análises Detalhadas: Embora os mapas forneçam uma visão regional, eles servem como um ponto de partida para investigações de campo mais detalhadas, como sondagens e ensaios laboratoriais específicos no local exato da construção, que são indispensáveis para o dimensionamento final das estruturas.

5.3 Contribuições para o uso do solo na arquitetura de terra

No contexto da restauração de patrimônio arquitetônico onde a técnica construtiva emprega o solo como material principal (arquitetura de terra, como adobe, taipa de pilão, pau a pique, etc.), o conhecimento aprofundado do tipo de solo e sua composição é absolutamente fundamental. A importância reside em diversos aspectos críticos para o sucesso e a longevidade da intervenção:



1. Garantia de Compatibilidade Material: A principal razão é assegurar que o material de restauro seja quimicamente e fisicamente compatível com o material original da edificação. Uma análise pedológica detalhada permite identificar a granulometria (percentagens de areia, silte e argila), a plasticidade, a umidade ótima, a densidade, a presença de materiais orgânicos, sais e outros minerais que caracterizavam o solo utilizado na construção original. Replicar essa composição é vital para que os novos elementos de reparo ou reconstrução se comportem de forma semelhante aos existentes, evitando tensões diferenciais, fissuras, delaminação ou desintegração devido a distintas expansões, contrações ou absorções de umidade.

2. Preservação da Autenticidade e das Técnicas Construtivas Originais: O tipo de solo utilizado na construção original é intrínseco à técnica construtiva empregada. Ao compreender o solo, é possível reproduzir com fidelidade os métodos de mistura, compactação, conformação e acabamento que foram aplicados pelos construtores originais. Isso não apenas garante a integridade estrutural, mas também preserva a autenticidade histórica e cultural do bem, mantendo as características estéticas e táteis que definem a arquitetura de terra. A restauração não é apenas um reparo funcional, mas uma intervenção que respeita a essência da obra.

3. Estabilidade Estrutural e Durabilidade da Intervenção: As propriedades mecânicas do solo (resistência à compressão, coesão, módulo de elasticidade) são diretamente influenciadas pela sua composição. Utilizar um solo inadequado ou com proporções desequilibradas pode comprometer a resistência à compressão dos elementos restaurados, a sua capacidade de coesão e a resistência à erosão por ação da água e do vento. Isso levaria ao surgimento de novas patologias em curto e médio prazo, acelerando a degradação do patrimônio e exigindo novas intervenções dispendiosas.

4. Controle da Umidade e Prevenção de Patologias: A gestão da umidade é um desafio constante na arquitetura de terra. O tipo de solo influencia diretamente sua capacidade de absorção, retenção e liberação de água. Solos com alta proporção de argila, por exemplo, podem ser mais susceptíveis a ciclos de retração e expansão significativos com as variações de umidade, enquanto solos muito arenosos podem ter menor coesão. Utilizar um solo com características hidrológicas diferentes do original pode alterar o regime de umidade da edificação, promovendo o surgimento de eflorescências (depósitos de sal), crescimento de microrganismos (fungos, algas) ou a desagregação do material devido à saturação e secagem.

5. Otimização de Recursos e Sustentabilidade: A arquitetura de terra é, por natureza, uma forma de construção sustentável, utilizando materiais locais e de baixo impacto ambiental. Conhecer a composição do solo permite identificar fontes locais de material que se assemelham ao original, reduzindo custos de transporte e minimizando a pegada ecológica da restauração. Evita-se, assim, a necessidade de adições excessivas de estabilizantes ou cimentos que poderiam alterar fundamentalmente as características do material e ir contra os princípios da arquitetura de terra.

Em suma, a aplicação do conhecimento sobre o solo na arquitetura de terra é um passo fundamental para o desenvolvimento de projetos resilientes, ambientalmente conscientes e economicamente viáveis, tanto em novas construções quanto na preservação de edificações existentes. O mapeamento do solo é, portanto, uma ferramenta estratégica para subsidiar



