UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EVOLUÇÃO CRUSTAL
E RECURSOS NATURAIS

Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais
Geomorfologia e Pedogênese

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

FORMAÇÃO DE SOLOS DE SAMBAQUIS NO LITORAL SUL DO ESPÍRITO SANTO: UM ESTUDO PEDOARQUEOLÓGICO NO AMEAÇADO SÍTIO RIO PRETO 1

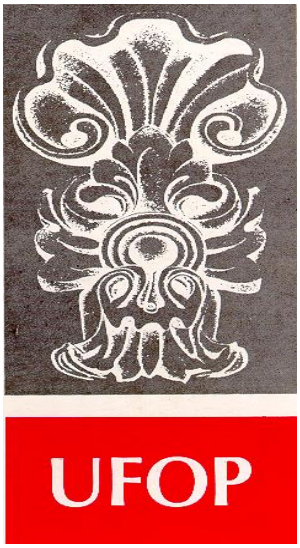
por

Angélica de Cássia Ladeira

Orientador
Fábio Soares de Oliveira
Co-orientadores
Caroline Delpupo Souza
Carlos Ernesto Gonçalves R. Schaefer

Ouro Preto
2021

FORMAÇÃO DE SOLO DE SAMBAQUI NO LITORAL SUL DO ESPÍRITO SANTO: UM ESTUDO PEDOARQUEOLÓGICO NO AMEAÇADO SÍTIO RIO PRETO 1



Reitora

Cláudia Aparecida Marliére de Lima

Vice-Reitor

Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

Renata Guerra de Sá Cota

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Issamu Endo

Vice-Diretor

Hernani Mota de Lima

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Edison Tazava

PÓS-GRADUAÇÃO · DEGEO · EM · UFOP

CONTRIBUIÇÕES ÀS CIÊNCIAS DA TERRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

FORMAÇÃO DE SOLOS DE SAMBAQUIS NO LITORAL SUL DO ESPÍRITO SANTO: UM ESTUDO PEDOARQUEOLÓGICO NO AMEAÇADO SÍTIO RIO PRETO 1

Angélica de Cássia Ladeira

Orientador

Fábio Soares de Oliveira

Co-orientadores

Caroline Delpupo Souza

Carlos Ernesto Gonçalves R. Schaefer

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito à obtenção do Título de Mestre em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Área de Concentração: Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais.

OURO PRETO

2021

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

L154f Ladeira, Angélica de Cássia.
Formação de solos de sambaquis no litoral sul do Espírito Santo [manuscrito]: um estudo pedoarqueológico no ameaçado Sítio Rio Preto 1. / Angélica de Cássia Ladeira. - 2021.
73 f.

Orientador: Prof. Fabio Soares de Oliveira.
Coorientadores: Prof. Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer, Profa. Caroline Delpupo Sousa.
Dissertação (Mestrado Acadêmico). Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Geologia. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais.
Área de Concentração: Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais – Garn.

1. Geomorfologia. 2. Sambaquis. 3. Solos - Arqueoantrossolos. 4. Geologia arqueológica - Pedoarqueologia. I. Oliveira, Fabio Soares de . II. Schaefer, Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud . III. Sousa, Caroline Delpupo . IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V. Título.

CDU 551.4:902.01

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
PROGRAMA DE POS-GRADUACAO EVOLUCAO CRUSTAL RECURSOS NATURAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

Angélica de Cássia Ladeira

Formação de solo de sambaqui no litoral sul do Espírito Santo: um estudo pedoarqueológico no ameaçado Sítio Rio Preto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Naturais

Aprovada em 30 de junho de 2021.

Membros da banca

Prof. Dr. Fábio Soares de Oliveira - Orientador(a) Universidade Federal de Minas Gerais
Prof.ª Dr.ª Angélica Fortes D. Chicarino Varajão - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof.ª Dr.ª Cristiane Valéria de Oliveira - Universidade Federal de Minas Gerais

O Prof. Dr. Fábio Soares de Oliveira, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito no Repositório Institucional da UFOP em 19/10/2021.

Documento assinado eletronicamente por **Glaucia Nascimento Queiroga**, **COORDENADOR(A) DE CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EVOLUÇÃO CRUSTAL E RECURSOS NATURAIS**, em 21/10/2021, às 17:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 , informando o código verificador **0235196** e o código CRC **E4429260**.

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: - www.ufop.br

Dedicatória

A Deus, pela vida, saúde e força para concluir essa etapa, em meio a uma pandemia caótica

Ao meu noivo Marcelo pelo amor, carinho e companheirismo.

Aos meus pais João e Fatinha pelo apoio.

A Carol e o Fábio pela oportunidade e ensinamentos.

Agradecimentos

Aos meus pais João e Fatinha pela educação e o apoio.

Às minhas irmãs, Aline e Camila que compartilharam momentos único comigo.

Aos meus sobrinhos João Victor, Maria Clara e Sófia, na qual sou apaixonada.

Ao meu noivo Marcelo, por deixar minha vida mais feliz, e sempre acreditar em mim.

Meus sinceros agradecimentos a Rosinha, Marcinho, Marcio, Naiara e principalmente Fabrício e Marcelina pelo acolhimento em Mariana.

A república Rosa Chiclete pelos bons momentos vivenciados em Ouro Preto.

Ao meu orientador Fábio Soares de Oliveira pela oportunidade e ensinamentos.

A minha coorientadora Carol Delpupo Sousa pela amizade, aprendizados e paciência que teve comigo.

Ao professor Carlos Ernesto Gonçalves R. Schaefer pelas oportunidades.

Ao professor Carlos Roberto de Campo Pires pelo apoio no trabalho de campo.

A UFOP, ao Programa de Pós-Graduação em evolução Crustal e Recursos Naturais do Departamento de Geologia, a todos professores e funcionários, em especial a Daiana a quem tanto recorri.

Aos colegas de pós-graduação pela amizade, pelos momentos de estudos, alegria.

Ao Departamento de Solos da UFV pela oportunidade de utilizar os laboratórios, principalmente o de Geoquímica, ao técnico Jorge que muito me ajudou.

A CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

Aos todos integrantes do Grupo PEDOGEO, pelos ensinamentos, experiências compartilhadas, os momentos de diversão, as conversas sobre signos e outras.

A Larissa Paraguassú por toda ajuda, amizade e apoio nos momentos difíceis.

A minha prima Alcione que me auxiliou em todo o processo seletivo para o mestrado, pela confecção do mapa.

A todos que de forma direta e indireta contribuíram com esse trabalho.

Sumário

Lista de Figuras ..... **xiv**
Lista de Tabelas ..... **xvi**
Resumo ..... **xviii**
Abstract ..... **xx**
Apresentação ..... **xxii**
CAPÍTULO 1. ..... **1**
INTRODUÇÃO **1**
1.1 - O PROBLEMA INVESTIGADO 1
1.2 - OBJETIVOS 2
1.3 - PREMISSAS 3
1.4 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE ESTUDO 3
CAPÍTULO 2. ..... **5**
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO **5**
2.1 - SAMBAQUI RIO PRETO 1 5
2.2 - GEOLOGIA 6
2.4 - GEOMORFOLOGIA 8
2.5 - CLIMA LOCAL 9
2.6 - HIDROGRAFIA LOCAL 9
2.7 - VEGETAÇÃO LOCAL 10
2.8 - SOLOS LOCAIS 10
2.9 - CARATERIZAÇÃO ARQUEOLÓGICA REGIONAL 12
CAPÍTULO 3 ..... **15**
REFERENCIAL TEÓRICO **15**
3.1 - OS HUMANOS COMO AGENTES FORMADORES DO SOLO 15
3.2 - GEOARQUEOLOGIA E PEDOARQUEOLOGIA 16
3.3 - ARQUEOANTROSSOLOS 17
3.4 - SAMBAQUIS 20
CAPÍTULO 4 ..... **23**
MATERIAL E MÉTODOS **23**
4.1 - TRABALHO DE CAMPO 23
4.1.1 - Coleta e preparo das amostras 24
4.2 - ANÁLISES LABORATORIAIS 28

4.2.1 - Análise física 28
4.2.2 - Análise química de rotina 28
4.2.3 - Análise mineralógica 29
4.2.4 - Análise química total 29
4.2.5 - Micromorfologia e microquímica 29
4.2.6 - Análise geocronológica 30
CAPÍTULO 5 31
ARCHAEO-ANTHROSOL FORMATION ON SHELL MIDDEN (SAMBAQUI) IN A FLUVIAL LANDSCAPE: A PEDOARCHAEOLOGICAL APPROACH IN THE THREATENED RIO PRETO I SITE 31
5.1 - **ABSTRACT** 31
5.2 - **INTRODUCTION** 31
5.3 - **MATERIALS AND METHODS** 33
5.3.1 - Area of study 33
5.3.2 - Soil sampling 35
5.3.3 - Analyses 36
5.4 - **RESULTS** 37
5.4.1 - Morphological and physical properties of soil 37
5.4.2 - Chemical properties 41
5.4.3 - Mineralogy of soils 45
5.4.4 - Micromorphology and microchemistry of soils 46
5.4.5 - Properties of bonfires materials 50
5.4.6 - Dating 53
5.5 - **DISCUSSION** 53
5.5.1 - Pedogenesis on the Rio Preto sambaqui I: factors and processes 53
5.4.2 - Classification of the soils from sambaqui Rio Preto I 60
5.5 - **CONCLUSIONS** 63
CAPÍTULO 6 65
CONSIDERAÇÕES FINAIS 65
Referências 68

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização da área de estudo 4

Figura 2 - Sambaqui Rio Preto 1 a) Visão do ambinte do sambaqui Rio Preto 1, onde é possivel ver a planicies de inundação, as colinas e fragmentos de vegetação b) Representação da área de topo do sambaqui. 5

Figura 3 - Fotografias representativas do Sambaqui Rio Preto 1, destacando: a) aspectos gerais do sítio, b) área do sitio impactada para extração de conchas, c-d) corte vertical com a exposição da organização estratigráfica das camadas, e - f) vestí vestígios de fogueira. Fonte: Campos 2020..... 6

Figura 4 - Mapa das unidades litológicas presentes no município de Presidente Kennedy, Espirito Santo. Elaboração da autora..... 7

Figura 5 - Mapa dos tipos de solos presentes no município de Presidente Kennedy, Espirito Santo. Elaboração da autora. Fonte dos dados: INCRA..... 11

Figura 6 - Sítios arqueológicos (a) Distribuição por estado (b) Distribuição por munícipios. Fonte: IPHAN..... 13

Figura 7 - Fluxograma geral das etapas desenvolvidas ao longo do trabalho..... 23

Figura 8 - a) Aspecto geral do P1, com seus horizontes, b) conchas muito fragmentadas e de cor escura, retiradas do horizonte Au c) conchas bem preservadas retiradas do horizonte ACu2, d) conchas fraturadas com vestígios de calcinamento retiradas do horizonte C1, e) conchas preservadas retiradas de C2, f) Perfil P1. 25

Figura 9 - Aspecto geral do P2, som seus horizontes, b) fragmentos de conchas do horizonte Au, c) conchas preservadas no horizonte C1, conchas fragmentadas e quebradas em C2, conchas calcinadas no horizonte C3, conhas preservadas no horizonte C4, conchas com pequenas fraturas e cinzas associadas no horizonte C6, h) conchas preservadas em no horizonte C7, i) e j)conchas preenchidas por material argilo-arenoso nos horizontes Ab1 e Ab2 e K) Perfil 2. 26

Figura 10 - a) Perfil onde foi coletado as fogueiras F1 e F2, b) fogueira F1 c) fogueira F2 d) concreção carbonática proveniente da fogueira com concentração de carvão. 27

Figura 11 - Location of the Rio Preto I site, southern portion of Espírito Santo state. 34

Figura 12 - Archaeostratigraphic profile of shell midden from Rio Preto I site (a) and detail of a polished lithic artifact found by the owner of the Rio Preto farm (b). Source: Lira (2018). 35

Figura 13 - Schematic representation of the morphological organization of the studied profiles, P1 and P2, highlighting the horizons, the general aspect of the conservation of the shells and the presence of remains bonfires. 38

Figura 14 - XRD of the sand fraction of the representative horizons of Profile 1 (a) and Profile 2 (b). Ar: aragonite; Ca: calcite; Qz: quartz and HAp: hydroxyapatite. 45

Figura 15 - XRD of the clay fraction from the representative horizons of Profile 1 (a) and Profile 2 (b) Ar: aragonite; Ca: calcite; Ha: halite; Ct: kaolinite; HAp: hydroxyapatite and Mag: maghemite. 46

Figura 16 - Photomicrographs representatives of the horizons: a - b) Au; c - d) ACu; e – f) C6/Ab1 transition and g – h) Ab1. cm – coarse material; fn – micromass; ppl – plane polarized light and xpl – cross-polarized light. 47

Figura 17 - XRD of the clay fraction from the representative horizons of the bonfires remains. Ar: aragonite; Ca: calcite; Ha: halite; Ct: kaolinite; HAp: hydroxyapatite and Mag: maghemite 51

Figura 18 - Buried bonfires remains photomicrographs: a - b) B1 and c - d) B2; e) Electronic microprobe microchemical mappings of Si, P, Fe, Al, Mg, S and Ca elements of B1 thin section. cm – coarse material; fn – micromass; ch – charcoal fragments; yellow dotte. ... 52

Figura 19 - Principal component analysis of the chemical properties of shell mound from Rio Preto 1 site: point distribution..... 57

Figura 20 - Principal Component Analysis of the chemical properties of shell mound from Rio Preto 1 site: weight of the analyzed parameters. 58

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Physical and morphological properties of archaeo-anthrosols from shell mound Rio Preto I. 40
Tabela 2 - Chemical properties of archaeo-anthrosols from shell midden Rio Preto I. 43
Tabela 3 - Total contents of major elements in the form of oxides determined by X-ray Fluorescence. 44
Tabela 4 -. Micromofology descriptions of thin section of soil profiles P1 and P2 horizons and Buried Bonfires B1 and B2. 48
Tabela 5 - Ages of charcoal presents in soil and buried bonfires from Rio Preto I by C14. 53
Tabela 6 - Chemical properties and respective eigenvalues, variance and accumulated variance for the two main components (PC1 and PC2) of the shell mound of Rio Preto 1. 56

Resumo

Sambaquis são formações artificiais constituídas principalmente por conchas, contendo vestígios de alimentação humana, restos de fauna terrestres, ossos de peixes, artefatos líticos e cerâmicos e às vezes sepultamentos humanos. Os sambaquis são encontrados ao longo de todo o litoral brasileiro e algumas planícies aluviais amazônicas. Construídos por grupos de caçadores-coletores, serviam principalmente como moradia e cemitério. Nos sambaquis formam-se solos enquadrados como arqueoantrossolos, cuja gênese está ligada às atividades humanas antigas. Outros arqueoantrossolos são as Terras Pretas Arqueológicas, Terra Mulata e solos sob abrigos. Este trabalho realizou um estudo pedoarqueológico para compreender a formação de solos no sambaqui Rio Preto 1 localizado no litoral sul do estado do Espírito Santo. Foram selecionados dois perfis para estudos, um no topo e outro na base do sambaqui e perfis que continham fogueiras. Foram coletadas amostras representativas de cada horizonte, além de carvão, restos de fogueiras e concreções. As amostras foram submetidas às análises químicas e físicas de rotina, fluorescência de raios-x, mineralogia por difração de raios-x, micromorfologia, microssonda eletrônica e datação por C^{14}. De acordo com os resultados, os solos do sambaqui Rio Preto 1 são pedogeneticamente pouco desenvolvidos, formados sobre o amontoado de conchas, e têm suas propriedades relacionadas tanto às atividades humanas que ali se desenvolveram, quanto aos processos pedogenéticos pós-deposicionais. Os principais fatores responsáveis pela formação do solo foram material de origem, organismos, topografia e atividade antrópica e os processos identificados foram melanização, estabilização da matéria orgânica, lessivagem, podzolização e cimentação induzida. De maneira geral, os solos apresentaram cores escuras com valor baixo, textura esquelética com predomínio da fração grossa. Quimicamente, possuem altos valores de pH, Ca, Mg, K, P e COT, assim como a expressiva participação SiO_2, Al_2O_3, P_2O_5 e $Fe_2O_{5,}$ e CuO na composição química total. Ocorrem os minerais calcita, aragonita, halita, hidroxiapatita e picos discretos de maghemita. Micromorfologicamente, ocorrem revestimentos carbonáticos e orgânicos ao redor das conchas, confirmando a migração de partículas finas. As fogueiras estudadas influenciaram nas propriedades dos solos e modificaram os substratos dos cocheiros criando núcleos de consistência dura. Os solos estudados foram classificados como NEOSSOLOS LITÓLICOS Carbonáticos "antropogênicos" pela SiBCS, *Pretic Anthrosol Orthoeutric*, *Protocalcic*, *Technoskeletic* pela WRB e Arqueoantrossolo Tâmbico, ebânico, endoêutrico, esquelético, carbonático e Arqueoantrossolo Tâmbico, cinzento, endoêutrico, esquelético, carbonático pela chave de classificação proposta por Kämpf et al (2003). O sambaqui Rio Preto 1 é, até o momento, o sambaqui mais antigo do litoral sul do Espírito Santo, com mais de 6 mil anos. Devido sua fragilidade e importância como testemunhos da história, são necessárias medidas urgentes para sua proteção e integridade, considerando que se encontra altamente ameaçado.

Palavras-Chaves: Sambaquis, arqueoantrossolos, Pedoarqueologia.

Abstract

Shell minddens are artificial formations consisting mainly of shell deposits, containing traces of human food, remains of terrestrial fauna, fish bones, artifacts and human burial. The Shell minddens are found along the entire Brazilian coast and some Amazon floodplains, built by hunter-gatherer groups, served mainly as housing and cemetery. In Shell minddens, soils framed as archeoantrossolos are formed, a term used to designate soils whose genesis is linked to ancient human activity, depending on the context of formation, they can be called archaeological black Earth, Mulatto Earth, Soils under shelters and soils of shell minddens. In order to understand the formation of archeoanthrosols developed in sambaquis, this work has as an effective objective a pedo-archaeological study that collaborates to compress the pedogenesis of archeoanthrosols of sambaquis on the southern coast of Espírito Santo. Two profiles were selected for studies, one at the top and one at the bottom of the shell and a profile that contained a fire., Terra Mulata, soils under shelters and soils of shells. In order to understand the formation of archeoanthrosols developed in sambaquis, this work has as an effective objective a pedoarchaeological study that collaborates to compress the pedogenesis of archeoanthrosols of sambaquis on the southern coast of Espírito Santo. Two profiles were selected for studies, one at the top and one at the bottom of the shell and a profile that contained a fire. Representative samples were collected from each layer, as well as charcoal, bonfires and concretions. The samples were subjected to routine chemical and physical analysis, X-ray fluorescence, mineralogy, micromorphology, microchemistry and dating. According to the results found, the soils of the Rio Preto 1 shell minddens resulted from a pedogenetic evolution over a conch heap, influenced by the integration of natural processes of soil formation and human-induced pedogenesis. The factors responsible for the formation of the soil were, source material, organisms, topography and anthropic activity and the identified processes were melanization, stabilization of organic matter, leaching, podzolization and induced cementation. In general, the soil showed dark colors, low chroma value, skeletal texture with a predominance of the coarse fraction. Chemically it presented high values of pH, Ca, Mg, K, P and TOC, as well as the expressive participation of CuO, followed by SiO2, Al2O3, P2O5 and Fe2O5. In the mineralogy detected the minerals calcite, aragonite, halite, hydroxyapatite and discrete peaks of maghemite. Micromorphologically, pedogenesis is strongly expressed by the presence of thin, organic material around the shells. The bonfires studied influenced the properties of the soil and modified the substrates of the coachmen creating cores of hard consistency. The studied soils were classified as “anthropogenic” Carbonatic NEOSOLS by SiBCS, Pretic Anthrosol Orthoeutric, Protocalcic, Technoskeletic by WRB and archaeoanthrosols Schellic, Ebanic, Endoeutric, Skeletal, Carbonatic and Arqueoantrossolo Schellic, Carbonatic, Endombic Gray. The Rio Preto 1 sambaqui is, so far, the oldest sambaqui on the south coast of Espírito Santo, due to its fragility and importance as testimonies of our prehistoric times and urgent measures are needed for its protection and integrity.

Keywords: Shell mounds, archeoanthrosols, Pedoarcheology.

Apresentação

Esta pesquisa consiste de um estudo sobre a gênese de solos num sambaqui no sul do estado do Espírito Santo. O estudo foi dividido em capítulos conforme descrito abaixo:

- Capitulo 1: apresenta o tema abordado, os objetivos do trabalho, as premissas e a localização da área de estudo.

- Capítulo 2: apresenta a caracterização da área de estudo, com destaque para a revisão dos contextos geológico e geomorfológico, bem como uma caracterização arqueológica regional.

- Capítulo 3: apresenta a fundamentação teórica que norteia a elaboração do trabalho.

- Capítulo 4: apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para a relização da pesquisa.

- Capítulo 5: apresenta os resultados obtidos, a discussão feita deles e as conclusões na forma de um artigo científico.

CAPÍTULO 1.
INTRODUÇÃO

1.1 - O PROBLEMA INVESTIGADO

Os estudos sobre a atividade humana como um fator de formação de solos vêm aumentando na atualidade, tanto sobre a pedogênese em áreas ocupadas por grupos humanos do passado, responsável pela formação dos Arqueoantrossolos, quanto pelas alterações promovidas por intervenções antrópicas recentes, configurando os Tecnossolos e os Solos Urbanos. No que compete ao primeiro tipo, destacam-se as Terras Pretas Arqueológicas, Terras Mulatas, os solos sob abrigos e solos de Sambaquis.

Sambaquis são feições superficiais constituídas por depósitos de conchas (concheiros) como vestígios da alimentação humana, além de carapaças de outros animais, utensílios e ferramentas, restos de fogueiras, entre outros. Para Corrêa (2007), são importantes produtos culturais de atividades humanas em períodos anteriores à chegada do colonizador europeu aos trópicos. Formados de maneira cumulativa, apresentam forma arredondada, semelhante a uma colina ou morro, e possuem dimensões variadas, podendo chegar a algumas dezenas de metros de diâmetro, sendo frequentemente superiores a dois metros.

Alguns sambaquis eram locais de moradia, outros incluem sepultamentos. Muitos estão localizados nas regiões de grandes baias, ao longo dos mangues, zonas estuarinas, próximos aos afloramentos rochosos costeiros e próximos ao nível do mar. Segundo Prous (1992), a localização dessas formações em relação à distância atual do nível do mar variou de acordo com as transgressões e regressões marinhas associadas às mudanças climáticas no Holoceno.

A pedogênese atuando sobre os sambaquis origina solos de inestimável valor científico e cultural. O estudo destes solos é capaz de trazer contribuição não apenas para o avanço do conhecimento na Pedologia, mas também na Arqueologia. De um lado, como destacaram Corrêa (2007) e Villagran (2012), a abordagem pedológica dos sambaquis provém informação sobre os processos de transformação pós-deposicional dos materiais que os constituem, subsidiando o entendimento do processo de ocupação, tipos de alimentação, estimando de maneira comparativa o tamanho da população, capacidade de suporte do meio, dentre outros esclarecimentos de interesse arqueológico. Na visão de Kämpf & Kern (2005), essa contribuição reside no fato de que os solos “representam verdadeiros corpos históricos”, e por isso preservam em suas propriedades sinais da interação entre as populações humanas e o ambiente.

Ao mesmo tempo, trata-se de solos que, na maioria das vezes, apresentam propriedades únicas, difíceis de serem enquadrados nos sistemas taxonômicos. Dentre tais propriedades, destacam-se coloração muito escura, teores elevados de matéria orgânica, P, Ca, Mg, entre outros, e materiais constituintes provindos de artefatos das atividades humanas

Estudos pedológicos de Arqueoantrossolos em áreas de sambaquis são mais incipientes se comparados àqueles desenvolvidos em áreas de Terras Pretas Arqueológicas (Kern 1998; Lima 2002; Glaser et al. 2001). Exemplo disso é a incapacidade do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA 2018) de incorporar estes solos, havendo apenas a distinção para tais classes em quarto nível categórico.

Muitos sambaquis têm sido recentemente descobertos, indicando algumas áreas, como o litoral do estado do Espírito Santo, como oportunas para tais estudos. Na porção norte deste estado, Villagran et al. (2018) estão desenvolvendo o projeto "Arqueologia do litoral norte do Espírito Santo: sambaquis do município de Linhares", que tem apresentado resultados muito interessantes. Antes disso, trabalhos como Serrano (1946), Salles Cunha (1959) e Orssich (1981) também fizeram menção aos sambaquis da região. Perota (1971) e Suguio et al. (1982) apresentaram informações cronológicas sobre alguns sambaquis, e Perota (1974) estudou um complexo formado por diversos sambaquis na porção central do estado. Também existem diversos relatórios de empresas de consultoria que fizeram prospecção em momentos distintos. Villagran et al. (2018) apresenta uma síntese dos estudos desenvolvidos no estado até então.

Há poucas informações sobre a atuação da pedogênese sobre os sambaquis no estado do Espírito Santo, especialmente na região sul. Estudos específicos sobre a formação de solos como um processo tafonômico pós-deposicional pode contribuir para o enriquecimento das informações sobre a ocupação humana no passado da área em específico, mas também sobre como são percebidos os estudos de gênese de solos, ampliando os horizontes da Pedologia.

1.2 - OBJETIVOS

Este estudo buscou analisar a atuação da pedogênese em um sambaqui na região sul do estado do Espírito Santo, a partir de uma abordagem pedoarqueológica. Sob uma ótica específica, buscou-se também:

- analisar as propriedades macro e micromorfólogicas, físicas, químicas e mineralógicas dos Arqueoantrossolos estudados;
- identificar os fatores e processos pedogenéticos responsáveis pela gênese dos Arqueoantrossolos;

- datar materiais orgânicos de origem pirogenética (carvões) de fogueiras presentes nos solos, e, além de apresentar sua cronologia, interpretar seu significado pedoarqueológico;
- classificar os solos analisados nos sistemas de classificação proposto por Kämpf et al. (2003), Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018); pelo World Reference Base for Soil Resources – WRB/FAO (IUSS Working Group WRB, 2015); e avaliar os limites e potencialidades de outros sistemas classificatórios para esse tipo de solo.

1.3 - PREMISSAS

Este trabalhou se orientou segundo as seguintes premissas:

- Os solos sobre os sambaquis desenvolveram-se a partir da degradação física e química do material depositado pelas atividades antropogênicas (principalmente conchas), em condições naturais associadas ao ambiente em que se encontram, mas também pelo efeito de intervenções humanas ao longo do processo de ocupação da área, como a realização de fogueiras e hábitos alimentares, preparo de alimentos e descarte de outros materiais, como ossos de peixe;
- A coloração mais escura está relacionada com a duração da ocupação do sítio, quando essa tem relação com as fogueiras e materiais carbonizados, e com o abandono do sítio, quando essa tem relação com a formação *in situ* de matéria orgânica por processos pedogenéticos;
- Existe uma relação entre a intensidade de ocupação humana no passado e a gênese dos solos desenvolvidos nos sambaquis;
- A atividade humana é considerada um sexto fator de formação de solo;
- Estudos de solos de sambaquis podem contribuir para informações paleogeográficas.

1.4 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE ESTUDO

O Sambaqui Rio Preto 1 (Figura 1) está localizado em uma área rural no município de Presidente Kennedy-ES, denominada Fazenda Rio Preto ou Bela Vista, nas coordenadas 7651026 S, 0275739 E-24 Sul. O Sambaqui Rio Preto 1 encontra-se há aproximadamente 20 km da linha da costa, estando próximo ao Rio preto, quase na sua foz, onde desagua no Rio Itabapoana, que divide os estados do Espírito Santo e Rio Janeiro. O acesso ao Sambaqui é possível pela BR-101, na altura do Posto Caju em Presidente Kennedy. Próximo ao poço, seguir por estradas de chão

até a Fazenda Rio Preto. Já o acesso ao município, a partir de Belo Horizonte é possível pela BR-101 sul, no Km 418, sentido Vitória-Campos, ou pela Rodovia do Sol, perpassando por Marataízes e, em seguida, pela ES-162.

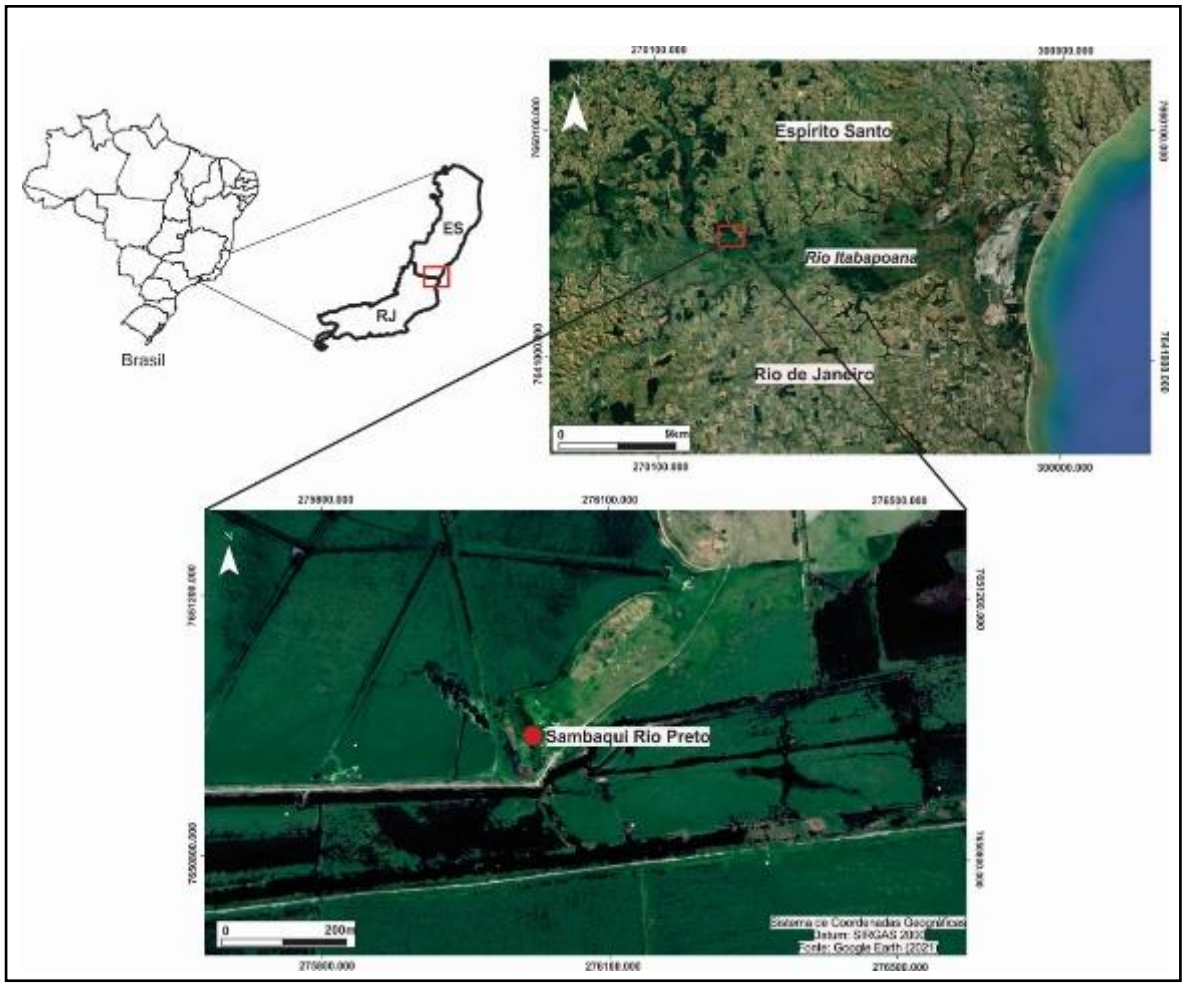


Figura 1 - Localização da área de estudo

CAPÍTULO 2.
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 - SAMBAQUI RIO PRETO 1

Sambaqui Rio Preto 1 (Figura 2) está localizado na Fazenda do Rio Preto, assentado sobre os depósitos de tabuleiros da Formação Barreiras no terço inferior da vertente de uma colina, sendo limitado por cordões arenosos pleistocênicos e a sul pela atual planície de inundação do Itabapoana (Campos 2020). E recoberto por fragmento da Mata Atlântica, próximas as áreas de pastanens e campos.

Figura 2 - Sambaqui Rio Preto 1 a) Visão do ambinte do sambaqui Rio Preto 1, onde é possivel ver a planicies de inundação, as colinas e fragmentos de vegetação b) Representação da área de topo do sambaqui.

O sambaqui é composto por conchas bivalves, contém carvão, ossos de peixes e seixos de arenitos ferruginosos e indícios de fogueiras. Apresenta-se demasiadamente impactado por ação antrópica; tem como sítios relacionados os sambaquis “Rio Preto 2” e “Rio Preto 3” (Campos 2020). O sambaqui Rio Preto 1 é o sitio mais preservado da região, porém, recentemente, após a troca de titularidade da fazenda onde se localiza, vem apresentando preocupantes sinais de alteração antrópica, sobretudo pela extração de conchas para pavimentação de estradas rurais, somando ainda o pisoteio de animal e vandalismo (Campos 2020). O desenvolvimento de pesquisa neste sítio se torna ação urgente já que certamente, sua longevidade não está garantida

Figura 3 - Fotografias representativas do Sambaqui Rio Preto 1, destacando: a) aspectos gerais do sítio, b) área do sitio impactada para extração de conchas, c-d) corte vertical com a exposição da organização estratigráfica das camadas, e - f) vestí vestígios de fogueira. Fonte: Campos 2020

2.2 - GEOLOGIA

A geologia da área de estudo, aqui representada pelo município de Presidente Kennedy (Figura 4), onde está situado o sambaqui analisado, é marcada por complexos gnáissicos e suítes intrusivas e idade neoprotorozoica a paleozoica, por terrenos cenozoicos representados pela Formação Barreiras e pela sedimentação quaternária. Isso é, trata-se de uma boa representação do contexto regional do estado.

Os complexos com paragnaisses neoproterozoicos e suítes intrusivas neoproterozoicas e paleozoicas são resultantes, conforme Mello (2017) e West (2017), do processo de amalgamento de blocos continentais durante a formação da Faixa Ribeira. Nesta área predominam rochas do Complexo Paraíba do Sul, como os gnaisses kinzigítico do Grupo São Fidélis, e o Granitoides Charnockitos das suítes Bela Joana e Desengano (Vieira & Menezes 2015).

O Grupo São Fidélis constitui o embasamento predominante na área de estudo. É definido por Tupinambá et al. (2007) com uma unidade de caráter metassedimentar, com kinzigítico com intercalações de paragnaisses, rochas calcissilicáticas, anfibolitos; sillimanita-biotita, gnaisse bandado ou homogêneos com intercalações de quartzito. Tem granulação fina a média, constituindo-se macroscopicamente de quartzo, feldspatos, biotita, granada, sillimanita e, mas raramente grafita, muscovita e clorita (Vieira & Menezes 2015).

A Suíte Desengano ocorre como um corpo localizado na porção SW de Presidente Kenedy, em meio a rochas do grupo São Fidélis. Tem na sua composição de granitos a tonalitos (Tupinambá et al. 2007; West 2017). A suíte Bela Joana ocupa uma faixa alongada na direção NE-SW, sobrepostas pelos depósitos barreiras, é formada por granitoides Charnockitos com enclaves de Granada-sillimanita gnaisse (Mello 2009).

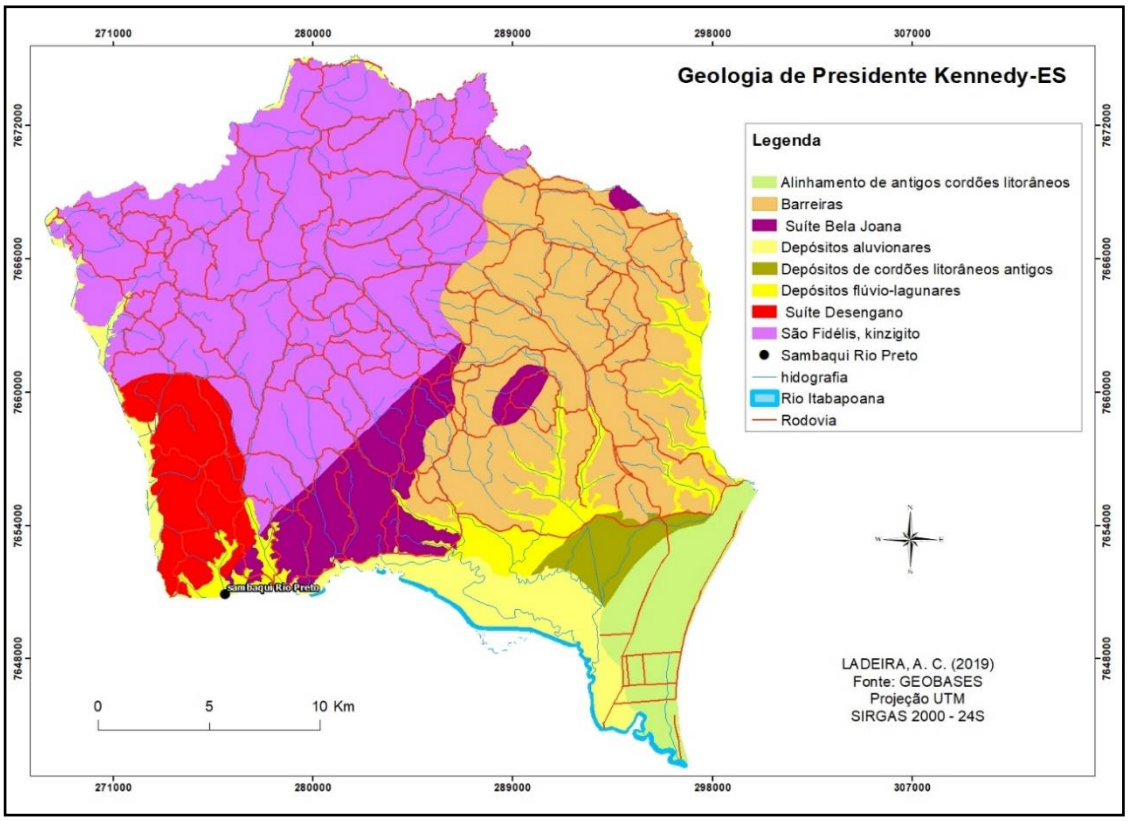


Figura 4 - Mapa das unidades litológicas presentes no município de Presidente Kennedy, Espirito Santo. Elaboração da autora.

Os depósitos cenozoicos, representados pela Formação Barreiras ocupam boa parte da área de estudo na forma de tabuleiros ou tabuleiros dissecados constituindo colinas. Ao longo do litoral, a Formação Barreiras está exposta em falésias, ativa ou não, e terrações de abração Marinha (Albino 2000; Albino et al. 2006). A Formação Barreira é interpretada de origem fluvial (Silva & Machado 2014), e alguns estudos também propõem uma origem marítima para boa parte da Formação Barreiras (Arai 2006); é constituída de uma cobertura sedimentar compostas de camadas intercaladas de argilito, siltito e arenito mal selecionadas, finos e grossos. Estas camadas apresentam cores variadas, desde vermelho, amarelo, alaranjado e branco, com presença de concreções ferruginosas (Silva & Machado 2014; Mello 2017).

Na área de estudo, ocorrem também depósitos sedimentares quaternários, do tipo aluvionares, depósitos flúvio-lagunares, de cordões litorâneos antigos e alinhamento de antigos

cordões litorâneos. Esses depósitos são caracterizados por serem formações mais recentes, com menos de um milhão de ano, acompanhando praticamente todo o litoral e às planícies de inundação do Rio Itabapoana. (Silva & Machado 2014). Os depósitos aluvionares correspondem aos sedimentos argilo-arenosos depositados pelo Rio Itabapoana (Campos 2020).

Já os depósitos flúvio-lagunares são sedimentos compostos por depósitos areno-argiloso e argilo-arenoso provenientes dos rios inseridos na planície de inundação (Vieira & Menezes 2015). Nas proximidades do Sambaqui Rio Preto 1 esses depósitos correspondem a terrenos argilosos e orgânicos do paleoestuário/paleolaguna do rio Itabapoana, constituídos por areias e argilas sobrejacentes a camadas de areias e sedimentos lamosos de fundo lagunar (Campos 2020). É neste contexto precisamente que o sambaqui está localizado.

Os depósitos de cordões litorâneos antigos e alinhamento de antigos cordões litorâneos são sedimentos arenosos e argilo-arenosode origem marinha, superficialmente brancos e comumente acastanhados em profundidade (devido à impregnação por matéria orgânica), situados nas porções mais internas das planícies costeiras (Vieira & Menezes 2015).

2.4 - GEOMORFOLOGIA

O município de Presidente Kennedy reúne um conjunto de feições associadas às colinas e maciços costeiros ao longo de toda sua porção centro-noroeste, e formas de relevo típicas da zona litorânea, incluindo tabuleiros; tabuleiros dissecados; planícies flúvio-lacustres; planícies marinhas; planícies fluviomarinhas. A caracterização de cada feição deste conjunto costeiro foi apresentada por Silva & Machado (2014) e é sintetizada a seguir.

- Tabuleiros: São caracterizados por relevos suavemente dissecados. Apresentam superfícies suave, de topos planos e alongados com vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de “U”. Exibem vertentes com com incrinação entre 0-3°, com altura de 20 a 50 m. Sobre os relevos formam-se solos espessos e drenados, podendo ocorrer processos de erosão laminar ou linear acelerada.

- Tabuleiros dissecados: são formas de relevos tabular bem dissecadaspor uma rede de drenagem com alta densidade. Apresentam vertentes retilíneas e declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecação fluvial recente. Altimetria do relevo varia de 20 a 50 m com inclinação de vertentes entre 0 e 3º e topos planos restritos. Também forma solos espessos e drenados, podendo ocorrer processos de erosão laminar ou linear acelerada.

- Planícies fluviais ou flúvio-lacustres: são representandas pelas planícies de inundação do Itabapoana, sendo cacterizadas por mangues e brejos. Essas planícies são compostas

por depósitos areno-argilosos e argilo-arenosos, apresentam um relevo nulo com baixa inclinação, periodicamente inundáveis.

- Planícies marinhas: São áreas não inundáveis, de superfície plana com amplitude de relevo até 20 m e inclinação das vertentes entre 0 e 5º. São constituídas por depósitos arenosos, caracterizado pelos terraços marinhos e cordões arenosos, formados pelo processo de sedimentação marinha/ou eólica.

- Planícies flúvio-marinhas: são áreas planas muito mal drenadas de declividade nula, composta de depósitos argilorenosos-argilosos. Desenvolve-se a partir da combinação dos depósitos continentais e marinhos, sob influência da Maré.