decisões de projeto e contribuir para a disseminação e qualificação da arquitetura de terra no Brasil, garantindo a inovação em novas construções e a preservação ética e duradoura do nosso rico patrimônio.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho de conclusão de curso concentrou-se na aplicação de técnicas de geoprocessamento para o levantamento, a interpretação e a representação cartográfica da pedologia em áreas selecionadas do estado de São Paulo, estabelecendo uma ponte essencial entre o conhecimento do solo e suas implicações para a arquitetura, especialmente a arquitetura de terra e a preservação do patrimônio. Os objetivos de sintetizar o conhecimento sobre a distribuição dos solos e de cartografar as diferentes classes pedológicas nas áreas de estudo — como Fazenda Resgate, Fazenda dos Coqueiros, Instituto Elpídio dos Santos, Solar Gomes Leitão e Igreja São Benedito — foram plenamente atingidos. Os mapas pedológicos detalhados, gerados na escala de 1:75.000, constituem o produto central da pesquisa, ilustrando a ocorrência e a distribuição espacial de tipos de solo predominantes como Latossolos, Argissolos e Cambissolos, e refletindo a complexa interação entre fatores geomorfológicos, litológicos e climáticos de cada região.

A elaboração desses produtos cartográficos revelou-se uma ferramenta de valor inestimável para o entendimento das características naturais de cada área e para o embasamento de decisões em diversas frentes. Este estudo comprovou a intrínseca relação entre a composição do solo, o relevo, o clima e a viabilidade de projetos arquitetônicos, em particular aqueles que empregam a terra como material construtivo principal. A caracterização precisa dos tipos de solo, considerando aspectos como granulometria, plasticidade e teor de matéria orgânica, mostrou-se fundamental não apenas para a definição de soluções de fundação adequadas e a garantia da estabilidade estrutural das edificações, mas também para a seleção e o preparo dos materiais brutos para técnicas construtivas tradicionais em terra, como o adobe e a taipa. Além disso, a pesquisa destacou a importância crítica do conhecimento pedológico no processo de restauração do patrimônio arquitetônico construído em terra, onde a identificação e a replicação das características do solo original são cruciais para intervenções autênticas e duradouras. A experiência adquirida neste projeto reforçou a perspectiva da autora de que a integração entre o conhecimento pedológico e as práticas arquitetônicas é essencial para o desenvolvimento de ambientes construídos mais resilientes, ambientalmente conscientes e culturalmente sensíveis.

Para futuras pesquisas, recomenda-se a expansão do escopo geográfico para outras regiões, visando uma cobertura mais abrangente das características pedológicas do território. Sugere-se, ainda, a incorporação de análises de campo mais aprofundadas, incluindo a caracterização físico-química detalhada de amostras de solo, o que enriqueceria substancialmente os dados cartografados e forneceria subsídios mais precisos para projetos arquitetônicos. A combinação estratégica dos mapas pedológicos com outras camadas de informação geográfica, como hidrografia, geologia e uso e cobertura do solo, oferece um vasto potencial para o desenvolvimento de estudos mais complexos. Estes poderiam incluir avaliações de risco de erosão, a análise da capacidade de carga do solo para diferentes tipologias construtivas e o planejamento otimizado de sistemas de drenagem. Em síntese, este trabalho



reafirma a relevância contínua do mapeamento de solos como ferramenta indispensável para a compreensão dos recursos naturais e para a promoção de um desenvolvimento sustentável no ambiente construído, especialmente no contexto da valorização e aplicação da arquitetura de terra, e na conservação do patrimônio edificado em solo.

7. RECOMENDAÇÕES PARA CONTINUIDADE DOS ESTUDOS

Dada a limitação de tempo para a conclusão desta etapa da pesquisa, as análises laboratoriais das amostras de solo não puderam ser realizadas neste momento. No entanto, essas análises são fundamentais para a caracterização físico-química detalhada dos solos utilizados nas técnicas de arquitetura de terra, contribuindo para validar sua adequação construtiva conforme parâmetros técnicos estabelecidos.

Para etapas futuras, recomenda-se a realização de ensaios laboratoriais sistematizados, seguindo os protocolos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solos da Embrapa (TEIXEIRA et al., 2017) e os critérios definidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018). Os ensaios contemplarão:

- Análise granulométrica (via dispersão química e sedimentação) para determinação das frações de areia, silte e argila, essenciais para avaliar a plasticidade e coesão do solo;
- Densidade do solo e das partículas, visando à caracterização da compactação natural e da capacidade de suporte estrutural;
- Porosidade total e curva de retenção de água, parâmetros que influenciam diretamente no comportamento higrotérmico das paredes de terra;
- Teor de matéria orgânica e carbono orgânico total (COT), utilizando o método de Walkley-Black, com vistas à estabilidade e durabilidade do material;
- pH em água (1:2,5), fundamental para avaliar a reatividade química do solo e sua compatibilidade com estabilizantes;
- Capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%), que, embora tradicionalmente associadas à fertilidade agrícola, também influenciam na agregação e na estabilidade química do solo;
- Teor de argila dispersa em água (ADA), importante para analisar a tendência de dispersão e a suscetibilidade à erosão e à instabilidade estrutural.