O sambaqui Rio Preto I está precisamente localizado nas margens de uma paleolaguna, dentro da planície de inundação do Rio Itabapoana. A área contém algumas colinas mais altas, e o sambaqui está localizado no terço inferior da vertente de uma delas. Essas colinas representam residuais de tabuleiros costeiros dissecados.

2.5 - CLIMA LOCAL

O clima da área de estudo é tropical com inverno seco, a temperatura média varia entre 22º e 24º (Alvares et al. 2014). As temperaturas dependem principalmente da atuação ou não da massa Tropical Atlântica (Antongiovanni & Coelho 2015). A massa Tropical Atlântica, de grande penetração para o interior, origina-se na região marítima quente e de temperatura homogênea do Atlântico Sul, formando ventos alísios de direção NE, que recebem seu deslocamento do oceano para o continente muito calor e umidade provenientes de superfícies liquidas (Antongiovanni & Coelho 2015). Na região do Rio Itabapoana, a precipitação média anual é entre 1000 a 1200 mm, sendo entre os meses de outubro e abril, o período de maior incidência de chuvas, e de junho e setembro, o período mais seco (Alvares et al. 2014).

2.6 - HIDROGRAFIA LOCAL

A hidrografia local é constituída pelo Rio Itabapoana, que serve de limite entre os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. O sambaqui está precisamente localizado nas margens do Rio Preto, logo na sua foz, onde desagua no Rio Itabapoana. Esse último possui, no Espírito Santo, uma área de drenagem de aproximadamente 2.696 km, abrangendo os municípios de Divino de São Lourenço, Guaçuí, São José do Calçado, Bom Jesus do Norte, Apiacá e Mimoso do Sul e

parcialmente os municípios de Dores do Rio Preto, Muqui e Presidente Kennedy (Brandão et al. 2018).

O Rio Itabapoana possui aproximadamente 264 km de extensão, e tem suas nascentes na Serra de Caparaó (MG). Inicialmente é chamado de Rio Preto, e passa a ser denominado Rio Itabapoana após a confluência com o Rio Verde. Ao Norte, os interflúvios fazem limite com a Bacia do Rio Itapemirim, ao sul com a Bacia do Rio Paraíba do Sul, à oeste com a Serra do Caparaó e com a Bacia do Rio Doce e a Leste com o Oceano Atlântico (Brandão et al. 2018).

Conforme Albino et al. (2006), o Rio Itabapoana permaneceu como sistema lagunar durante um longo período de tempo, pois foi limitado por ilhas barreiras. Isto resultou em uma enorme área de pântano que hoje é representado por cristas de praias do pleistoceno e planícies de inundação.

2.7 - VEGETAÇÃO LOCAL

No município de Presidente Kennedy, a vegetação nativa é composta pela Floresta Estacional Semidecidual, além de áreas com vegetação de influência marinha, como a restinga e os mangues. A floresta estacional está bastante alterada, tendo sido desmatada em todo o estado. Ela provavelmente ocupava algo em torno de 23% do território do Espírito Santo, e a Floresta Ombrófila Densa algo em torno de 68,5%, fazendo com que o bioma mata atlântica representasse 90% do estado (IBGE 2004; Garbin et al. 2017). Precisamente no entorno da área do sambaqui, ocorrem campos de cultivo e pastagem (Garbin et al. 2017, Brandão et al. 2018), com alguma vegetação de campos alagados ainda preservada nas áreas brejosas. No topo do sambaqui, ocorre um pequeno fragmento de Mata Atlântica.

2.8 - SOLOS LOCAIS

Os solos predominantes no município de Presidente Kennedy são Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Amarelos, Cambissolos, Espodossolos, Gleissolos, Organossolos e Neossolos Flúvicos (Figura 5). Na área onde o sambaqui está localizado, embora predominem solos hidromórficos, ocorrem também Latossolos e Argissolos nas colinas residuais, não representados pela escala do mapa da Figura 5.

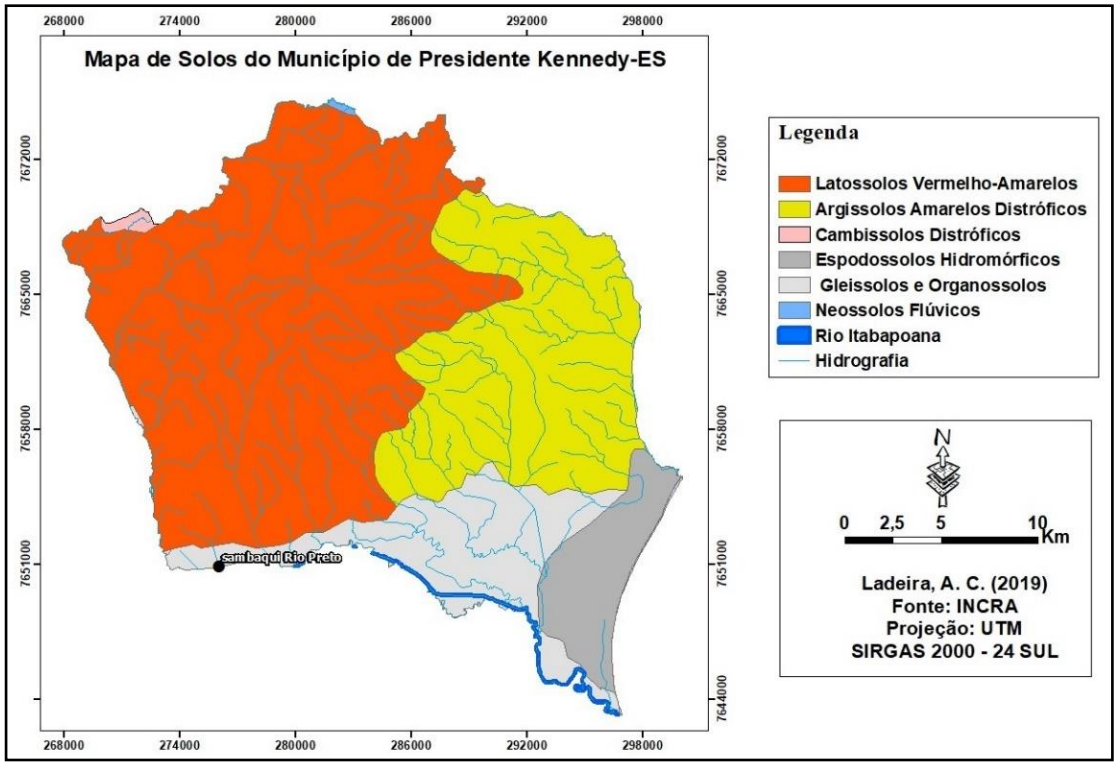


Figura 5 - Mapa dos tipos de solos presentes no município de Presidente Kennedy, Espirito Santo. Elaboração da autora. Fonte dos dados: INCRA.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos são solos que ocorre em todo território nacional e ocupam a maior parte do município, são solos maduros, bastante intemperizados e profundos, muito argilosos, bem a acentuadamente drenados, ácidos e de baixa fertilidade natural. São solos constituídos por material mineral apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura (Embrapa 2018).

Os Argissolos Amarelos são comuns nas áreas litorâneas do país desenvolvidos principalmente de sedimentos do Grupo Barreiras. São solos que apresentam horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, tipicamente de cor amarela, baixa fertilidade natural, forte a moderadamente ácidos e que podem apresentar horizontes coesos (Lani et al. 2015). Os Cambissolos são solos poucos desenvolvidos, com horizonte B do tipo incipiente, pouco espessos, ocupam as partes montanhosas e declivosas do município associados geralmente com os Latossolos, devido ao rejuvenescimento da paisagem (Lani et al. 2015).

Os Espodossolos são comumente encontrados em ambientes costeiros, seja nas áreas de restingas ou sobre os sedimentos do Barreiras, são muito arenosos, quimicamente ácidos e de baixa fertilidade natural. São solos constituído por material mineral, apresentando horizonte B

espódico, simbolizado por Bs, Bh, Bhs conforme a prevalência de acúmulo de matéria orgânica, óxidos de alumínio ou ferro que se localiza imediatamente abaixo de horizonte E, A ou horizonte hístico (Embrapa 2018). Ou seja, são solos formados pelo deslocamento em profundidade da matéria orgânica e/ou óxido de ferro alumínio do horizonte A para B, causando um horizonte claro sobre um horizonte escuro.

Os Gleissolos ocorrem associados com os organossolos, influenciados pela planície de inundação do Rio Itabapoana (Brandão et al. 2018); Os Gleissolos são poucos a mediamente desenvolvido, mal drenados e de baixa fertilidade natural, são permanentes ou periodicamente saturados por água, apresentam horizonte superficial com cores acinzentadas a pretas com espessura de 15 cm ou mais, caracterizado por redução de ferro e prevalência do estado reduzido (Embrapa 2018).

Os Organossolos são constituídos por material orgânico de origem vegetal concentrado em horizonte superficial H formado nos primeiros 100 cm a partir da superfície, presentes em várzeas extensas do vale Rio Itabapoana. Já Neossolos Flúvicos ocupam os fundos de vales do Rio Itabapoana, formado por depósitos aluviais recentes, poucos evoluídos, apresentam um horizonte A, assentado sobre camada C (Embrapa 2018).

2.9 - CARATERIZAÇÃO ARQUEOLÓGICA REGIONAL

No estado do Espírito Santo, há uma grande ocorrência de sítios arqueológicos, sendo 550 sítios registrados no Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA) do IPHAN. Esses sítios são concentrados principalmente nas regiões costeiras, sobretudo na região norte, nos municípios de Linhares, São Mateus e Conceição da Barra (Figura 6). Na região sul, poucos sítios foram registrados, mas pesquisas na região demonstram que muitos sítios ainda não foram inseridos no cadastro do IPHAN (Teixeira 2003; Campos 2020). Esses correspondem a sítios coloniais, sítios cerâmicos, sítios líticos, acampamentos conchíferos e sambaquis (Perota 1971; Teixeira 2003).

Os sítios coloniais são sítios históricos pós-colonial que incorporaram elementos da cultura europeia, quanto a matéria prima, tecnologia e morfologia, às vezes contendo estruturas monumentais como igrejas, cemitérios e praças (Perota 1971). Os sítios cerâmicos correspondem à maioria dos sítios arqueológicos registrados no Espirito Santo, localizados próximos às planícies em tabuleiros ou sobre terraços arenoso pleistocênicos. São associados às tradições Tupiguarani, Aratu e Una; apresentam restos de fogueiras, lítico lascado e polido, sepultamento humanos e acumulação de conchas e material cerâmico (Perota 1971, Perota 1992; Perota 1995; Teixeira

2003). Os sítios líticos são semelhantes aos cerâmicos com predomínio de material lítico (Perota, 1971).

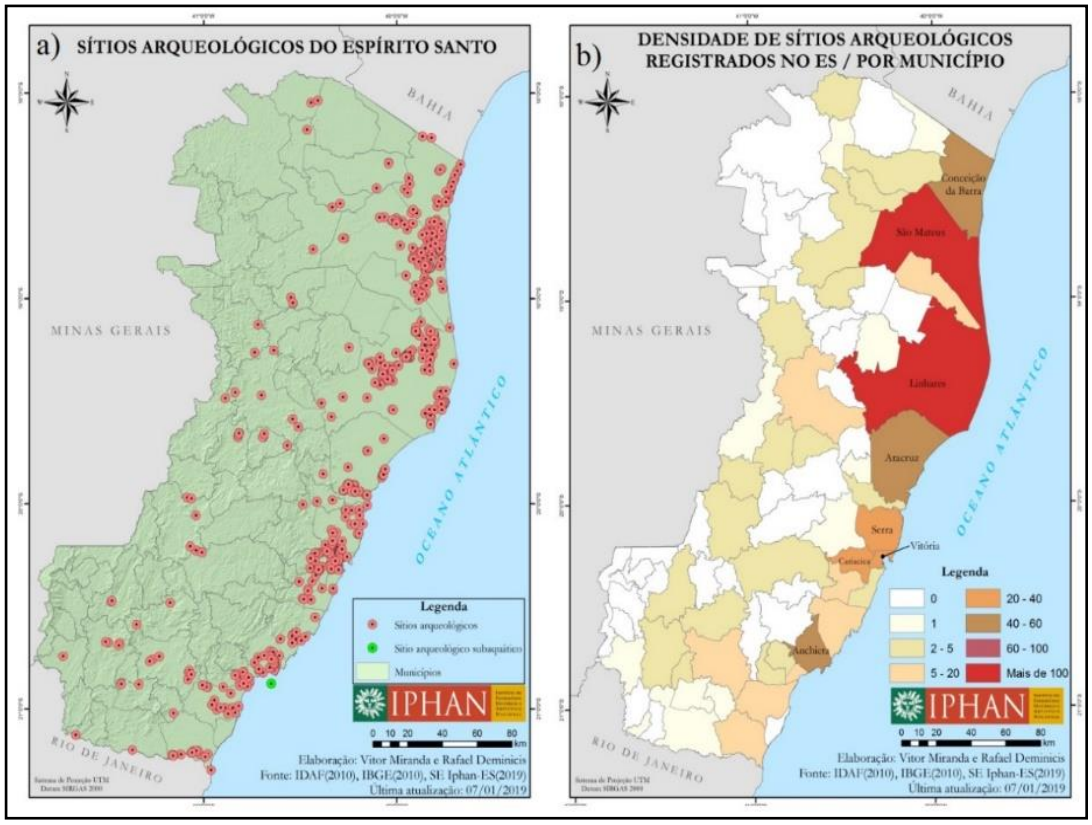


Figura 6 - Sítios arqueológicos (a) Distribuição por estado (b) Distribuição por munícipios. Fonte: IPHAN

Os acampamentos conchíferos e sambaquis são sítios arqueológicos relacionados a grupos semelhantes, os caçadores-coletores, e apresentam conteúdos faunístico e cultural parecidos. As diferenças se baseiam nas variações de altura, e no contexto geográfico de ocorrência (Perota 1971; Teixeira 2003). Os acampamentos conchíferos são frequentemente localizados em praias de mar aberto, sem destaque na paisagem, com alturas que não ultrapassam 75 cm (Teixeira 2003). Já os sambaquis são associados aos sistemas lagunares com altura que variam de 2 a 12m de altura; são constituídos de grande quantidade de restos alimentares (malacológico e ósseo), sendo os artefatos exclusivamente líticos. Dentre eles, lâminas de machado em diabásio, polidas, semi-polidas e lascadas, e lascas em quartzo não retocadas, utilizadas como faca para raspadores (Perota 1971; Teixeiras 2003).

Alguns sambaquis apresentam ocasionais fragmentos de cerâmica no topo; possuem uma fauna malacológica diversificada com predominância de *Crossostrea rhyzosphora*, *Lucina Pectinata, Corbula coribae Corbula cubaniana, Mytella Sp., Anadara notabilis, Trachycardium muricatum, Phacoides pectinatus, Pugilina morio, Bostrycapulus aculeatus, Codaria orbiculata,*

Anamolocardia brasiliana ostrea sp (Perota 1971; Cardoso et al. 2020). Possuem idades entre 3000 e 6800 AP (Suguio et al. 1982; Martin et al. 1997; Villagran et al. 2018). A Idade mais antiga foi datada no sambaqui Suruaca 20, no litoral norte do Espirito Santo, evidenciando a presença humana na região anterior ao máximo transgressivo holocênico, período que os ambientes costeiros eram constituídos de manguezais, restingas e florestas de tabuleiros (Villagran et al. 2018).

No litoral sul do Espírito Santo, há poucas informações sobre sambaquis, e muitos ficaram reconhecidos recentemente. Em Presidente Kennedy, há 9 sambaquis cadastrados (CNSA/IPHAN 2021), e diversos outros relatados, porém ainda não cadastrados ou não georreferenciados (Terra Firme Arqueologia 2010; Alves 2019). O Grupo de pesquisa do arqueólogo Carlos Roberto Pires Campos tem conduzido investigações nos sambaquis do mencionado município desde 2011, todos situados às margens da Paleoguna do Rio do Itabapoana, sendo eles sambaquis do Limão, Fazenda do Limão 1 e 2, Campinas 1 e 2, e da Aldeia e do Rio Preto 1, 2 e 3 (Alves 2017; Campos et al. 2017; Miranda & Campos; 2017; Miranda 2017; Campos et al. 2019; Caloti 2019). Lira (2018) apresentou um trabalho que discute a inserção destes sítios na paisagem através de um complexo associado ao Rio Itabapoana. No sambaqui Rio Preto 1, as investigações iniciaram em 2019 com estudos referentes a educação patrimonial (Caloti 2019), e relatório de campanha arqueológica (Campos 2020). Informações específicas do sambaqui estudado neste trabalho são apresentadas a seguir.

.

CAPÍTULO 3
REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 - OS HUMANOS COMO AGENTES FORMADORES DO SOLO

Pelo estudo de Dokuchaev, futuramente sistematizado por Jenny, o solo é formado pela interação de cinco fatores: clima, relevo, material de origem, tempo e organismos. Para Jenny, este último fator inclui também a humanidade, seja eliminando e modificando a cobertura vegetal original ou promovendo práticas agrícolas que alteram as características químicas e/ou físicas dos solos (Reetz 2017).

No entanto, Dudai et al. (2002) consideram a humanidade como sexto fator de formação do solo e afirmam que a ação antrópica sobre o solo se faz em seis condições fundamentais: os humanos provocam mudanças nas classes de solos; produzem horizontes diagnósticos; produzem novos materiais parentais; provocam distúrbios profundos no perfil dos solos; provocam mudanças na topografia original; produzem alterações na superfície dos solos. Para Drew (2010), a humanidade tem provocado impacto em diferentes aspectos sobre o meio físico, e tem alterado as características químicas e físicas dos solos naturais, criando novos solos.

Com o avanço das pesquisas pedológicas no Séc. XX, foi ficando cada vez mais claro que os humanos não podem ser desconsiderados como agentes pedológicos, uma vez que a expressão espacial dos solos alteradas por suas atividades foi se tornando cada vez mais global. Os solos formados ou modificados pela influência humana são designados como solos antrópicos, solos urbanos, depósitos tecnogênicos, antropossolos, antrossolos, tecnossolos e arqueoantrossolos. (Oliveira 1990; Peloggia 1997; Kämpf et al. 2003; Pedron et al. 2004; Bertê & Suertegaray 2004; Curcio et al. 2004, Corrêa et al. 2013; WRB/FAO 2015; Dias 2017). O conhecimento e a diferenciação destes termos são importantes para sua correta aplicação.

O termo solo antrópico refere-se aos solos modificados pelo uso intenso e continuado das atividades agrícolas, mineral e urbana (Pedron et al. 2004). Já o termo solo urbano, refere-se aos solos formados pelas atividades humanas no ambiente urbano e industrial (Pedron et al. 2004; Ladeira et al. 2012). Estes solos foram formados devido ao crescimento desordenado das cidades, intensificado pelo fenômeno da urbanização, e apresentam uma mistura de materiais como restos de construções, tijolos, borrachas, pedaços de madeiras, ferros, concretos, restos de pavimentos e materiais plásticos. Os solos urbanos podem apresentar seus horizontes removidos ou alterados, suas propriedades químicas e físicas e biológicas modificadas; podem apresentar grandes quantidades de metais pesados e sustâncias tóxicas (Pedron et al. 2004).

O termo antropossolos é uma nomenclatura que vem sendo discutida pelo SiBCS para incorporação dos solos antrópicos em nível de ordem. A primeira proposta foi feita por Curcio et al. (2004), para solos antropogênicos atuais, formados por camadas antrópicas de composição orgânica e inorgânica com espessura de, no mínimo, 40 cm. Já os depósitos tecnogênicos tratam de um conceito mais utilizado na Geologia e Geografia para solos ou depósitos construídos, induzidos ou modificados pela atividade humana. Esses depósitos são testemunhos da ação antrópica, sendo facilmente verificada sua presença no espaço urbano, principalmente na forma de aterros urbanos, lixões e aterros sanitários (Bertê & Suertegaray 2004). Segundo Peloggia (1997), estes volumes pedológicos são marcados pela tecnogênese e constituem futuros marcos estratigráficos para a análise do Antropoceno.

Os antrossolos e tecnossolos são as classes de solos antropizadas adotadas pela WRB (2015). Os antrossolos são caracterizados por solos provenientes da agricultura intensiva, adições de materiais orgânicos, irrigação e cultivo de áreas por milhares de ano. A influência humana nestes solos restringe-se normalmente ao horizonte superficial, que se desenvolve de maneira diferente conforme atividade exercida (Dias 2017). Já os Tecnossolos são solos dominados ou fortemente influenciados pela presença de artefatos e materiais artificiais (WRB 2015). Os artefatos são criados e substancialmente modificados ou trazidos à superfície por seres humanos, muitas vezes resultantes do processo industrial (Dias 2017).

Arqueoantrossolo é um termo proposto para designar solos cuja gênese está ligada às atividades humanas passadas, em contexto arqueológico, com adições de materiais orgânicos por milhares de anos, formando solos com características e propriedades diferentes dos solos do entorno. São, por exemplo, as Terras Pretas Arqueológicas, terras mulatas, solos sobre sambaquis e solos sob abrigos (Lima et al. 2002; Lehmann et al. 2003; Scheffer et al. 2004; Campos et al. 2011; Santos et al. 2018;). Esses serão melhor detalhados adiante.

3.2 - GEOARQUEOLOGIA E PEDOARQUEOLOGIA

A Geoarqueologia é uma disciplina (ou subdisciplina, para alguns) nascida a partir da conjunção de princípios e técnicas, métodos e conceitos das Ciências da Terra, ou Geociências, em estudos arqueológicos (Araujo 2018; Nowatzki 2019). Estratégias metodológicas pertencentes à Geomorfologia, Sedimentologia, Geofísica, Geocronologia, Estratigrafia, Pedologia, Geografia etc. enriquecem as análises de sítios arqueológicos, sobretudo no que diz respeito ao entendimento de sua origem, grau de interferência antrópica, identificação de modificações e perturbações ocorridas durante ou após eventos deposicionais dos elementos arqueológicos. Em outras palavras, a Geoarqueologia representa um incremento na complexidade de tais estudos, já que

auxilia na definição de limites da influência antropogênica antiga, dos processos e feições ligados aos diversos elementos do meio físico.

A Pedologia auxilia nas questões arqueológicas, já que os grupos humanos do passado deixaram, no solo, a marca do seu passado e de seus vestígios. Da mesma maneira, a história pós-deposicional dos sítios muitas vezes é marcada pela atuação de processos pedogenéticos, que ajudarão a compreender, por exemplo, a tafonomização dos registros arqueológicos e as mudanças ambientais associadas. Conforme destaca Kern (2009), o solo é um grande arquivo capaz de preservar ao longo do tempo toda sua história natural, os processos e eventos aos quais for submetido. Além disso, o solo é considerado agente síntese da paisagem (Resende 1983), que interage com o meio físico, biológico e antrópico, desenvolvendo-se espacial e temporariamente em escalas correlatas.

Logo, o estudo eficaz da gênese de solos formados em sítios arqueológicos celebra a integração entre a Pedologia e a Arqueologia (Holiday 2017), isto é, a Pedoarqueologia. Esta integração apesar de recente e incipiente, no Brasil, já contribuiu para novas concepções sobre a dinâmica de vida dos grupos humanos do passado (Kämpf & Kern 2005). A abordagem pedoarqueológica reflete a preocupação com a gênese dos solos arqueológicos, sua caracterização e classificação, e o uso dessas informações para contribuir com a compreensão da formação dos sítios e das dinâmicas da paisagem na qual ele se insere. Na sua relação com a Geoarqueologia, pode ser compreendida como sub-área dessa, ou até mesmo de maneira autônoma, considerando que mais importante que a hierarquização das áreas do conhecimento, é a busca pela integração entre seus objetos de estudo, promovendo a interdisciplinaridade.

3.3 - ARQUEOANTROSSOLOS

Como já destacado, arqueoantrossolo é um termo proposto para designar solos cuja gênese está ligada às atividades humanas do passado, que levaram à formação de solos com caraterísticas e propriedades diferentes dos solos do entorno. A influência das populações na gênese desses solos é geralmente restrita aos horizontes superficiais que se desenvolverem de maneiras diferentes conforme a atividade exercida (Kämpf & Kern 2005; Corrêa et al. 2011). Podem apresentar características físicas e químicas variadas de acordo com os fatores pedogenéticos, tipos de materiais depositados pelos humanos e características do solo natural onde ocorreu esse acúmulo (Corrêa et al. 2011).

No Brasil existem 3 principais grupos de arqueoantrossolos distribuídos em regiões diferentes, sendo eles: (i) as Terras Pretas Arqueológicas e Terras Mulatas (ii) os Sítios

Arqueológicos sob abrigos; (iii) e solos de sambaquis. Estes arqueoantrossolos apresentam como característica comum a influência antrópica em sua gênese, mas possuem diferenças marcantes entre si, pois foram ocupados por populações com costumes diferentes, que utilizavam recursos característicos de cada região, desenvolveram-se sob condições climáticas distintas e materiais de origem diversos.

O primeiro grupo de Arqueoantrossolos é a Terra Preta Arqueológica (TPAs), que são encontradas principalmente na região Amazônica, em áreas de várzeas e de terras firmes; e apresentam coloração escura e elevada fertilidade (Costa et al. 2009; Falcão et al. 2009; Schmidt 2016). As TPAs são locais de antigos assentamentos que contém artefatos culturais, materiais líticos e restos de cerâmicas, apresentam cor escura, alto pH e elevado teor de Ca, Mg, K, P e Co, resultantes de cinzas, resíduos de peixes, conchas e dejetos humanos (Kämpf & Kern 2005; Costa et al. 2009; Falcão et al. 2009; Schmidt 2016). A cor escura se deve principalmente ao material orgânico medianamente decomposto transformado em carvão, como resíduo de fogueiras domésticas e queimadas para o uso agrícola do solo (Kern & Kämpf 1989; Kämpf & Kern 2005).

Outro tipo de arqueoantrossolo são as terras mulatas, que possuem certa semelhança com as TPA's, e também são recorrentes na região amazônica (Denevan 2009). Esses solos também apresentam cor escura, conteúdo moderado de matéria orgânica, P disponível, cálcio e magnésio, e ausência de material arqueológico (Denevan 2009; Teixeiras et al. 2009; Sombroek et al. 2009). Embora menos estudados, pesquisas indicam que são formadas intencionalmente pela aplicação de resíduos humanos ou animais em assentamentos permanentes ou semipermanentes, com uso frequente de queimadas (carbonização) (Kämpf et al. 2003; Kämpf & Kern 2005; Sombroek et al. 2009).

Os arqueoantrossolo sob abrigos apresentam característica comuns com os demais arqueoantrossolos, como elevados valores de pH, Ca, Mg, Zn, Cu, P disponível, e susceptibilidade magnética, porém com uma característica singular: relativa homogeneidade em todo o perfil, inclusive em camadas consideradas estéreis pela Arqueologia, ou seja, que não permitem a separação das camadas antrópicas daquelas formadas pela pedogênese (Vasconcelos et al. 2013; Sousa et al. 2015, 2017). Além disso, geralmente não possuem horizonte A superficial e não apresenta o desenvolvimento de estrutura, sendo muitas vezes "pulverulentos", o que é atribuído a grande presença de cinzas e alto pH que pode diminuir a atividade biológica (Vasconcelos et al. 2013).

Conforme destaca Vasconcelos et al. (2013), arqueoantrossolos sob abrigo calcário apresentaram uma gênese policíclica, marcada por pronunciada alternância climática associada a distintos períodos de ocupação antrópica, que resultaram na formação de camadas aparentemente sem relação pedogenética entre si. Nos solos sob abrigos quartizíticos, Souza (2017) destaca a

origem dos arqueoantrossolos associada aos hábitos culturais das populações que viviam nesses abrigos, como a prática de sepultar os mortos e atividades relacionadas a fogueira.

O quarto grupo de arqueoantrossolos, objeto de estudo deste trabalho, são os solos de sambaquis, que mesmo apresentado diversos estudos de cunho pedológico (Villagran 2008, Bandeira 2009; Corrêa et al. 2011; Gernet 2012; Corrêa et al. 2013; Reis 2015; Silva 2018; Ladeira 2019; Lourenço 2020; Cardoso et al. 2020), ainda possuem diversas lacunas de conhecimento em relação a sua gênese, às vezes, inclusive, interpretada de maneira controversa, suscitando a necessidade de novos estudos.

Segundo Kämpf & Kern (2005), a formação do solo em sambaquis está relacionada às atividades essencialmente antrópicas, uma vez que foi desenvolvida por assentamentos (habitações) em longo prazo, com adições de resíduos domésticos; e são baseadas em construções de terra, edificação de aterros para assentamentos e sepultamentos. Esses solos resultaram da evolução pedogenética sobre um amontoado de conchas, entremeados por restos vegetais e de fogueiras depositados pelos caçadores-coletores. Apresentam uma estratigrafia de camadas bastante complexa, sendo que entre estas camadas ocorrem horizontes escuros que refletem uma dinâmica de ocupação estacional. Essa complexidade estratigráfica está em parte relacionada ao fato de que os grupos escolhiam locais diferentes dentro dos sambaquis para desenvolver suas atividades (Gernet 2012).

Os solos de sambaquis apresentam cor escura (valor baixo na escala de Munssel), pH alcalino, elevadores teores de Ca, Mg, K, Zn, Cu, Co e principalmente P (Villagrán 2008, Gernet 2012; Côrrea et al. 2013; Reis 2015; Silva 2018). Apresentam feições monticulares, com presença de conchas, restos de fogueiras, carvão, ossos e fragmentos de cerâmicas que enaltece a fertilidade desses solos (Reis 2005; Villagran 2008). Côrrea (2013) cita que arqueoantrossolos de sambaquis apresentam como principais fontes de P e Ca, os tecidos ósseos, carapaças de moluscos e espinhas de peixes, além de fontes mais prontamente disponíveis, não mais presente no solo, como conteúdos menos densos e maciços (não ósseos) de moluscos, peixes e animais terrestres.

A classificação dos arqueoantrossolos é vagamente expressa, tanto no Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, quanto na WRB e *Soil Taxonomy*, principalmente em relação à definição do horizonte diagnostico antrópico, que é reconhecido de forma genérica e apenas no quarto nível hierárquico (Soil Survey Staff 2014; Embrapa 2018). Kämpf et al. (2003) propuseram uma legenda de classificação de arqueoantrossolos (LCA), garantindo procedência classificatória para o horizonte superficial, exceto quando este horizonte se encontra soterrado por sedimentos não antropogênicos mais recentes. No seu estágio atual, a LCA é experimental e incompleta, refletindo as dificuldades e a insuficiência de informação sobre os solos. Assim, o

aperfeiçoamento da sua operacionalidade e aplicabilidade depende do apoio de seus usuários (Kämpf & Kern 2005).

Assim, estudos de caráter pedológico desenvolvidos em arqueoantrossolos fornecem informações fundamentais para o desenvolvimento da sua taxonomia, considerando que o melhor caminho seria a abordagem de tais solos, tanto no SiBCS quanto na *Soil Taxonomy*, em primeiro nível categórico.

3.4 - SAMBAQUIS

Os sambaquis foram muitos estudados por pesquisas arqueológicas, sendo abordados segundo Gaspar (2000) em três correntes, conhecidas como "naturalista", "artificialista" e "mista". Os naturalistas sustentavam que os sambaquis resultavam de fenômenos relacionados com as oscilações do mar e ação do vento. Os artificialistas defendiam que os sambaquis eram resultantes das atividades humanas e propuseram diversas explicações sobre acúmulo de restos faunísticos. Com avanços nas pesquisas, ficaram claros os indícios da ação humana no sambaqui, surgindo posteriormente a corrente mista que defendia os sambaquis uma combinação de fenômenos naturais e antrópicos (Gaspar 2000).

Os Sambaquis são sítios arqueológicos que se destacam na paisagem por apresentar um amontoado de conchas. O termo tem origem tupi e quer dizer *tamba* (marisco) e *KI* (amontoamento). Além das conchas, podem incluir moluscos, vestígios de alimentação de seres humanos, restos da fauna terrestre, ossos de peixes, sepultamento humano e cultura material Lornardos 1938; Prous 1992; Afonso & DeBlasis 1994; Gaspar 2000; Silveira & Schaan 2005; Silveira et al. 2014). Foram construídos por grupos de pescadores-coletores que viviam da pesca e da coleta de molusco, acumulando seus restos e construindo os montes (Prous 1992; Lima 2000; Scatamacchia et al. 2003).

Os sambaquis são caracterizados por sua típica forma arredondada que, em algumas regiões do Brasil, pode chegar a mais de 30 m de altura (Parellada et al. 1993; Gaspar 2000; Oliveira 2010; Cardoso 2016). Apresentam-se também em formas semelhantes a calotas, com dimensões variáveis, com a base tendo, geralmente, algumas dezenas de metros de diâmetros e altura superior a dois metros (Prous 1992). Alguns autores consideram que esses monumentos foram construídos para marcar a paisagem ocupada pelos grupos humanos (DeBasis et al. 1998, 2007).

Em muitos sambaquis são encontrados restos faunísticos, objetos líticos e cerâmicas, ossos de peixes, esqueletos humanos, estruturas de habitação como fogueiras e marcas de escadas, artefatos como pedras quebra-cocos, zoólitos, martelo, bigorna e batedores (Prous 1992; Afonso

& DeBlasis 1994; Keneip 1994; Figuti & Klokler 1996; Gaspar 1996; Lima 2000; Gaspar 2004; Tenório 2004; Silveira et al. 2005; Fonseca & Silva 2017). Esses instrumentos foram fabricados pelos povos construtores de sambaquis para obterem comida e várias outras finalidades relativas à sua sobrevivência. Certos artefatos demonstram como os sambaquis não são apenas simples resultado da acumulação dos restos alimentares, mas sim verdadeiras construções, imbuídas de intencionalidade e monumentalidade, edificadas por populações pertencentes a complexos sistemas socioculturais (Callipo 2004; Fonseca & Silva 2017).

Os sambaquis são formados por consecutivas ocupações ao longo de centenas ou milhares de anos. Em cada período de ocupação, são construídas camadas que se entrecruzam, podendo ser entrecortadas por níveis de sedimentos calcinados e carvões resultantes de fogueiras, ou mesmo de sedimentos estéreis sob o ponto de vista arqueológico (Lima 2000; Gaspar et al. 2013; Fonseca & Silva 2017). A formação desses sítios tende a obedecer a determinadas necessidades territoriais, de identidade social, alimentação, proximidade relativa de fontes de recursos e matérias primas para artefatos de coleta, transporte, pesca e caça, habitação e cerimonialismo (Fonseca & Silva 2017). Os locais preferidos para implementação dos sítios eram próximos ao mar, lagos, baias, manguezais, restingas, ilhas e afloramentos rochosos (Prous 1992; Gaspar 2000; Silveira et al. 2005).

No Brasil, a maioria dos sambaquis ocorre na costa meridional, desde o Rio Grande do Sul até o litoral do Pará e alguns contextos fluviais na Amazônia (Froés de Abreu 1932; Lima 2000; Silveira & Schaan 2005; Cardoso 2016). A ocupação por parte dos povos sambaquieiros está diretamente relacionada com a configuração da paisagem em que insere, resultante das oscilações do nível relativo do mar durante o holoceno (Prous 1992; DeBrasis et al. 2007; Villagran 2008).

Essas oscilações influenciavam na vida dos grupos de pescadores-coletores, que viviam de maneira dinâmica. Por consequência das variações ambientais, como as regressões e transgressões marinhas, muitos sambaquis podem estar submersos na atualidade. Existem registros que datam de 10.000 anos AP, e seriam os sambaquis mais antigos do Brasil, mas cujo estudo depende da aplicação de procedimento da Arqueologia Subaquática (Callipo 2004). Esses sítios viriam a contribuir para a compreensão dos momentos iniciais da ocupação sambaquieira e de seus caminhos e rotas de migração ao longo do litoral brasileiro.

Segundo Prous (1992), os testemunhos arqueológicos deixados pelos sambaquis ainda hoje expostos datam de 8.000 mil até 2.000 mil anos antes do presente (AP). Os sambaquis mais antigos até o momento do litoral brasileiro localizam-se nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Santa Catarina, sendo, respectivamente, o sambaqui Cambriu Grande, com 7,8 mil anos (Callipo

2004), e Algodão, com 8,7 mil anos (Lima 2002) e o sambaqui Caipora, com 7, 4 mil anos (Gianini et al. 2010). Sambaquis mais antigos ainda se concentram em áreas interioranas associados a contexto fluvial no estado de São Paulo e Amazonas. Estes sambaquis correspondem ao sitio Capelinha, de 10.000 anos AP (Neves et al. 2005) e o sambaqui Taperinha datado com cerca de 8.000 AP (Rossevet et al. 1991).

O fim do sistema sociocultural dos sambaquieiros ainda não é muito claro, mas deve ter ocorrido por uma combinação de fatores ambientais e culturais, como a predação antrópica dos moluscos, que teria provocado a complexa exaustão deste recurso (Villagran 2008). Outro fato possível são os impactos nos bancos de moluscos das mudanças de salinidade nos corpos de água devido às flutuações do nível relativo do mar durante o Holoceno (Callipo 2004). É possível considerar, ainda, a migração até o litoral dos grupos ceramistas dos troncos linguísticos Jê, há aproximadamente 1.500 – 100 anos, que teria posto fim, conforme Barbosa et al. (2009), ao projeto de acumulação social de conchas.

A partir do século XVI, os sambaquis foram intensamente explorados, pois eram utilizados como matéria-prima para a fabricação de cal, uso agrícola e pavimentação de estradas. Cardoso (2016) afirma que a destruição dos sambaquis brasileiros ocorreu desde o primeiro século de ocupação portuguesa e se acentuou após a expansão urbanística da década de 1960, com o crescimento das cidades cuja evolução se deu negligenciando o importante papel histórico dos sítios arqueológicos. A fim de preservar os sambaquis, diversas leis que visam a proteção de sítios arqueológicos foram criadas, como a Lei nº 3.924/6 de 26 de julho de 1961 do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), que regula a ocupação sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos.

CAPÍTULO 4
MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa envolveu as seguintes etapas: i) levantamento bibliográfico sobre os conceitos que fundamentam a pesquisa e o estado da arte dos arqueoantrossolos sobre sambaquis, ii) o levantamento de dados secundários e a produção cartográfica para a caracterização da área de estudo, iii) trabalho de campo, iv) análises laboratoriais e v) elaboração de um artigo científico a partir dos resultados. Uma visão geral de todo o processo é apresentada na (Figura 7).

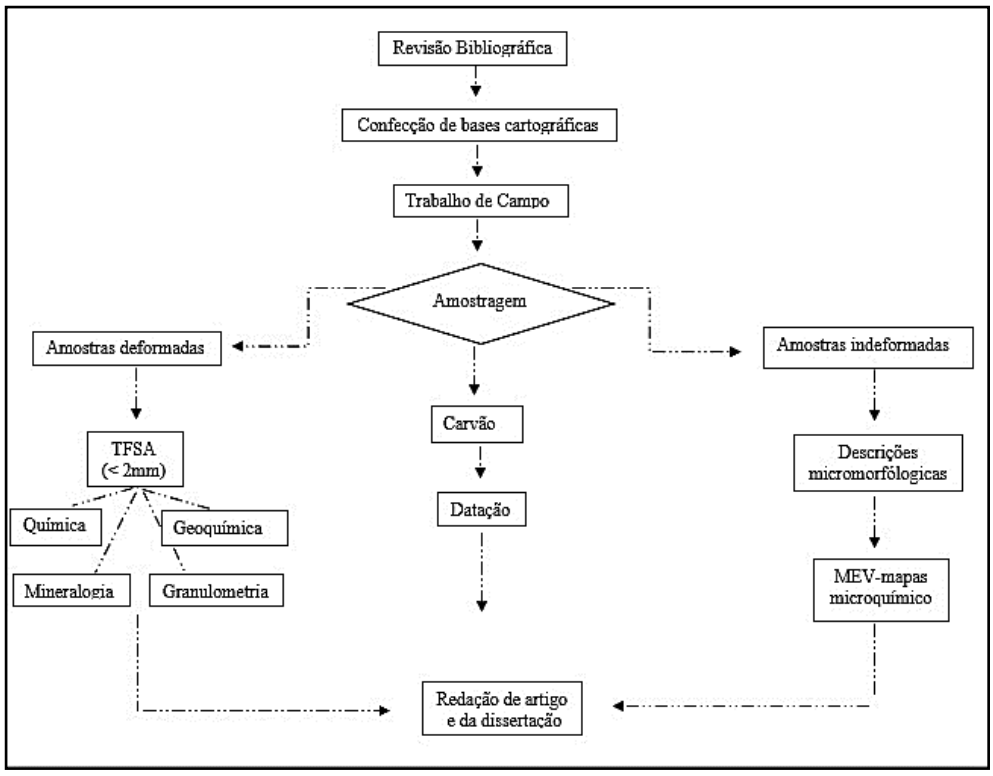


Figura 7 - Fluxograma geral das etapas desenvolvidas ao longo do trabalho.

4.1 - TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo visou o reconhecimento da área de estudo e, principalmente, a coleta de amostras. O campo foi realizado nos dias 31 de agosto e 01 de setembro, junto com a 2 expedição *Intervenção Arqueológica no Sambaqui Rio Preto 1*, coordenada pelo arqueólogo Carlos Roberto Pires Campos, professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Humanidades do Instituto Federal do Espírito Santo. A presença de um arqueólogo com autorização do IPHAN se fez necessário por se tratar de trabalho de coleta em sítio arqueológico. O Sítio Rio Preto I está em processo de registro no Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos.

4.1.1 - Coleta e preparo das amostras

Foram coletadas amostras de solos em dois perfis de solos, um no topo (P1) e outro na base (P2) do monte, coincidentes com as escavações arqueológicas. A escolha dessas porções é justificada pelo interesse em compreender se o fator topografia exerce influência na formação dos solos. A descrição morfológica dos perfis foi realizada conforme Santos et al. (2015). A cor foi determinada pela caderneta de Munsel (Munsel 2009). As amostras de cada um dos horizontes/camadas foram coletadas em volume maior que nos levantamentos pedológicos tradicionais, considerando a pouca presença, já observada em campo e posteriormente confirmada em laboratório, de TFSA (Terra fina Seca ao Ar). Esse fato fez com que alguns horizontes não pudessem ser analisados.

P1 (Figura 8) é representativo do topo do sambaqui (Coordenada UTM 0275730 / 7650991). O P1 apresenta 100 cm de profundidade, a descrição e coleta foi realizado até 45 cm, pois o perfil estava muito instável a partir desta profundidade. De toda maneira, entre 40 e 100^{+} cm o perfil apresentava certa homogeneidade, sendo composto basicamente por conchas grandes, pouco fragmentadas, soltas e com muito pouco material fino. Ao longo do perfil havia presença de raízes grossas intercaladas com raízes finas que se aprofundavam no perfil, com raízes médias comuns até 80 cm, raízes grossas raras até 80^{+} cm, e abundância de raízes finas até 15 cm.