A partir desses dados, será possível classificar os solos com base em sua aptidão para uso construtivo, conforme critérios normativos estabelecidos na NBR 17014:2022, que regulamenta a aplicação da terra crua em edificações no Brasil (ABNT, 2022). Além disso, os resultados servirão como base para a elaboração de diretrizes técnicas voltadas à conservação e restauração de edificações históricas, bem como para novos projetos em terra.

Como continuidade da presente pesquisa, sugerem-se as seguintes direções para aprofundamento e ampliação:

- Ampliação da amostragem: incluir um número maior de edificações e ampliar a diversidade de tipos de solos analisados, de modo a permitir comparações entre

diferentes técnicas (taipa de pilão, taipa de mão e adobe) e entre distintas regiões do Vale do Paraíba e do eixo Rio–São Paulo;

- Ensaio de desempenho mecânico: realizar testes comparativos de resistência à compressão, tração e abrasão de amostras moldadas com diferentes tipos de solo e níveis de compactação, como forma de avaliar a performance da taipa de pilão sob condições controladas;
- Estudos de impacto ambiental: investigar a pegada ecológica das construções em terra comparadas a sistemas construtivos convencionais (alvenaria de blocos cerâmicos ou concreto), considerando consumo de energia incorporada, emissão de CO₂ e ciclo de vida dos materiais;
- Abordagens participativas: desenvolver metodologias que envolvam comunidades locais, especialmente em contextos de autoconstrução, urbanização informal e ruralidades, de modo a resgatar saberes tradicionais, fomentar a capacitação técnica e ampliar a apropriação social da arquitetura de terra.

Essas frentes de investigação poderão consolidar uma base técnico-científica robusta para a valorização, inovação e normatização da arquitetura de terra no Brasil, alinhando tradição e sustentabilidade a partir de evidências empíricas consistentes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIVROS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17014:2022**. Terra crua para emprego em construções – Requisitos, procedimentos e controle. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

CASTRO, J. A. M. de; OLIVEIRA, A. P. de. **Técnicas construtivas tradicionais e seus usos em obras contemporâneas no Brasil**. Belo Horizonte: FAU/UFMG, 2017.

CAVICCHIOLI, C. **Atlas da arquitetura em terra**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da USP, 2016. Disponível em: <www.iea.usp.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CORONA, E.; LEMOS, C. A. C. **Dicionário da arquitetura brasileira**. São Paulo: Artshow Books, 1989.

DUARTE, A. D. (org.). **Engenharia civil: demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais**. Volume 2. Ponta Grossa: Atena Editora, 2022. Disponível em: <www.atenaeditora.com.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.

FAUSTO, B. **História do Brasil**. 8. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; Fundação para o Desenvolvimento da Educação, 2000.

FONTES, L. A. **Arquitetura de Terra: Técnicas Construtivas, Sustentabilidade e Inovação**. São Paulo: Editora XYZ, 2021.

FROTA, G. R. de L. C.; SCHIFFER, E. H. **Manual de Conforto Térmico**. 10. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2012.