P2 (Figura 9) é representativo da base do sambaqui (Coordenada UTM 0275739 / 7651026). O perfil possui 110 cm de profundidade, sendo dividido em nove horizontes. O perfil apresenta apenas raízes finas a médias, concentradas na superfície, com quantidade variando de poucas a comuns. Este perfil teve todos os seus horizontes descritos e coletados, mas alguns com quantidade de TFSA insuficiente para algumas análises.

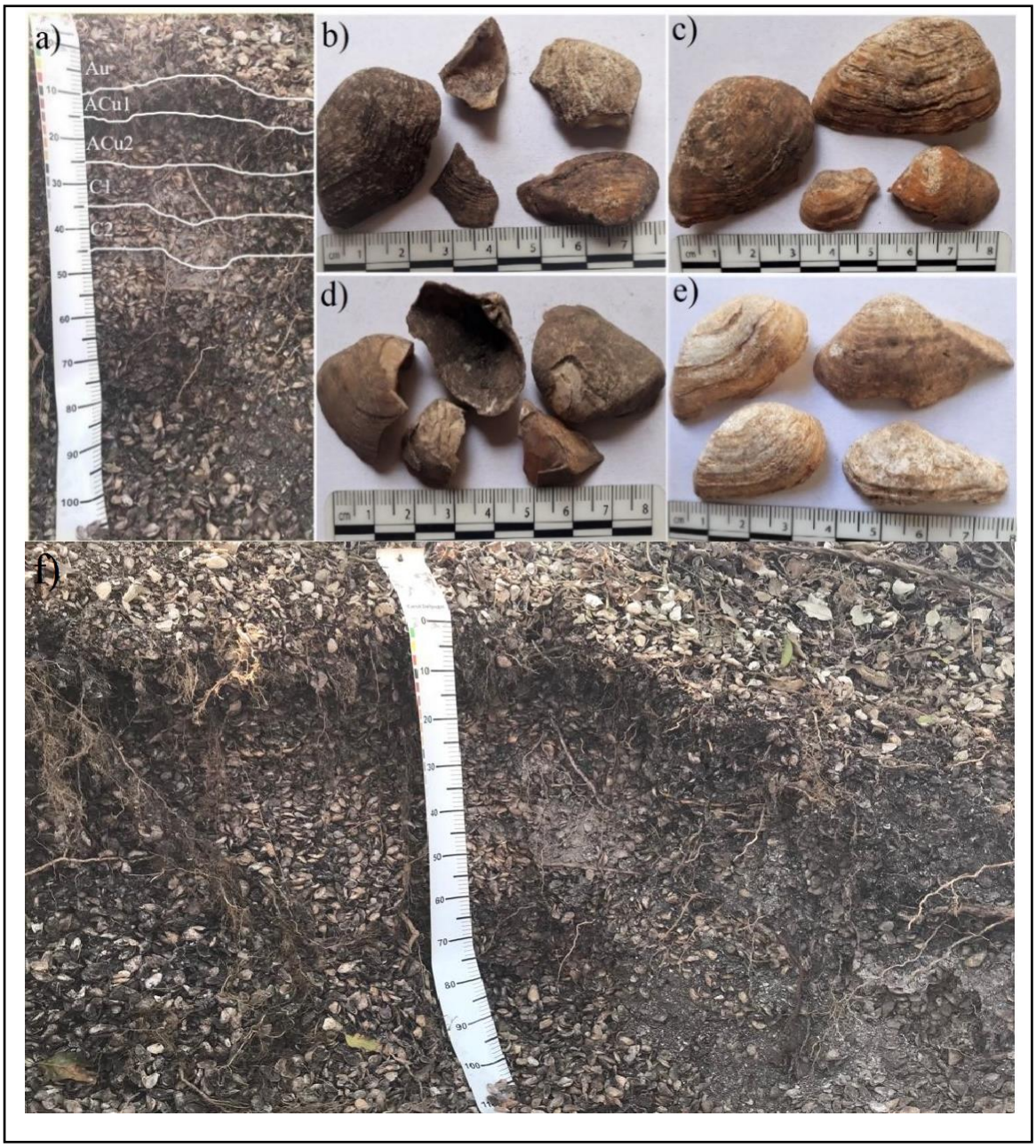


Figura 8 - a) Aspecto geral do P1, com seus horizontes, b) conchas muito fragmentadas e de cor escura, retiradas do horizonte Au c) conchas bem preservadas retiradas do horizonte ACu2, d) conchas fraturadas com vestígios de calcinamento retiradas do horizonte C1, e) conchas preservadas retiradas de C2, f) Perfil P1.

Figura 9 - Aspecto geral do P2, som seus horizontes, b) fragmentos de conchas do horizonte Au, c) conchas preservadas no horizonte C1, conchas fragmentadas e quebradas em C2, conchas calcinadas no horizonte C3, conhas preservadas no horizonte C4, conchas com pequenas fraturas e cinzas associadas no horizonte C6, h) conchas preservadas em no horizonte C7, i) e j)conchas preenchidas por material argilo-arenoso nos horizontes Ab1 e Ab2 e K) Perfil 2.

Além dos horizontes nos perfis P1 e P2, um terceiro perfil P3 (Figura 10) foi selecionado para o estudo das estruturas de combustão (fogueiras). Considerando a estrutura do monte, este perfil está situado numa posição intermediária em relação aos anteriores, e apresenta restos de uma fogueira a 190 cm (F1) e de outra a 40 cm de profundidade. O estudo focado nessas fogueiras é justificado pelo interesse cronológico, mas também por compreender o papel dessas estruturas na pedogênese. Foram coletadas amostras deformadas, indeformadas e fragmentos de carvão nas duas fogueiras, e em mais uma terceira, localizada a 85 cm no P2.

Na preparação em laboratório, as amostras deformadas foram secas ao ar, peneiradas em malha de 2 mm e pesadas, constituindo a TFSA. Amostras indeformadas foram secas em estufa e enviadas para laminação, elaboradas por impregnação com resina de poliéster de acordo com Filizola e Gomes (2009). Fragmentos de carvão foram mantidos como testemunhos, sem qualquer contato com material de natureza orgânica, para posteriores determinações geocronológicas.

Figura 10 - a) Perfil onde foi coletado as fogueiras F1 e F2, b) fogueira F1 c) fogueira F2 d) concreção carbonática proveniente da fogueira com concentração de carvão.

4.2 - ANÁLISES LABORATORIAIS

4.2.1 - Análise física

A análise física foi realizada no Laboratório de Física do Departamento de Solos-UFV. Na determinação granulométrica empregou-se a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01 $mol.L^{-1}$; seguida de dispersão mecânica com utilização de agitação lenta de 50 rpm por 16 h (Ruiz 2005). As frações areia grossa (0,2 - 2 mm) e areia fina (0,05 - 0,2 mm) foram obtidas por tamisação, a fração argila (< 0,002 mm) foi determinada por pesagem por amostra obtida utilizando o método da pipeta (Leis de Stokes), e a fração silte (0,002 - 0,05 mm) foi obtida por diferença. As classes texturais foram determinadas utilizando o triangulo textural de acordo com Santos et al. (2015).

4.2.2 - Análise química de rotina

A análise química foi realizada no Laboratório de Rotina do Departamento de Solos-UFV, de acordo com os métodos descritos por Embrapa (2017) sendo: o pH em água foi medido com eletrodo de vidro, em suspensão solo:água na proporção 1:2,5. Os cátions trocáveis Al^{3+}, Ca^{2+} e Mg^{2+} foram extraídos em solução por KCl 1 $mol.L^{-1}$ e quantificados por espectrometria de absorção atômica; Os teores de Na^{+} e K^{+} foram extraídos com a solução Mehlich-1 (HCl 0,05 $mol.L^{-1}$ e H2SO4 0,0125 $mol.L^{-1}$) e quantificados por espectrometria de chama). O fósforo disponível (P) foi extraído com a solução Mehlich-1 e quantificado em espectrômetro UV-VIS, na presença de ácido ascórbico.

A acidez potencial (H+Al), foi extraída com acetato de cálcio 1 $mol.L^{-1}$, a pH 7,0, e quantificada por titulometria com NaOH (0,025 $mol.L^{-1}$). A extração de Zn, Mn, Fe e Cu disponíveis foi feita com extrator Mehlich1 e quantificado em espectrômetro UV-VIS. O equivalente de carbonato de cálcio foi determinado por ataque das amostras com excesso de solução padrão de HCl, e titulação do excesso de ácido com solução de NaOH padrão. A diferença entre o número de moles adicionados e os titulados representa o percentual de $CaCO_3$ na amostra. O carbono orgânico total (COT) foi determinado conforme o método adaptado de Yeomnas & Bremner (1998).

A partir dos resultados de Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, H^{+} e $Al3^{+}$, foram calculados SB = (Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}); a CTC a pH 7 (T) = SB + (H^{+} + $Al3^{+}$), a CTC efetiva (t) = SB + ($Al3^{+}$), a saturação por bases (V %) = SBx100/T e saturação por Al^{3+} (m%) = Al^{3+} x 100/ t conforme Embrapa (2017).

4.2.3 - Análise mineralógica

As frações do solo foram separadas para a leitura da Difratometria de Raio-X (DRX). Primeiro foi realizado um pré-tratamento para remoção da matéria orgânica com solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a pH 9.5, em seguida, foi realizado a separação das frações granulométricas. A fração areia foi retida em peneira de malha 0,05 mm e as frações silte e argila foram recolhidas em proveta de 1000 ml e separadas com base na lei de Stockes, após serem dispersas com a mistura da solução de NaOH 1 $mol.L^{-1}$ + hexametafosfato de sódio.

Com as frações separadas, foram preparadas lâminas em pó para serem analisadas em difratômetro PanalyticalX'Pert PRO (radiação CoKα) entre 4 e 50 ° 2θ, a uma velocidade de varredura de 0,1 ° $2\theta sec^{-1}$, trabalhando com um potencial de 40 kV e um corrente de 40 mA com tubo de ânodo de cobalto. Os difratogramas foram interpretados no Software X'Pert HighScore Plus e Plus e na tabela proposta por Chen (1977). Estas análises foram realizadas no Laboratório de Mineralogia, e no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Solos (UFV).

4.2.4 - Análise química total

Para obtenção da análise geoquímica da TFSA foi feita análise química multielementar através da técnica de Fluorescência de Raio-X (FRX). Para tal, 2g de TFSA foi passada em peneira granulométrica de aço inox com abertura de 200 mesch, destas, aproximadamente 1,5g foi prensada (4 $t.cm^{-2}$ por 3 min) em prensa hidráulica para a confecção de pastilhas com 2 mm de altura. As pastilhas foram acomodadas em gabaritos e então submetidas a FRX em um espectrômetro de microfluorescência de raios-X por energia dispersiva (μ-EDX-1300, Shimadzu, Kyoto, Japão) do Departamento de Solos da UFV.

A quantificação dos elementos químicos presentes nas amostras, foi realizada pelo método semi-quantitativo, Para a calibração do equipamento foi utilizada uma amostra de referência de solo do NIST, Soil II Montana (2711a), obtendo-se os coeficientes de sensibilidade do equipamento para cada elemento químico, sendo este Si, Al, Fe, Ca K, Mg, Na, Ti, As, Co, Cr, Cu, Hg, Mn Ni, P, Pb, Sb Sc, Sm, Sr, Th, U, V, Zn, Zr, S, Cl, C. Os teores foram reportados em óxidos.

4.2.5 - Micromorfologia e microquímica

Foram coletadas amostras indeformadas para confecção de lâminas delgadas, observadas por um microscópio petrográfico da marca Zeis segundo recomendações de Stoops (2003) e Catro e Cooper (2019). Seções finas nas lâminas foram selecionadas para análise em Microscópio

Eletrônico de Varredura (MEV) e posterior mapeamento microquímico pela espectroscopia de raios-X por dispersão de energia (EDS), 24 modelo JSM-5510, do Laboratório Microlab do Departamento de Geologia da UFOP. As condições de leituras foram feitas usando acelerações de de 0.5 a 30kV. EDS foi usado para obter mapas microquímicos e análises de fontes pontuais. Os seguintes elementos foram analisados: Si, C, P, K, Fe, Mn, K e Ca.

4.2.6 - Análise geocronológica

Três amostras de carvão foram selecionadas e coletadas para análises geocronológicas (datação por C^{14}), sendo duas amostras retiradas no Perfil 3 (topo e base). E uma terceira amostra de carvão, na base do perfil 1. Análises geocronológicas foram efetuadas no laboratório Beta Analytic em Miami, Florida, USA.

Segundo especificações fornecidas pelo laboratório, o método utilizado foi o AMS(espectrometria de massa com aceleradores). Inicialmente as amostras foram submetidas a pré-tratamentos para eliminação de carbonato, a técnica AMS consiste em transformar as amostras em grafite a partir de uma combustão a mais de 800ºC em atmosfera de 100% oxigênio em catalisador de cobalto. O produto desta queima é o CO_2, que é reduzido a grafite em reação com hidrogênio. Os dados analíticos da datação são obtidos comparando-se as relações C14/C13 em relação ao C14/C13 em ácido oxálico II (NIST-4990C). As idades foram calibradas usando o programa OxCal, utilizando para a amostra de carvão a curva SHCal20 **(**Bronk Ramsey 2020).

4.2.7 - Análises estatísticas

Os tratamentos estatísticos das propriedades químicas dos solos analisados foram realizados no *software* Minitab® 19 e envolveram três etapas, a saber: i) teste de normalidade Anderson-Darling; ii) teste ANOVA (Análise de Variância) para dados normais e teste de Kruskal-Wallis para os dados paramétricos e; iii) análises de componentes principais (*Principal Component Analysis* – PCA) para a discriminação dos perfis/horizontes amostrados.

4.2.8 - Classificação de solo

Os perfis de solo foram classificados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 2018); e *World Reference Base* (WRB) (IUSS Working Group WRB, 2015) e segundo a legenda de classificação de arqueoantrossolo proposta por Kämpf et al. (2003). Tal proposta vem sendo frequentemente utilizada para classificar solos antrópicos antigos, pois organiza as muitas variedades desses solos em grupo (classes) conforme sua similaridade e critérios baseado em propriedades do solo observáveis (morfologia) ou mensuráveis (químicas e físicas)

CAPÍTULO 5

ARCHAEO-ANTHROSOL FORMATION ON SHELL MIDDEN (SAMBAQUI) IN A FLUVIAL LANDSCAPE: A PEDOARCHAEOLOGICAL APPROACH IN THE THREATENED RIO PRETO I SITE

5.1 - ABSTRACT

Shell middens (sambaquis) are artificial formations made up of shells, with traces of human food, remains of terrestrial fauna, fish bones, lithic and ceramic artifacts and sometimes human burials, found along the entire Brazilian coast and Amazon floodplains. This work carried out a pedoarchaeological study to understand the formation of soils on shell middens from southern coast of the Espírito Santo state. Standard chemical and physical analysis, X-ray fluorescence , X-ray diffraction mineralogy, micromorphology, electron microprobe and C^{14} dating were performed. According to the results, the soils of the Rio Preto 1 sambaqui are poorly developed, formed on the heap of shells, and have their properties related both to ancient human activities and to post-depositional pedogenetic processes. The main factors responsible for soil formation were parental material, organisms, topography and ancient anthropic activity. The pedogenetic processes identify were melanization, organic matter stabilization, leaching, podzolization and induced cementation. The Rio Preto 1 is, so far, the oldest sambaqui on the south coast of Espírito Santo state, with more than 6,000 years. Due to its fragility and importance as witnesses to human history, urgent measures are needed for its protection and integrity, considering that it is highly threatened.

KEYWORDS: archaeological soils, geoarchaeology, Itabapoana River, soil micromorphology, buried bonfires, radiocarbon dating

5.2 - INTRODUCTION

Along the Brazilian coast and in some Amazonian floodplains, there are several shell deposits with traces of human occupation known as shell middens or *sambaquis* (Rostain 2017). Its spelling derives from *tamba* (shellfish) and *ki* (heap), which are *tupi* denominations, and is formed by the artificial accumulation of mollusk shells, food traces, remains of terrestrial fauna, fish bones, human burial and culture material (Prous 1992; Gaspar 2000).

Shell middens represent intentional interventions in the landscape (Gaspar 2000), built by pre-colonial communities that lived off fishing and collecting between 8,000 and 2,000 years ago (Prous 1992). Characterized by their typical rounded shape, with variable dimensions, they can reach more than 30 meters in height in some regions of Brazil (Oliveira 2010; Cardoso 2016; Gaspar 2000). They are found near the sea, lakes, bays, mangroves, *restingas*, islands and rock outcrops, places that guaranteed the obtaining of food and the maintenance of the sambaquieiros' life style (Prous 1992; Gaspar 2000; Silveira and Schaan 2005).

In the last few years the number of studies on the formation of soils in archaeological sites related to the occupation of sambaquieiro peoples in Brazil has increased (Corrêa et al. 2011; Teixeira et al. 2012; Corrêa et al. 2013; Gernet 2013; Reis 2015; Silva 2018; Lourenço 2020; Cardoso et al. 2020). Such soils can be classified as archaeo-anthrosol, a term used to designate soils whose genesis is linked to ancient human activities and depending on their context of formation can also be called Archaeological Dark Earths, Mulata Earths (Terras Mulatas), soils under shelters and sambaqui soils. The transformation of some added anthropic materials, such as human waste, fish bones, shells, ashes, among others; confer to these soils anomalous pedochemical properties (Kampf and Kern 2005).

Despite recent advances, little is known about the action of pedogenetic processes and the origin of soils on sambaquis. Such knowledge gaps derive mainly from the scarcity of information and data on the properties of these soils on a national scale, covering all the diversity of environments, nature and density of occupation in which they occur. Considering their properties, it is known that such soils have a dark color (low Munsell value), alkaline pH, high contents of exchangeable Ca, Mg, K, Zn, Cu, Co, substantial organic matter content (pedogenetic and pyrogenetics) and mainly high availability of P (Villagrán 2008; Corrêa et al. 2011; Teixeira et al. 2012; Gernet 2013; Reis 2015; Silva 2018, Lourenço 2020). In addition to the typical mound morphology already mentioned, the sambaquis soils can also present traces of fires, charcoal, bones and ceramic fragments, materials that increase their natural fertility (Villagrán 2008; Reis 2015).

The taxonomic classification of soils on sambaquis was also little explored (Corrêa et al. 2011; Teixeira et al. 2012). Due to the difficulty of classifying such soils in the Brazilian Soil Classification System (Embrapa 2018), FAO System (IUSS Working Group WRB 2015) and *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff 2014), Kampf and Kern (2005) proposed an exclusive system to Archaeo-anthrosols. However, even this system addresses the Archaeological Black Earth in greater depth, because of the large volume of work developed in them (Lehmann et al. 2003; Lima et al. 2002; Campos et al. 2011; Santos et al. 2018; Schaefer et al. 2004).

The southern coast of Espírito Santo state in southeastern Brazil has a high occurrence of sambaquis, many of them were recently discovered (IPHAN 2021a). Although the region has great archaeological interest (GIANNINI et al. 2013; Campos et al. 2017; Miranda and Campos 2017; Campos et al. 2019; Perota 1995; Perota et al., 1992; Caloti 2019; Miranda 2017; Alves 2017), only two pedoarchaeological activities were developed in the region, both in the municipality of Guarapari (Ladeira et al. 2019; Cardoso et al. 2020).

Pedoarchaeological approaches are conceived when methods and techniques from Pedology and Archaeology are employed in the study of the genesis of ancient anthropic soils. Such studies can support the understanding of the past communities ways of occupation, since soil is a large archive capable of preserving in its properties parts of the processes and events to which it was submitted (Kern 2009). Despite being recent and incipient in Brazil this integration has already contributed to new conceptions about the dynamics of life of pre-contact peoples (Kämpf and Kern 2005), in addition to expanding the concept and studies of soil genesis in Pedology.

It was carried out in this work a pedoarchaeological study to understand the genesis of Archaeo-anthrosols associated with sambaquis on the southern coast of Espírito Santo in a typically tropical domain. Rio Preto I site was selected for that, located in the lower course of the Itabapoana River, which is formed by a complex of archaeological sites, eight of which are registered (IPHAN 2021b) and several others reported, but not yet registered or not georeferenced (Terra Firme 2010; Caloti 2019). Although this site is one of the most preserved in the region, nowadays after a change of ownership of the farm is located there has been degradation by the extraction of shells for paving rural roads (Cardoso 2016; Caloti 2019). Researches that can support the conservation of this site is urgent as it is currently under threat.

5.3 - MATERIALS AND METHODS

5.3.1 - Area of study

The Rio Preto I sambaqui is located at Rio Preto Farm (central coordinates UTM 0275739 / 7651026), belongs to the municipality of Presidente Kennedy-ES, exactly on the border between the states of Espírito Santo and Rio Janeiro, in the region of the lower Itabapoana River (Figure 11). The region's climate is defined as Aw with dry winter and rainy summer; annual precipitation is around 1000 mm and average annual temperature 23 ºC (Albino et al. 2006). The vegetation cover of the site area comprises seasonal semi-

deciduous forest (Atlantic forest) and halomorphic in herbaceous and shrubby vegetation called *restinga* (Garbin et al. 2017).

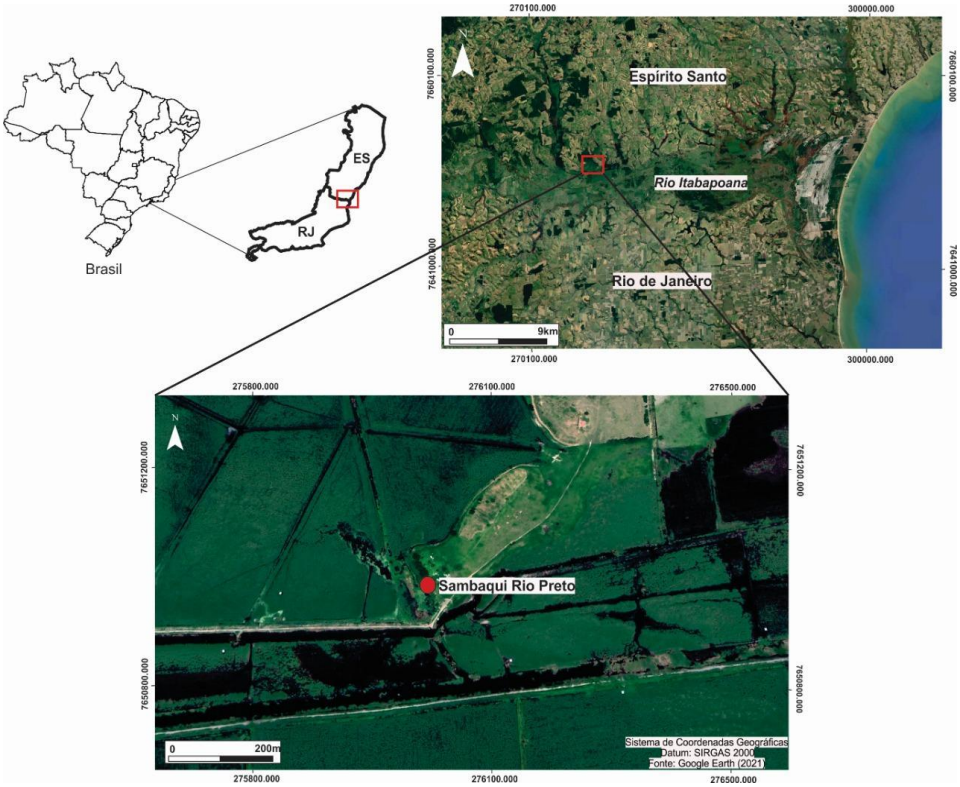


Figura 11 - Location of the Rio Preto I site, southern portion of Espírito Santo state.

The sambaqui under study is inserted in the fluvial laky floodplain of the Itabapoana River (Silva and Machado 2014), in a possible paleolagoon**,** intersected by dissected outcropping coastal plateaus and framed by broad and smooth hills. The region is structured by a Neoproterozoic basement of the Ribeira Belt constituted by orthogneisses and granitoids; and Cenozoic sedimentary units of the Barreiras Formation and by continental quaternary sediments (Silva and Machado 2014).

The Rio Preto I sambaqui is formed by a set of shells of the species *Erodona mactroides* and *Anomalocardia sp.* (Campos 2020), of medium size (2 to 8 cm), which the total area consists of approximately 350 m^2, being approximately 6 m high and 30 m in circumference. When compared to other sites where pedoarchaeological studies were carried out in Brazil (Reis 2015; Gernet 2013; Silva 2018; Villagran 2008; Lourenço 2020; Bandeira et al. 2009; Cardoso et al. 2020), it presents a smaller stratigraphy complexity, mainly in relation to the lesser diversity of its constituent materials.

Remnants of ancient human occupation are restricted to the thick layers of shells of bivalve organisms. No bones, pottery or lithic materials were identified, although there are reports that a lithic artifact was found by the owners of the farm in an old intervention (Lira 2018; Figure 12). From an archaeological view, they would be sterile layers, without cultural materials. These shells are not very fragmented, and very loose. The low level of shell fragmentation may indicate little cumulative effect of bioturbation (Lira 2018).

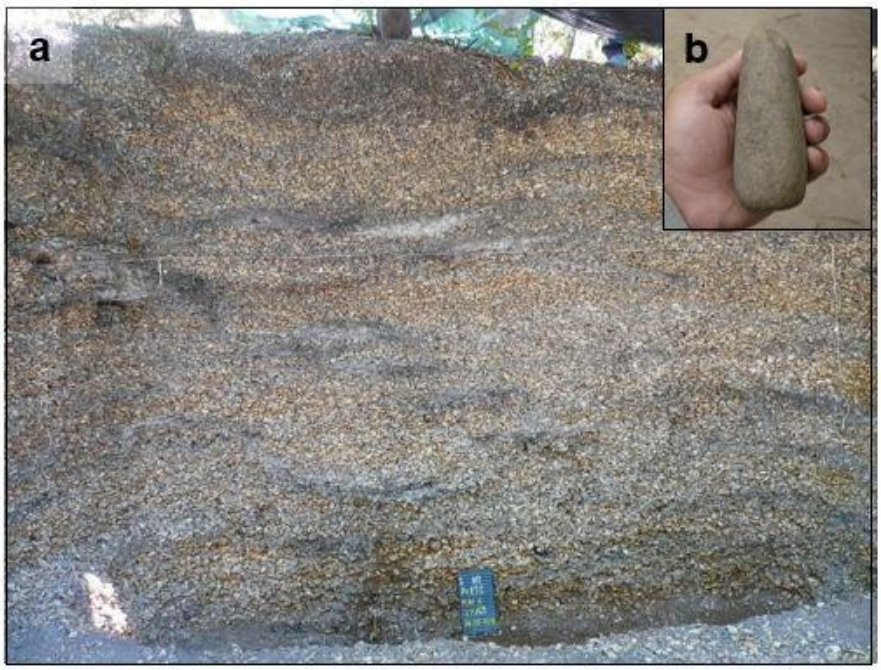


Figura 12 - Archaeostratigraphic profile of shell midden from Rio Preto I site (a) and detail of a polished lithic artifact found by the owner of the Rio Preto farm (b). Source: Lira (2018).

Despite the loose structure of the Rio Preto I sambaqui, the presence of strongly cemented cores is not uncommon, arranged in the form of lamellae of dark (charcoal) and gray materials. This is because it is common to have the presence of combustion structures (remains of bonfires made up of ashes and charcoals) interspersed with the shells. A similar structure was reported by Villagrán (2008) in sambaqui sites, in northern Espírito Santo. The great density of bonfires was interpreted as an indicator of longer permanence of human groups in the place, which could even be a habitation site (Lira 2018).

5.3.2 - Soil sampling

The fieldwork was carried out in August 2019 during the expedition of "Archaeological Intervention in the Rio Preto Sambaqui", coordinated by the archaeologist Dr. Carlos Roberto

Pires Campos. Rio Preto I site is in the process of being registered in the National Register of Archaeological Sites and the data generated by this work supported the submission of the registration request.

Two soil profiles were selected for this study, one at the top (P1) and the other at the edge of the sambaqui (P2). In addition, two bonfires remains were collected in a third profile (B1 and B2). The collections were carried out with reference to the archaeostratigraphic work made by archaeologists in the same fieldwork, associated with pedological features of interest to this study. Morphological descriptions were performed according to Santos et al. (2015), with the collection of samples in each horizon/layer performed in a volume two or three times greater than in traditional pedological surveys, due to the low amount of material with a particle size of less than 2 mm, required for the analysis. In addition to the representative samples of each horizon/layer, samples of charcoals, bonfires and carbonate concretions were collected. Undisturbed samples of features of interest were also collected to carrying out thin sections.

The deformed samples were air-dried, disaggregated and passed through a 2 mm sieve, obtaining the air-dried soil. Undisturbed samples were dried in an oven and sent for lamination. Charcoal fragments were kept as cores, without any contact with material of an organic nature, for further geochronological analysis.

5.3.3 - Analyses

The granulometric composition was determined by sieving (sand fraction) and selective decantation calculated by Stokes' law, after chemical dispersion with a 0.01 mol/L sodium hexametaphosphate solution; and mechanical dispersion with slow orbital agitation at 50 rpm, for 16 h (Embrapa 2017). The color of dry soil was determined by the Munsell Color Charts (Munsell 1992). Physical analyzes were performed at the Soil Physics Laboratory of the Soil Department (DPS) of the Federal University of Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brazil.

The chemical analyzes were carried out according to Embrapa (2017). The pH in water was determined in a soil:water suspension, at a ratio of 1:2.5, after manual agitation. The exchangeable cations $Al^{3+,}$ Ca^{2+} and Mg^{2+} were extracted in a 1 mol/L KCl solution; and Na^{+}, K^{+}, available P and micronutrients, in Mehlich-1. Al^{3+}, Ca^{2+} and Mg^{2+} were quantified by atomic absorption spectrometry; Na^{+} and K^{+} by flame photometry; and P by colorimetry, in the presence of ascorbic acid. H + Al was extracted in a buffered solution of calcium acetate 1 mol/L, at pH 7.0, and determined by titration. Total organic carbon (TOC) was determined according to the modified Walkley-Black method.

Total composition was measured by X-ray fluorescence (XRF). The air-dried soil fraction was sprayed and passed through a 200 mesh sieve and pressed in a hydraulic press (4 t/cm^2 for 3 min) to make 2 mm high pellets. These pellets were taken for semi-quantitative chemical analysis in an energy dispersive X-ray microfluorescence spectrometer (μ-EDX-1300, Shimadzu, Kyoto, Japan). Reference soil sample from NIST, Soil II Montana (2711a) was used.

The mineralogical characterization of clay, silt and sand fractions was performed by applying the X-ray powder diffraction (XPD) technique. The test was conducted in a PanalyticalX'Pert PRO diffractometer (CoKα radiation), in the range between 4 and 50 °2θ, at a scan speed of 0.1 °2θ/s, working with a potential of 40 kV and a current of 40 mA. Graphs were made in Origin® software and XRD patterns were interpreted using HighScore X'Pert Plus® software. The physical, chemical and mineralogical analyzes were carried out in the laboratories of the Department of Soils at the Federal University of Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

The micromorphological and microchemical analyzes in thin sections were described according to the recommendations of Stoops et al. (2010), Castro and Cooper (2019), and Stoops (2021), observed in an Optical Microscope model LEICA DMLP with transmitted and reflected light systems and Zeiss Axiocam MRc5 camera. Punctual chemical analyzes and microchemical mapping of interesting areas were carried out in an Electronic Microprobe, model JXA8230 (Jeol), from the Microlab Laboratory of the Geology Department at UFOP.

The ages of charcoal present in the soils were obtained by C^{14} dating, using the Accelerator Mass Spectrometry (AMS) technique, conducted by the Beta Analytic Inc laboratory (USA). Ages were calibrated using the OxCal 4.4 Software (2021), using the SHCal20 curve (Hogg et al. 2020).

Soils were classified according to Brazilian System of Soils Classification (Embrapa, 2018); by World Reference Base for Soil Resources – WRB/FAO (IUSS Working Group WRB 2015); and to the Archaeo-anthrosol Classification Legend proposed by Kampf and Kern (2005).

5.4 - RESULTS

5.4.1 - Morphological and physical properties of soil

The pedogenesis on the materials that constitute the Rio Preto shell mound was analyzed from the P1 profiles, at the top of the shell; and P2 at the edge (Figure 13). The morphological and physical properties are shown in Table 1.

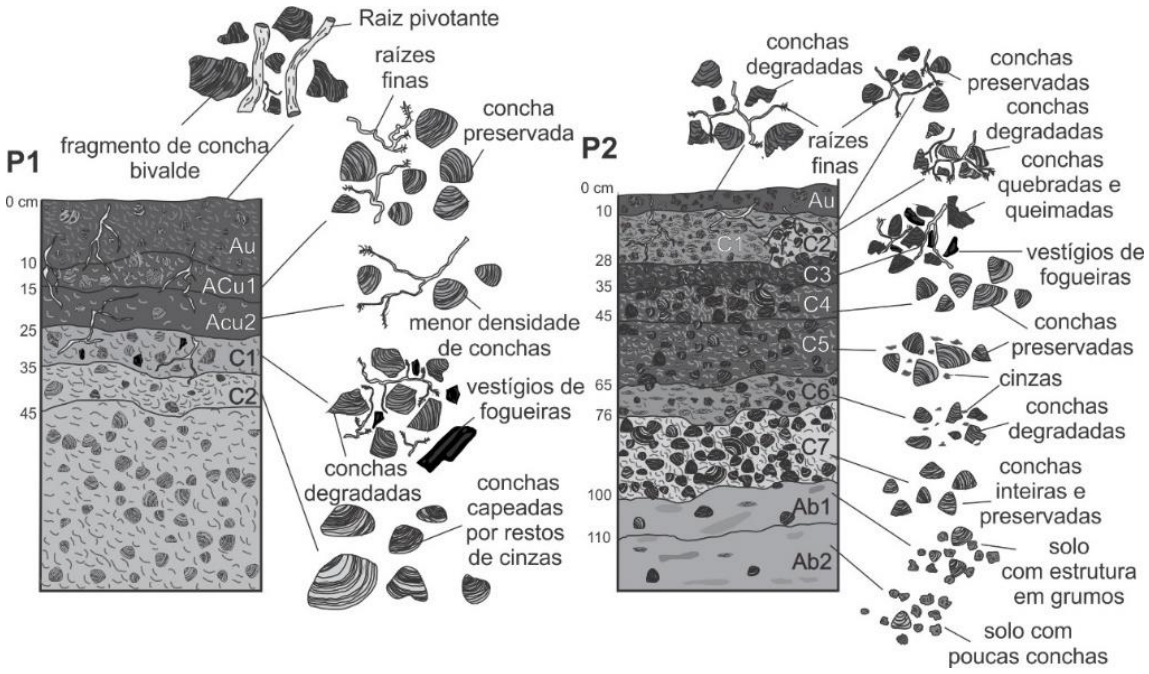


Figura 13 - Schematic representation of the morphological organization of the studied profiles, P1 and P2, highlighting the horizons, the general aspect of the conservation of the shells and the presence of remains bonfires.

P1 is 100 cm long and consists of the sequence of horizons Au-ACu1-ACu2-C1-C2-C3. Only the C3 horizon (45-90^{+}) was not described and sampled because it is formed almost exclusively by loose shells, which hindered the stability of the profile. P2 is also approximately 100 cm long and is formed by the sequence Au-C2-C3-C4-C5-C6-C7-Ab1-Ab2 horizons.

There is great vertical variation in the color in the profiles, with a predominance of low values in the superficial horizons due to the presence of organic matter; and in depth, associated with the occurrence of pyrogenic materials (charcoal, ashes and calcined shells). The rest of the material is quite pale to slightly brownish, resulting from the carbonate matrix, occasionally stained by organic leachates. The Ab1 and Ab2m horizons have brownish colors, tending to brownish-red.

In general, the soils have a skeletal texture, with a strong predominance of the coarse fraction (> 2.0 mm) and weakly signs of alteration of the material of anthropic origin (several shells), restricted to the first meter from the surface. Except for the Ab1 and Ab2 horizons in P2, both profiles have a higher clay concentration in the first 15 cm (P1) and 35 cm (P2), that is, in the Au horizons, with respectively 28.8 and 26.9 % of clay content (Table 1), and more intense signs of shell fragmentation, indicative of greater biological activity, bioturbation and physical breakdown due to the installation of the vegetation root system (Figure 13).

The transition and subsurface horizons Acu and C have a particle size composition with almost 100 % of fragments larger than 2 cm in C4 and C7 in P2; and almost 90 % in Acu2 and C2 in P1 (Table 1 and Figure 13). A low proportion of the sand fraction was observed in all analyzed horizons, which suggests little contribution of aeolian sands of generally quartz composition, common in sites closer to the current coastline (Corrêa et al. 2013; Gernet 2013).

Tabela 1 - Physical and morphological properties of archaeo-anthrosols from shell mound Rio Preto I.

Horizon	Depth cm	(Transition degree and form)	Munsell soil color (dya)		CF[1.6]	CS[2.7]	FS[3.7]	Silt[4.7]	Clay[5.7]	Textural class [8]
					%					
Profile 1 – Archaeo-anthrosols Shellic, ebanic, endoeutric, skeletic, carbonate[9]										
Au	0-10	Diffuse and wavy	2,5Y 3/1	Very dark gray	71.5	45.4	9.6	16.2	28.8	Sandy clay loam
ACu1	10-15	Diffuse and wavy	5Y 4/1	Dark gray	67.8	54.1	9.4	14.4	22.1	Sandy clay loam
ACu2	15-20/25	Diffuse and smooth	5Y 4/1	Dark gray	87.0	63.7	9.3	15.0	12.0	Sandy loam
C1	23/35	Diffuse and smooth	5Y 4/1	Dark gray	56.8	54.5	9.5	21.0	15.0	Sandy loam
C2	35/45	Clear and irregular	5Y 4/1	Dark gray	89.2	74.2	9.8	9.0	7.0	Loamy Sandy
Profile 2 – Archaeo-anthrosols Shellic, glayic, endoeutric, skeletic, carbonate[9]										
Au	0-10	Diffuse and wavy	2,5Y 3/1	Very dark gray	46.5	44.8	10.8	17.5	26.9	Sandy clay loam
C1	10-28	Diffuse and broken	2,5Y 4/1	Dark gray	79.8	49.0	10.0	17.0	24.0	Sandy clay loam
C2	10-28	Clear and wavy	7,5 YR 6/3	Light brown	53.2	47.9	10.1	25.0	17.0	Sandy loam
C3	28-35	Clear and wavy	2,5Y 3/1	Very dark gray	57.5	49.5	10.0	15.7	24.8	Sandy clay loam
C4	35-45	Clear and wavy	2,5Y 4/1	Dark gray	95.4	Nd	nd	nd	Nd	nd
C5	45-65	Clear and wavy	2.5Y 7/1	Light gray	nd	Nd	nd	nd	Nd	nd
C6	65-75	Clear and wavy	10 YR 4/2	Dark grayish brown	66.7	56.0	10.0	15.0	19.0	Sandy loam
C7	75-100	Clear and irregular	10 YR 6/3	Pale brown	96.5	Nd	nd	nd	Nd	nd
Ab1	100-110	Clear and wavy	7,5YR 4/3	Brown	37.1	49.9	10.9	7.1	32.1	Sandy clay loam
Ab2	110-120	Clear and wavy	7,5YR 4/4	Brown	0.0	42.8	13.1	9.3	34.8	Sandy clay loam

1Coarse fraction (CF): > 2.0 mm Ø; [2]Coarse sand (CS): 2.0 mm-0.2 mm Ø; [3]Fine sand (FS): 0.2 mm-0.05 mm Ø; [4]Silt: 0.05-0.002 mm Ø; [5]Clay: < 0.002 mm Ø; [6]Percentage determined in the whole soil sample; Percentage in relation to the TFSA fraction (> 2 mm Ø); Relative to fraction less as 2 mm; [9]Classification according to Kampf & Kern (2005); nd = not determined.

5.4.2 - Chemical properties

The chemical properties are shown in Table 2, for the sorting complex, and Table 3 for the total chemical composition. All horizons analyzed had an alkaline pH, ranging from 7 to 8. The exchange complex is saturated by Ca^{2+}, with values reaching 21.1 cmol/dm^3, which is expressed in the form of extremely high base saturation values (V equals 100%). The Mg^{2+} values are lower than those of Ca^{2+} (Table 2), although they can be considered high, especially at P1, where all horizons present values greater than 2 cmolc/dm^3.

K^+ values were lower than the other cations, ranging between 0.18 and 0.66 cmolc/dm^3. The highest values were observed in the Au surface horizons, including the P1 profile, which may point to a non-geogenic enrichment source, as this profile was collected at the top of the sambaqui, far from the original soil. Although not sufficient to configure the sodium character, the sodium saturation indices are slightly high, almost always greater than 2%, and indicates, although less intensely, the importance of saline spray for the contribution of this element in coastal environments.

Al^{3+} is absent from the exchange complex, given its low solubility at pH above 5.5. The carbonate equivalent values are high and show the influence of anthropogenic carbonate material in the constitution of the analyzed soils. Values above 200 g/kg were observed in almost all horizons, with the exception of Ab1 and Ab2 of P2, which presented values, respectively, of 89.92 and 62.32 cmolc/dm^3 (Table 2).

The P content is high, reaching 1442.4 mg/dm^3 in the subsurface (horizon Ab1 of P2), with an average of 294.83 between the horizons of P1 and 524.46 in P2 (Table 2). The values of micronutrients Mn and Zn are high, and those of Cu and Fe are low. In all of them, the highest values were observed in the subsurface, mainly in the Ab1 and Ab2 horizons (Table 2). TOC presents values close to or above 10 g/kg on the surface (Au and ACu), and lower than that on the subsurface (C and Ab).

As in the sorting complex, the total chemical composition by XRF reveals the majority presence of CaO, with values almost always higher than 300 g/kg (Table 3), except for the P2 horizons Ab1 and Ab2. The high contents of CaO reflect the carbonate constitution of the material of anthropic origin. The other most abundant elements, in descending order, are SiO_2, Al_2O_3, P_2O_5 and Fe_2O_3 (Table 3).

The values of SiO_2 and Al_2O_3 are higher in the Ab horizon, with values above 400 g/kg, compared to the Au, Acu and C horizons, reflecting the predominance of a mineral composition in the former. In any case, these are values that indicate the presence of silicate minerals such as quartz and kaolinite. Higher Fe_2O_3 contents in the C4 horizons of P1 and C6 of P2 also indicate the presence of oxide minerals, such as maghemite, as will be demonstrated in the mineralogical

analyses. The P_2O_5 values range from 68 to 34.2 g/kg, reaching the highest contents in the C5 and C6 horizons of P2, indicating higher levels of occupancy in more remote periods. Furthermore, P_2O_5 contents reflect the presence of hydroxyapatite, the main component of bones.

Tabela 2 - Chemical properties of archaeo-anthrosols from shell midden Rio Preto I.