- HELENE, P.; PEREIRA, J. M. **Manual de Patologia das Construções**: causas, manifestações e prevenção. São Paulo: PINI, 2012.
- HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. **Building with earth**: a comprehensive guide. London: ITDG Publishing, 1994.
- HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. **Construir com a terra**: do material tradicional ao edifício sustentável. São Paulo: Gustavo Gili, 2006.
- LE MOS, C. A. C.; LIRA, J. T. C. **A tradição da taipa no Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.
- LE MOS, C. A. C.; LIRA, J. T. C. de. **Da taipa ao concreto**: crônicas e ensaios sobre a memória da arquitetura e do urbanismo. São Paulo: Três Estrelas, 2013.
- LONGLEY, P. A. et al. **Geographical information systems and science**. 3. ed. Chichester: Wiley, 2015.
- MAYUMI, L. **Taipa, canela-preta e concreto**: um estudo sobre a restauração de casas bandeiristas em São Paulo. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2008.
- MENDES, F. R. **Arquitetura no Brasil**: de Cabral a D. João VI. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio, 2007. (Coleção Arquitetura no Brasil, v. 1).
- MINKE, G. **Building with earth**: design and technology of a sustainable architecture. 2. ed. Basel: Birkhäuser, 2008.
- MINKE, G. **Construções com terra**: manual de arquitetura ecológica. 2. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2008.
- MUNSELL. **Munsell Soil Color Charts**. Grand Rapids: Munsell Color, 2009. 1 catálogo.
- PIRES, A. R. **Arquitetura de terra no Brasil**: técnicas e permanências. Salvador: EDUFBA, 2013.
- POLIDORO, J. C. et al. **Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PronaSolos)**: diretrizes para implementação. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2021.
- REIS FILHO, N. G. **Quadro da arquitetura no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1997.
- SANTOS, H. G. dos et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 4. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2015.
- SANTOS, H. G. dos et al. **Proposta de atualização da 5ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**: ano 2023. Brasília: Embrapa Solos, 2023.
- SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- TEIXEIRA, P. C. et al. (org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2017.
- VASCONCELOS, S. **Arquitetura no Brasil**: sistemas construtivos. 5. ed. Belo Horizonte: SEPLAN-PR/IPHAN/UFMG/FUNDEP, 1979.



CAPÍTULOS DE LIVROS

CARVALHO, A. P. de et al. Latossolos. In: SANTOS, H. G. dos et al. (org.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. cap. 10, p. 161-175. Disponível em: <www.infoteca.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

ARTIGOS DE PERIÓDICOS

COUTO, M. F. R.; SERRA, E. Vale do Paraíba: da economia cafeeira à sustentável. *Revista Geográfica de América Central*, Costa Rica, n. Especial EGAL, p. 1-15, 2011. DOI: 10.15359/rgac.especial.3. Disponível em: <www.revistas.una.ac.cr>. Acesso em: 24 jun. 2025.

NEVES, J. L.; SOUZA, R. T.; FERREIRA, A. M. Panorama da pesquisa em arquitetura de terra no Brasil: uma revisão sistemática. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 123-142, 2022. DOI: 10.1590/s1678-86212022000200624. Disponível em: <www.scielo.br>. Acesso em: 22 jun. 2025.

ROCHA, C. V.; LUPATINI, M.; BARBOSA, R. R. Propriedades higrótérmicas da terra: o resgate de um material vernacular. *Revista LABVERDE*, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 195-212, 2018. DOI: 10.5007/2179-2275.2018v9n2p195. Disponível em: <periodicos.ufsc.br>. Acesso em: 23 jun. 2025.

DOCUMENTOS EM MEIO ELETRÔNICO

ACERVO DIGITAL FAU USP. Instituto Elpidio dos Santos (Jacareí). [S. l.], 22 mar. 2024. Disponível em: <acervodigital.fau.usp.br>. Acesso em: 25 jun. 2025.

ARCHDAILY. The benefits of rammed earth in Brazilian houses. *ArchDaily Brasil*, 2021. Disponível em: <www.archdaily.com.br>. Acesso em: 23 jun. 2025.

CANAL VALE DO PARAÍBA - TV VANGUARDA. Instituto Elpidio dos Santos passa por restauração. *YouTube*, 2 nov. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=YOUR_YOUTUBE_VIDEO_ID. Acesso em: 25 jun. 2025.

CIRCUITO TURÍSTICO VALE HISTÓRICO. Municípios. [S. l.]: Circuito Turístico Vale Histórico, [s.d.]. Disponível em: <www.circuitovalehistorico.com.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

COELHO, D. P. Técnicas construtivas do período colonial (Parte I). *Coisas da Arquitetura*, 2010. Disponível em: <coisasdaarquitetura.wordpress.com>. Acesso em: 22 jun. 2025.

CULTURA CAIPIRA. Instituto Elpidio dos Santos (Casa de Taipa) – Jacareí – SP. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <culturacaipira.com.br>. Acesso em: 25 jun. 2025.