Horiz.	Depth (cm)	pH (H_2O)	P[1] mg/dm³	Na[1]	K[1]	Ca[2]	Mg[2]	Al[2]	H + Al[3]	BS[4]	CECe[5]	CECp[6]	V[7]	m[8]	ECe[9]	Cu[1]	Mn[1]	Fe[1]	Zn[1]	$CaCO_3$[10]	TOC[11]
				cmolc/dm³									%			mg/dm³				g/kg	g/kg
Profile 1 – Archaeo-anthrosols Shellic, ebanic, endoeutric, skeletic, carbonate[12]																					
Au	0-10	7.66	315.9	0.74	0.66	21.11	2.84	0.0	0.00	25.34	25.34	25.34	100.0	0.0	2.90	0.22	4.0	0.3	0.15	242.64*	9.5
ACu1	10-15	7.82	383.0	0.53	0.39	18.20	2.84	0.0	0.00	21.96	21.96	21.96	100.0	0.0	2.42	0.23	3.0	0.0	0.09	241.72*	15.8
ACu2	15-20/25	7.92	185.6	0.59	0.35	17.37	2.20	0.0	0.00	20.51	20.51	20.51	100.0	0.0	2.88	0.26	2.1	0.0	0.08	245.40*	13.8
Profile 2 – Archaeo-anthrosols Shellic, glayic, endoeutric, skeletic, carbonate[12]																					
Au	0-10	7.28	462.0	0.30	0.65	15.97	1.66	0.0	0.02	18.61	18.61	18.81	98.90	0.0	1.59	0.28	9.0	1.6	0.92	248.16*	12.9
C2	10-28	7.66	245.6	0.26	0.27	8.01	0.54	0.0	0.00	9.08	9.08	9.08	100.0	0.0	2.82	0.40	6.3	0.0	0.47	248.16*	2.3
C3	28-35	7.70	196.1	0.33	0.20	19.43	0.66	0.0	0.00	20.63	20.63	20.63	100.0	0.0	1.62	0.22	2.2	0.0	0.07	249.08*	8.8
C6	65-75	7.76	394.9	0.32	0.18	13.07	0.40	0.0	0.00	13.97	13.97	13.97	100.0	0.0	2.33	0.23	3.0	0.0	0.11	243.56*	5.0
Ab1	100-110	7.55	1442.4	0.29	0.21	8.53	0.17	0.0	0.00	9.20	9.20	9.20	100.0	0.0	3.16	0.49	16.0	3.7	12.18	89.92*	1.9
Ab2	110-120	7.87	405.8	0.19	0.08	6.83	0.15	0.0	0.00	7.25	7.25	7.25	100.0	0.0	2.59	0.36	25.5	4.6	2.71	62.32*	1.7
Buried bonfires																					
B1	190	7.96	214.9	0.27	0.17	13.05	0.74	0.0	0.00	14.22	14.22	14.22	100.0	0.0	1.86	0.23	1.7	0.0	0.08	nd	11.8
B2	40	7.87	604.7	0.28	0.19	13.20	0.35	0.0	0.00	14.03	14.03	14.03	100.0	0.0	2.01	0.23	1.8	0.0	0.06	nd	13.3

[1]Extracted with mehlich-1; [2]Extracted with KCl 1 mol/L[1]; [3]Extracted with calcium acetate 0.5 mol/L à pH 7.0; [4]Sum of bases; [5]Effective cation exchange capacity; [6]Potential cation exchange capacity; [7] Bases Saturation; [8]Saturation for Al; [9]Sodium saturation; [10]Equivalent of $CaCO_3$; [11]Total organic carbon; [12]Classification according to Kampf and Kern (2005); *strong effervescence; nd = not determined.

Tabela 3 - Total contents of major elements in the form of oxides determined by X-ray Fluorescence.

Horz.	Depth (cm)	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SiO_2	TiO_2	Al_2O3	Fe_2O_3	P_2O_5	ZnO	CuO	MnO	SrO
		dag/kg												
Profile 1 – Archaeo-anthrosols Shellic ebanic endoeutric skeletic carbonate														
Au	0-10	31.75	0.28	0.28	1.47	9.44	0.19	2.00	2.33	2.65	0.02	0.00	0.19	0.11
ACu1	10-15	34.76	0.40	0.30	1.85	10.31	0.12	1.07	1.99	2.72	0.02	0.00	0.21	0.12
ACu2	15-20/25	32.90	0.18	0.32	1.61	10.97	0.18	2.18	3.47	3.23	0.03	0.00	0.21	0.11
C1	25-35	38.85	0.70	0.31	0.54	11.48	0.12	0.97	1.42	2.56	0.03	0.01	0.27	0.15
C2	35-45	27.56	0.24	0.31	2.11	12.28	0.32	3.99	5.30	2.43	0.02	0.01	0.19	0.10
Profile 2 – Archaeo-anthrosols Shellic glayic endoeutric skeletic carbonate														
Au	0-10	33.55	0.07	0.34	2.48	10.03	0.27	3.61	2.45	2.69	0.04	0.04	0.41	0.12
C1	10-28	26.34	0.13	0.35	1.88	12.82	0.49	5.90	5.42	3.17	0.05	0.02	0.52	0.09
C2	12-28	38.55	0.08	0.35	1.24	11.28	0.38	4.25	2.85	3.12	0.06	0.01	0.69	0.14
C3	28-35	36.39	0.27	0.30	1.25	7.16	0.25	2.93	2.51	2.75	0.02	0.01	0.22	0.10
C4	35-45	32.86	0.29	0.31	1.67	8.90	0.27	3.37	3.41	2.61	0.03	0.01	0.28	0.10
C5	45-65	51.02	0.59	0.29	2.81	6.14	0.07	0.36	0.70	2.84	0.02	0.00	0.06	0.15
C6	65-75	33.08	0.19	0.30	1.64	8.46	0.21	2.71	2.62	3.42	0.02	0.00	0.28	0.10
C7	75-100	24.93	0.13	0.37	1.84	17.79	0.55	7.12	6.30	3.37	0.03	0.01	0.51	0.09
Ab	100-110	5.41	0.86	0.36	1.52	46.79	0.94	15.86	4.90	0.99	0.02	0.01	0.15	0.02
Ab1	110-120	5.89	0.64	0.36	1.71	48.09	1.03	15.68	4.53	0.68	0.01	0.01	0.18	0.02
Buried bonfires														
B2	40	45.45	0.44	0.29	1.64	5.70	0.09	0.67	0.82	3.58	0.02	0.00	0.06	0.14
B1	190	42.51	0.83	0.27	2.04	5.28	0.06	0.40	0.74	3.22	0.02	0.00	0.05	0.13
Number of samples		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Content		5.41	0.07	0.27	0.54	5.28	0.06	0.36	0.70	0.68	0.01	0.00	0.05	0.02
Maximum content		51.02	0.86	0.37	2.81	48.90	1.03	15.60	6.30	3.58	0.06	0.04	0.69	0.15
Average content		31.88	0.37	0.32	1.72	14.29	0.32	4.30	3.04	2.70	0.02	0.00	0.26	0.10
Coefficient of variation (%)		37.33	70.10	9.70	29.19	89.85	87.30	109.54	56.99	28.93	46.68	123.23	66.90	35.71

5.4.3 - Mineralogy of soils

There was no variability in the mineralogical composition between the sand fraction of the two analyzed profiles (Figure 14a and b). Calcite (0.386-0.328-0.304 nm), aragonite (0.340-0.249-0.270 nm), quartz (0.228-0.223-0.181 nm) and hydroxyapatite (0.284-0.209-0.172 nm) were identified. Although X-ray diffraction is not the best technique for interpreting the relative abundance of mineral species in soils, the high intensity values of the peaks present in the spectra suggest a strong predominance of calcite and aragonite in the sand fraction, especially in peaks of 0.340 nm and 0.270 nm, respectively (Figure 14a and b).

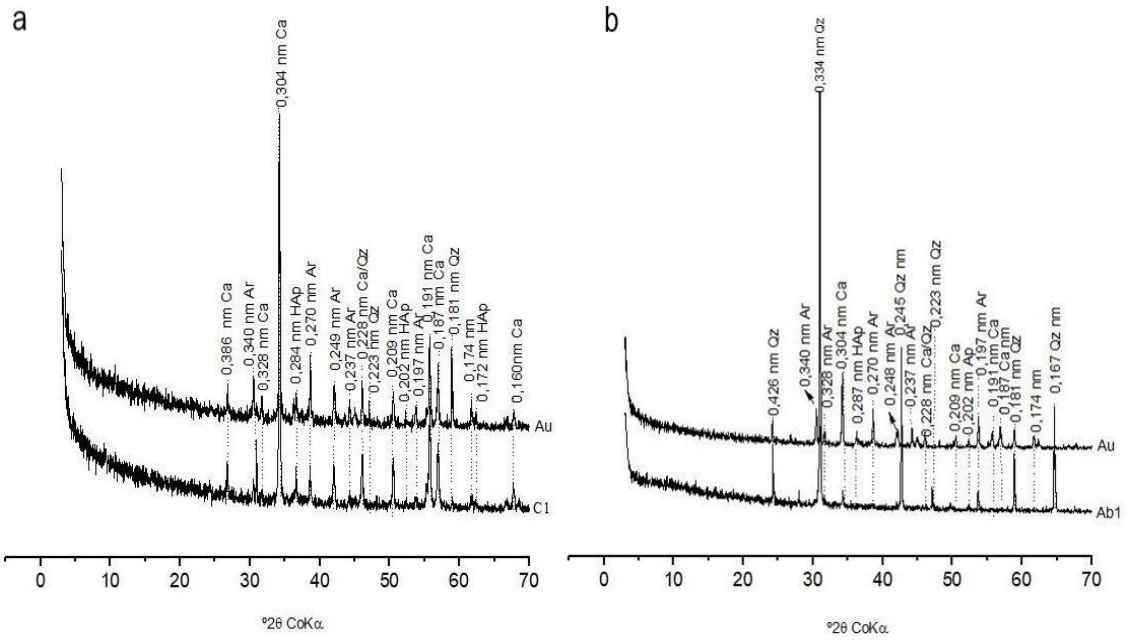


Figura 14 - XRD of the sand fraction of the representative horizons of Profile 1 (a) and Profile 2 (b). Ar: aragonite; Ca: calcite; Qz: quartz and HAp: hydroxyapatite.

The clay fraction of both profiles are composed by calcite (0.386-0.303-0.228 nm), aragonite (0.249-0.197 nm), kaolinite (0.440-0.249 nm), halite (0.282- 0.162-0.326 nm) and weak peaks of maghemite (0.252-0.209-0.160 nm) (Figure 15a and b).

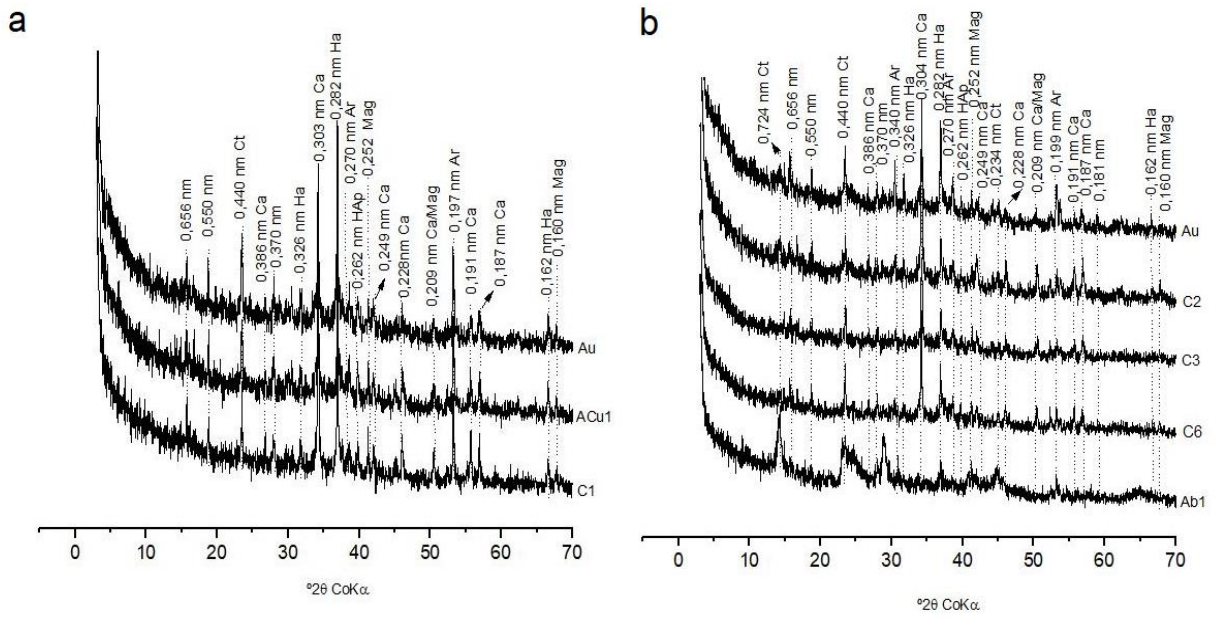


Figura 15 - XRD of the clay fraction from the representative horizons of Profile 1 (a) and Profile 2 (b) Ar: aragonite; Ca: calcite; Ha: halite; Ct: kaolinite; HAp: hydroxyapatite and Mag: maghemite.

5.4.4 - Micromorphology and microchemistry of soils

The synthesis of the micromorphological description is presented in Table 4 and representative photomicrographs in Figure 16. In general, the analyzed soils are apedic, with the microstructures defined by the relative distribution of the groundmass. The Au horizons (Figures 16a and 6b) show zones composed exclusively of shell fragments in a moderate process of degradation, in addition to fish bone fragments, featuring a monic relative distribution patterns, but also zones where coarse materials coexist with small granular aggregates, in a basic enaulic relative distribution. The micromass is mainly of carbonate composition, with birefringent crystallitic b-fabric (Figures 16b), but also organic in nature, in this case with a darker color (dark brown) and undifferentiated birefringent b-fabric. Loose continuous infillings zones are observed as a product of bioturbation, where burrowing organisms from the mesofauna seem to contribute to the formation and redistribution of granular aggregates.

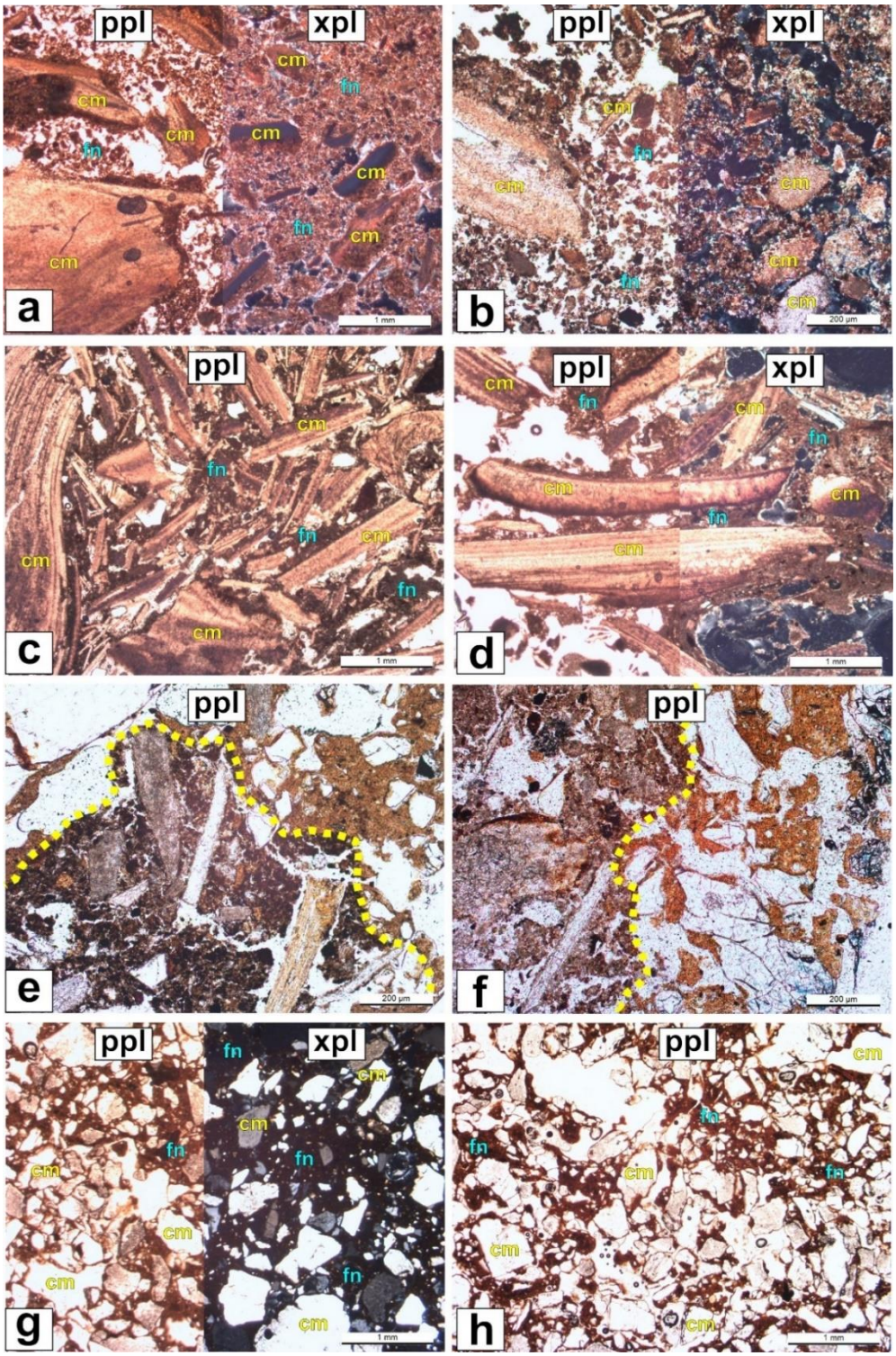


Figura 16 - Photomicrographs representatives of the horizons: a - b) Au; c - d) ACu; e – f) C6/Ab1 transition and g – h) Ab1. cm – coarse material; fn – micromass; ppl – plane polarized light and xpl – cross-polarized light.

Tabela 4 -. Micromofology descriptions of thin section of soil profiles P1 and P2 horizons and Buried Bonfires B1 and B2.

Soil	Hoz.	Microstructure	Groundmass			Organic Compounds	Pedofeatures
			Coarse Material	Micromass	$c/f_{2\mu m}$ relative distribution		
PROFILE 1	Au	Basic monic and basic enaulic microstructures, respectively with simple and complex packing voids	Shell fragments, sunbangular to elongated, fine to coarse sand. Rare bone fragments	Dark brownish to brownish yellow micromass, respectively with undifferentiated (organic nature) or crystallic (carbonatic nature) b-fabric	Mainly monic with enaulic zones	Roots, charcoal, plants tissues, indeterminate pellets.	Loose continous infillings
	C1	Basic monic microstructure with simple packing voids, with monic-gefuric zones	Shell fragments, elongated, mediun to coarse sand; rare quatz grains, angular, fine sand. Bone fragments, irregular shape, with dissolved edges, fine sand	Brownish yellow micromass, with crystallic b-fabric	Mainly monic with gefuric zones	Charcoal, plants tissues, indeterminate pellets, amorphous organic material.	Partial coatings
PROFILE 2	Au	Basic enaulic microstructure, with complex packing voids	Shell fragments, subangular to elongated, mediun to fine sand; rare quatz grains, angular, fine to medium sand	Dark brownish to brownish yellow micromass, respectively with undifferentiated (organic nature) or crystallic (carbonatic nature) b-fabric	Double-spaced fine enaulic	Roots, charcoal, plants tissues, indeterminate pellets, amorphous organic material.	Loose continous infillings
	C2	Basic monic microstructure, with simple packing voids, with some chito-gefuric zones	Shell fragments, elongated, mediun to coarse sand; rare quatz grains, angular, fine to medium sand. Bone fragments, irregular shape, with dissolved edges, fine sand	Dark brownish yellow micromass, with crystallic b-fabric	Open monic	Charcoal, roots and plants tissues, indeterminate pellets, amorphous organic material.	Partial coatings
	Ab1	Basic porphyric microstructure, with vughs and planar voids	Quartz grains, angular to subrounded, fine to coarse sand	Yellowish red micromass, with undiferentiated b-fabric	Close porphyric	Amorphous organic material, rare plants tissue.	Impregnated organic features

BURIED BONFIRES	**B1**	Spongy microstructure, with some basic porphyric zones	Shell fragments, elongated to subrounded, fine to medium sand, carbonized and darkened edges; quartz grains, subangular, fine to medium sand; bone fragment, fine sand, carbonized and darkened edges	Grayish brown yellow, with birrefringent crystallic b-fabric	Close porphyric	Amorphous organic material	Impregnated organic features (hypocoatings)
	B2	Spongy microstructure		Yellowish brown to grayish brown yellow, with birrefringent crystallic to undiferentiated b-fabric	Open porphyric	Charcoal, plants tissues indeterminate	Rare nodule, carbonatic concrections. Clay pellets with porphyric fabric

The C horizons (Figures 16c and 16d) have microstructures characterized almost exclusively by the arrangement between shell and bone fragments, with little micromass, with a c/f ratio of approximately 3:1. Shell fragments are larger and elongated and circular in shape more preserved than on the Au horizons. Occasionally, in addition to the monic basic microstructure, there are also subtle coatings and bridging of thin material, which are typical features of gefuric and chitonic distributions. These features are concentrated in the upper part of the clasts (Figures 16d), in the case of claddings, and bridges occur both at the top and at the base. In addition to shell fragments, the coarse material of the groundmass is also composed of rare quartz grains, in varying sizes and shapes, and the micromass features typic crystallitic b-fabric.