DESTINOS TOP. Conheça Bananal e as 3 Fazendas Históricas da região do Vale Histórico. [S. l.]: Destinos Top Para Visitar, 2020. Disponível em: <destinostopparavisitar.com>. Acesso em: 24 jun. 2025.

EMBRAPA. Argissolos. *Portal Embrapa*, 2021. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

EMBRAPA. Argissolos Vermelho-Amarelos. *Portal Embrapa*, 2021. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

EMBRAPA. Latossolos. *Portal Embrapa*, 2021. Disponível em: <portal-h.sede.embrapa.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

EMBRAPA. Neossolos. *Portal Embrapa*, 2021. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

EMBRAPA. Neossolos (English Version). *Portal Embrapa*, 2021. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

EMBRAPA. Solo. *Portal Embrapa*, 2021. Disponível em: <portal-h.sede.embrapa.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

ENGENHEIRIA 360. Baldrame: o que é, para que serve e como construir. [S. l.]: Engenharia 360, 2023. Disponível em: <engenharia360.com.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

ESCRITÓRIO DE ARQUITETURA E INTERIORES. O que é Baldrame e para que serve em uma construção?. [S. l.]: Studio Clímax, 2023. Disponível em: <studioclimax.com.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

ESTRUTURAS E BIM. Taipa de pilão: tradição e sustentabilidade na construção. [S. l.: s. n.], 2025. Disponível em: <www.estruturasebim.com.br>. Acesso em: 23 jun. 2025.

INSTITUCIONAL.UFRRJ.BR. Normalização Bibliográfica. [S. l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <institucional.ufrj.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha Municipal Digital do Brasil**: situação em 2024. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

INSTITUTO CIDADE VIVA. Fazenda Cantagalo: Inventário. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <www.institutocidadeviva.org.br>. Acesso em: 23 jun. 2025.

IPATRIMÔNIO. Jacareí – Solar Gomes Leitão. [S. l.]: iPatrimônio, [s.d.]. Disponível em: <www.ipatrimonio.org>. Acesso em: 23 jun. 2025.

IPHAN. IPHAN participa da entrega das obras de restauro do Instituto Elpídio dos Santos. Brasília, [s.d.]. Disponível em: <portal.iphan.gov.br>. Acesso em: 25 jun. 2025.

ITAÚ CULTURAL. Villaronga, José Maria. In: **ENCICLOPÉDIA ITAÚ CULTURAL DE ARTE E CULTURA BRASILEIRA**. São Paulo: Itaú Cultural, 2024. Disponível em: <www.itaucultural.org.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

MAPA DA OBRA. Entenda o que é o baldrame e como ele atua na sua obra. [S. l.]: Mapa da Obra, 2021. Disponível em: <mapadaobra.com.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

PINTURAS MURAI (Blog). JOSÉ MARIA DE VILLARONGA Y PLANELLA: NASCIDO EM BARCELONA – ESPANHA EM 1819, FALECIDO NO RIO DE JANEIRO EM 1894. [S. l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <pinturasmurais.blogspot.com>. Acesso em: 24 jun. 2025.



PREFEITURA MUNICIPAL DE JACAREÍ. Instituto Elpídio dos Santos. Jacareí, [s.d.]. Disponível em: <www.jacarei.sp.gov.br>. Acesso em: 25 jun. 2025.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.40. [S. l.]: Open Source Geospatial Foundation Project, 2024. Disponível em: <qgis.org>. Acesso em: 24 jun. 2025.

REDE TERRABRASIL. Arquitetura e construção com terra no Brasil. Brasília: Rede TerraBrasil, 2022. Disponível em: <redeterrabrasil.net.br>. Acesso em: 22 jun. 2025.

SANTOS, H. G. dos; ZARONI, M. J. Latossolos: definição e características gerais. *Embrapa Solos*, 2021. Disponível em: <www.embrapa.gov.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SANTOS, H. G. dos; ZARONI, M. J. Neossolos: definição e características gerais. *Embrapa Solos*, 2021. Disponível em: <www.embrapa.gov.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SIENGE. Construções em taipa de mão: saiba tudo sobre essa técnica!. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <www.sienge.com.br>. Acesso em: 23 jun. 2025.

SILVA, T. Materiais e técnicas de construção dos povos indígenas brasileiros como futuro para a arquitetura. *ArchDaily Brasil*, 2022. Disponível em: <www.archdaily.com.br>. Acesso em: 22 jun. 2025.

SJC. Igreja São Benedito. In: SJC – O PRIMEIRO PORTAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS E REGIÃO, [S. l.], 2020. Disponível em: <www.sjc.com.br>. Acesso em: 24 jun. 2025.

TAUBATÉ.COM.BR. Capela Nossa Senhora do Pilar. Taubaté: taubate.com.br, 2019. Disponível em: <taubate.com.br>. Acesso em: 23 jun. 2025.

TRABALHOS GRATUITOS. História de Bananal. [S. l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <www.trabalhosgratuitos.com>. Acesso em: 24 jun. 2025.

VIVADECOR.A. Casa de adobe: conheça a técnica de construção ecológica!. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <www.vivadecora.com.br>. Acesso em: 23 jun. 2025.

WIKIPÉDIA. Fazenda Resgate. In: **WIKIPÉDIA, A ENCICLOPÉDIA LIVRE**, [S. l.]: Wikimedia Foundation, [s.d.]. Disponível em: <pt.wikipedia.org>. Acesso em: 24 jun. 2025.

WIKIPÉDIA. Pau a pique. In: **WIKIPÉDIA, A ENCICLOPÉDIA LIVRE**, [S. l.]: Wikimedia Foundation, [s.d.]. Disponível em: <pt.wikipedia.org>. Acesso em: 23 jun. 2025.

DOCUMENTOS JURÍDICOS E INSTITUCIONAIS

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). **Cartas patrimoniais e diretrizes para conservação e restauração**. Brasília, [s.d.].

FOTOGRAFIAS E IMAGENS DIGITAIS

PAULA, A. Fazenda Resgate - Bananal - SP. [Fotografia]. [S. l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <br.pinterest.com>. Acesso em: 24 jun. 2025.



ZEIGER, S. Fazenda dos Coqueiros - Bananal, SP. [Fotografia]. [S. l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <www.flickr.com>. Acesso em: 24 jun. 2025.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
COORDENADORIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA



ATA Nº 3560/2025 - CEAD (12.28.01.36)

Nº do Protocolo: 23083.039897/2025-51

Seropédica-RJ, 22 de julho de 2025.

ATA DE DEFESA

Aos quatorze dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e cinco, às quatorze horas, através de web conferência, instalou-se a banca examinadora de Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, da cursista **Dilene Zapparoli**, sob a orientação do professor **Eduardo Carvalho da Silva Neto**. A banca examinadora foi composta pelos pesquisadores **Renata Coura Borges** e **Cassiano Augusto Rolim Bernardino**. A defesa do TCC intitulado "**Arquitetura de Terra no Vale do Paraíba – SP: Caracterização dos Solos e dos Materiais Empregados nas Técnicas de Taipa de Pilão, Pau-a-pique e Adobe**" foi iniciada às quatorze horas e teve a duração de quinze minutos de apresentação seguida da avaliação pela banca. A cursista, após avaliada pela banca examinadora, obteve o seguinte resultado:

APROVADA, devendo a cursista proceder à eventual revisão solicitada pelo supervisor e/ou pela banca, e entregar a versão final em até 15 dias à coordenação.

NÃO APROVADA.

Seropédica, 14 de julho de 2025.

Cassiano Augusto Rolim Bernardino
Primeiro Examinador

Renata Coura Borges
Segunda Examinadora

Eduardo Carvalho da Silva Neto
Presidente

Dilene Zapparoli
Cursista

(Assinado digitalmente em 22/07/2025 14:36)

EDUARDO CARVALHO DA SILVA NETO

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DeptS (12.28.01.00.00.00.33)

Matricula: ###464#9

(Assinado digitalmente em 22/07/2025 11:21)

RENATA COURA BORGES

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DeptS (12.28.01.00.00.00.33)

Matricula: ###217#8

(Assinado digitalmente em 23/07/2025 22:02)

DILENE ZAPAROLI

DISCENTE

Matricula: 2024#####9

(Assinado digitalmente em 22/07/2025 17:07)

CASSIANO AUGUSTO ROLIM BERNARDINO

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.317-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **3560**, ano: **2025**, tipo: **ATA**, data de emissão: **22/07/2025** e o código de verificação: **a2b4fe0a5f**