The Ab horizons (Figures 16g and 16h) are micromorphologically very distinct. The abrupt transition with the C horizon (Figures 16e and 16f) marks the transition from a carbonate composition, with a matrix background dominated by bioclasts, to a mineral composition dominated by geogenic materials. They are characterized by porphyric microstructure, since vughs and planar voids are insufficient to individualize aggregates, internally formed by fine to coarse sand-sized quartz grains, sub-rounded, immersed in a kaolinite-oxidic micromass of yellowish-red color with undiferentiated b-fabric. The micromass, mainly on the Ab1 horizon, has several zones impregnated with amorphous organic material.

5.4.5 - Properties of bonfires materials

The chemical properties of two buried bonfires remains, B1 and B2, are presented in Tables 2 and 3 and the mineralogical composition of the clay fraction in Figure 17. These are materials with properties similar to the soils in which they are located, with emphasis on the high places pH values (> 7), P (214.9 in B1 and 604.7 in B2), Ca-dominated sorting complex (> 13 cmolc/dm^3), with 100 % base saturation and zero aluminum saturation. Total organic carbon content (TOC) is greater than at the surface Au horizons (Table 2).

In the total chemical composition, the CaO content stands out in relation to the others. The other elements that most participate in the chemical composition, in decreasing order, are P_2O_5, SiO_2, Al_2O_3, and Fe_2O_3. However, Si, Al and Fe occur at lower values in fires than in the soils in which they are inserted. The total P content is high and greater than 3 %. The Fe content is zero as a micronutrient and a little higher in the total chemical composition, which mineralogically reflects the presence of maghemite in the clay fraction.

In the mineralogy of the clay fraction, the fires present calcite, aragonite, apatite, halite, maghemite and kaolinite. Calcite and aragonite carbonates seem to be the dominant minerals, being even verified in microscopic petrography. Next is apatite and halite, which, in the latter case, has a presence suggested by the 0.326 and 0.162 nm peaks.

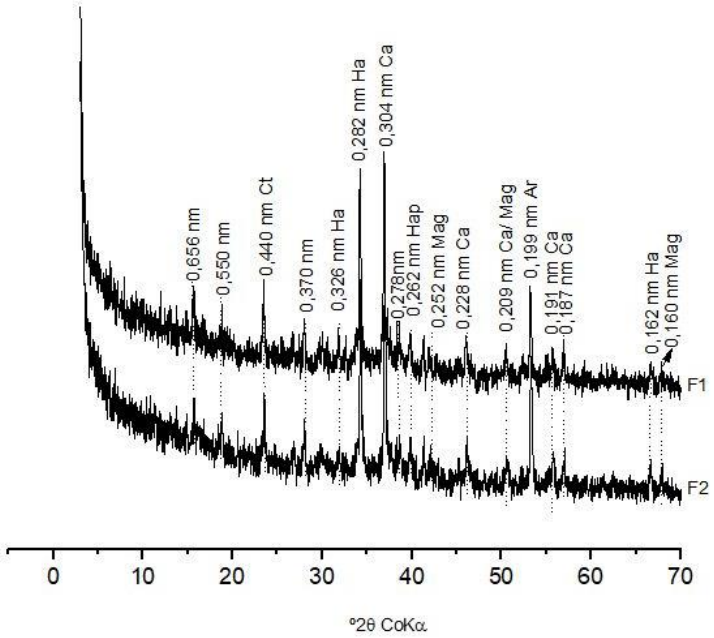


Figura 17 - XRD of the clay fraction from the representative horizons of the bonfires remains. Ar: aragonite; Ca: calcite; Ha: halite; Ct: kaolinite; HAp: hydroxyapatite and Mag: maghemite

Micromorphologically (Figure 18; Table 4), fires are characterized by the presence of spongy microstructures, defined by the presence of many vughs associated with air trapping during burning, without the connectivity between them to differentiate aggregates, and porphyric, in zones where there is greater densification of the micromass. The thick constituents are the same as those of the soil, that is, shell fragments predominate, which in this case, are carbonized, with darkened edges, and fish bone fragments. The micromass, however, is more abundant (Figure 18a), being composed of materials of secondary carbonate ash, grayish in color and presenting crossed polarized light micro-crystallitic b-fabric. Charcoals are very common (Figure 18b), as well as burning features on the edge of vughs and planar voids. Some pores seem to pseudomorphize the space occupied by shell fragments, now charred. There are also lenticular features composed of mineral material of geogenic origin (Figures 18c and 18d), with quite distinct fabric, characterization by diverse mineral grains of fine sand size, including quartz and mica palettes, immersed in a reddish-colored micromass.

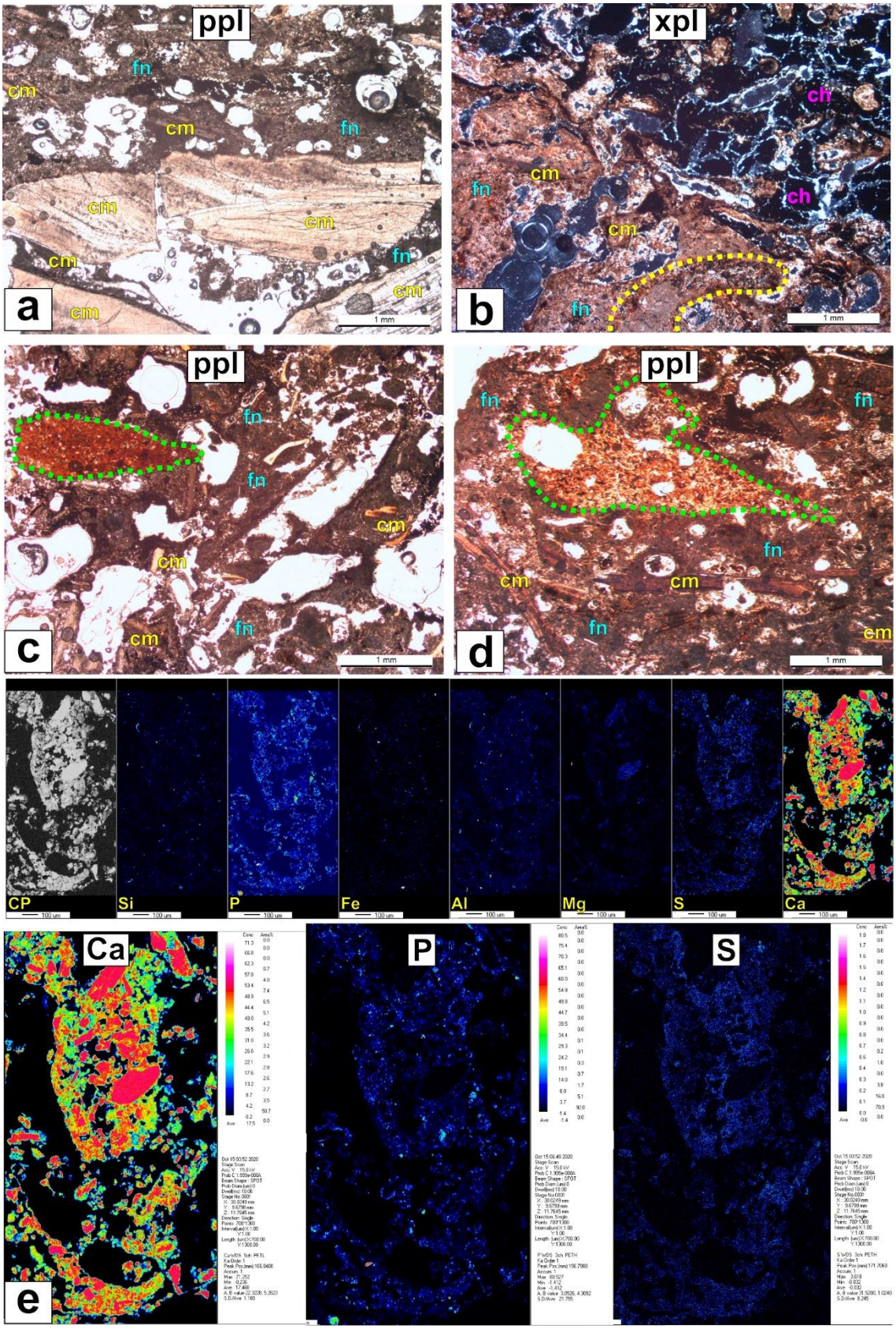


Figura 18 - Buried bonfires remains photomicrographs: a - b) B1 and c - d) B2; e) Electronic microprobe microchemical mappings of Si, P, Fe, Al, Mg, S and Ca elements of B1 thin section. cm – coarse material; fn – micromass; ch – charcoal fragments; yellow dotte.

Microchemical analyzes (Figure 18e) show that both micromass and course materials are mainly composed of Ca, P and S. In the first case, Ca predominates and is present as residual shell fragments from the burning process, with values close to 60 % of the chemical composition obtained by the WDS probe. P also appears as discrete punctuations that mark the presence of bone fragments. Micromass also contains the two elements, plus the S, common in biogenic materials of marine origin. Both P and S are associated with Ca in the micromass, respectively in the form of phosphates and sulfates, even in amorphous forms.

5.4.6 - Dating

The Rio Preto I sambaqui showed an approximate age of 6600 years Cal. AP (Table 5). Charcoal fragments found at 85 cm from the surface at P2 had ages ranging from 6398 to 6568 years Cal. AP. On the other hand, charcoal samples dated in two fires located at different depths, F1 and F2, ranged from 5049 to 5195 (but recent) to 6398 to 6568 (oldest) years BP, therefore separated by 1300 years.

Tabela 5 - Ages of charcoal presents in soil and buried bonfires from Rio Preto I by C14.

Context	Depth	Conventional age	Calibrated age[1] (OxCal 2σ/95%)	Laboratory code
P2	85 cm	5730 ± 30 BP	6568-6398 cal BP	538071
B2	40 cm	4590 ± 30 BP	5195-5049 cal BP	538070
B1	190 cm	5510 ± 30 BP	6318-6189 cal BP	538069

[1]Calibration curve: SHCal20 (Hogg *et al*., 2020); BP: Before present.

5.5 - DISCUSSION

5.5.1 - Pedogenesis on the Rio Preto sambaqui I: factors and processes

The morphological and stratigraphic characteristics of a shell mound, associated with the activities carried out by human groups in the past, and the environment in which it occurs control pedogenetic processes and their performance over time. Thus, the main factors of soil formation in the Rio Preto I sambaqui were the source material, organisms, topography and human activity. The main pedogenetic processes identified were melanization, stabilization of organic matter, movement of fines (lessivage and podzolization) and induced carbonate cementation. The way in which these factors act in the conduct of these processes is discussed below.

The Rio Preto I sambaqui has a stratigraphy similar to what was called shell sambaqui by Vilagrán (2012), summarized by the author in three large archaeofacies: i) facies with a predominance

of shells and bones; ii) black lenticular facies, and in the case of the sambaqui studied also greyish, with vegetable remains, charcoal, shells and burnt bones, and iii) terrigenous sediments at the base of the deposit.

The little presence of geogenic materials and cultural artifacts (burials, lithic tools and ceramics) makes the formation of the soil in the sambaqui studied to be influenced mainly by the clumps of shells that make up the stratigraphy, with differences between the current top and edge positions from the mount. At the top, there is a deepening of pedogenesis, with greater alteration of the shells and formation of thicker surface horizons with greater contribution of organic matter added by vegetation (here called pedogenic). Considering the first 100 cm of the surface, up to approximately 35-40 cm, pedogenesis obliterates the effects of the variation of the stratigraphic layers in the soil. The edge portion is marked by the exposure of a more diversified stratigraphy, with soil properties influenced by this, mainly by the vertical variation of archaeofacies i and ii up to 100 cm, and of facies iii thereafter.

In general, the soils of the Rio Pedro I sambaqui have properties that suggest a lower degree of pedogenetic development when compared to other soils studied in Brazil, such as those reported by Corrêa et al. (2013) in sambaquis off the coast of Rio de Janeiro. One of the main evidences is the fact that they are extremely skeletal, with very little TFSA content produced from the weathering of bioclasts. The values of coarse fractions (> 2 mm) are higher than those reported by Bandeira et al. (2009), Corrêa et al. (2013), Gernet (2013), Reis (2015), Silva (2018) and Lourenço (2020).

Clays in soils over shell middens are associated with the decomposition of bioclasts, the presence of ash in the fires, and the addition of terrigenous sediments (Corrêa et al. 2013). In the case of sambaqui Rio Preto I, only the last one seems to have no relevant role. Furthermore, the in situ formation of clays in the studied soils also shows a relationship with the morphology of the shell mound. In the top positions, the clay content is greater on the surface and decreases in depth, characterizing the transition from sandy clay loam to sandy loam and loamy sandy textures. At the topsoils, however, there is a greater variation in depth, explained by the aforementioned stratigraphic influence, but also by some pedogenetic aspects. The first case seems to be more relevant, and characterizes the greater or lesser presence of fine particles with the presence or absence of bonfire remains.

However, there are layers composed almost exclusively of shells, without fines, with a relative monic distribution at the microscopic level. In lower positions of the profile, there are layers where the shells are partially covered by thin material, a fact observed both macroscopically and under the microscope, in which the relative chito-gefuric distribution is characterized. Thus, the processes of translocation of clay and organic matter should not be discarded. Even though these do not significantly change the clay content, impacting the soil texture, they are important indicators of

lessivage and podzolization pedogenetic processes. The edge position with the slope of the layers favors these processes.

The higher clay content at the base of P2 (Ab1 and Ab2) is related to the presence of archaeofacie iii (Vilagrán 2012), and can be interpreted as a clay floor (Whallon 1984; Barbosa 1993; Stone 1995; Simpson 1996). These authors indicate that the clay floors were built by sambaquieiros as a thermal insulation strategy or were used to fix stakes for the construction of housing structures. On the other hand, for Kneip and Machado (1993) and Klökler (2018), the clay floor could be related to the well-being of the sambaquieiros, reducing the risk of cuts caused by sharp fragments of shells and rocks. In any case, such materials represent the interaction of human groups with the local pedological coverage. It is noteworthy that in the thin sections it was observed that the micromass at this level is partially impregnated with amorphous organic material, which corroborates the occurrence of podzolization in the profile.

The chemical properties also express that pedogenesis in sambaqui Rio Preto I is influenced by different factors and processes. The prevalence of alkalinity is attributed to the weathering of calcium carbonates, abundant in shell exoskeletons (Woods 2009; Corrêa et al. 2013; Gernet 2013), and ash remains and plant and animal residues (Vasconcelos et al. 2013). The accumulation of K^+ may be related to the mineralization of organic matter in bonfire remains (Vasconcelos et al. 2013) and by the vegetation cycling itself, as this happens even in positions free of geogenic materials, such as micas. The total chemical enrichment in P_2O_5, ZnO, CuO, MnO and K_2O, when compared to average values of these elements in the earth's crust, is also related to the incorporation of organic material of anthropic origin, corroborating studies by Corrêa (2007) and Villagran (2008).

P anomalies are noteworthy. P is considered a key element in the identification of anthropogenic soils and is present in urine, organic tissues and plant debris (Woods 2003; Holliday 2007). The high values of this element in archaeo-anthrosols of shell mounds are related to the dissolution of biogenic apatite formed by the interaction of Ca from the shells with P from deposited organic materials (Sah and Mikelsen 1986).

Even though the available P values found in the Rio Preto I sambaqui are much higher than the backgrounds of soils developed in tropical regions, they are 10 times lower than the values reported by Corrêa et al. (2013), possibly indicating lower levels of organic material input, such as fish, and the absence of burials. The values found are close to those reported by Silva (2018), in Amazonian sambaqui soils.

There is an important variation in P contents in depth, also suggesting vertical movement of this element in the analyzed profiles (Table 2). This increase in P in depth has been related to three factors: i) leaching or carryover of P by the deluge of surface organic matter; ii) patterns of occupation

in different phases such as deposition of household waste, primary and secondary refuges, expressed by irregularity in the accumulation of organic matter between the layers; and iii) the scarce supply of binding compounds such as clay and Fe and Al oxides that would act as physical or chemical protection of P, making it little mobile (Kern and Costas 1997; Gernet 2013; Corrêa 2007).

Thus, from the point of view of their natural fertility, the archaeo-antrossols of shell mounds from the Rio Preto I site represent anomalous values when compared to soil patterns in tropical regions. They are, therefore, eutrophic and have high levels of micronutrients, such as Zn and Cu (Table 2). Typically, in archaeological sites such elements are derived from feces and bones; and urine, respectively (Woods 2003). On the other hand, when compared to other Brazilian sambaqui soils, there is a timid enrichment of micronutrients (Corrêa 2007; Reis 2015), which may indicate low levels of input of source materials.

The analysis of principal components of some chemical properties of sambaqui soils from the Rio Preto I site selected two components (CP1 and CP2) that together explain 72 % of the set of original soil variables (Table 6). CP1 explains 50 % of the data and CP2 explains 22 % of the total data variance. CP1 selected P, Na, Ca, Mg, TOC and micronutrients and CP2 selected the variables pH, K and H + Al.

Tabela 6 - Chemical properties and respective eigenvalues, variance and accumulated variance for the two main components (PC1 and PC2) of the shell mound of Rio Preto 1.

Parameters	PC1	PC2
pH	0.066	0.528
P	-0.276	-0.228
K^+	0.227	-0.482
Na^+	0.286	-0.164
Ca^{2+}	0.361	-0.142
Mg^{2+}	0.312	-0.255
Cu	-0.354	-0.148
Mn	-0.330	-0.136
Fe	-0.333	-0.183
Zn	-0.318	-0.206
TOC	0.332	-0.059
(H + Al)	0.034	-0.452
Eigenvalue	6.1039	2.7033
Variance (%)	0.501	0.225
Accumulated variance (%)	0.501	0.726

PC1 corroborates the influence of the composition of deposited archaeological materials in the definition and functioning of soil properties. The availability of P, Ca, Mg and micronutrients in the exchange complex is directly linked to the dissolution of shells and bones that make up the archaeofacies. Na, on the other hand, seems to follow the variation of the above elements, indicating

that its input may go back to periods when the sea level was higher. It is important to emphasize that the sambaqui formation environment is interpreted as a paleolaguna integrated to a *restinga* system (Lira 2018).

Organic matter expresses its role through melanization and is related both to the contribution of vegetation, which occurs mainly on the surface, and to human activities. The elevation of organic matter on the surface is explained by pedogenesis, and as highlighted, it occurs with greater intensity at the top of the mound. In this position, it plays an important role in the degradation of shells as it is the main source of acidity, as shown by the two main components (PC1 and PC2; Figure 19), becoming recalcitrant and difficult to degrade by microorganisms as it adsorbs Ca from the shells. But there is also organic matter in the subsurface, where the participation of pyrolysis related to the occurrence of bonfire remains in its stabilization is evident (Glaser et al. 2001).

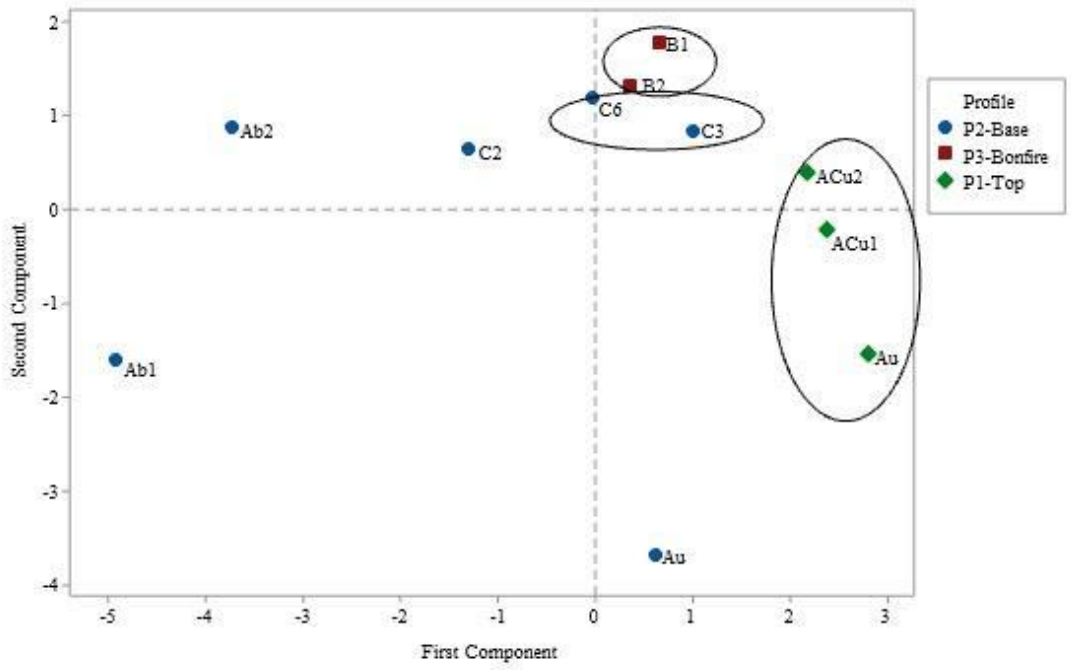


Figura 19 - Principal component analysis of the chemical properties of shell mound from Rio Preto 1 site: point distribution.

Lourenço (2020) studying the Porto da Mina sambaqui, in Quatipuru, Brazilian Amazon, found Au horizons with accumulation of organic matter in subsurface what suggest moments of abandonment of the site. On the other hand, the sambaqui Rio Preto I site lacks Au horizon in depth, and shows only thin dark layers reflecting the buried bonfires remains. This fact is corroborated in

PC1 (Figure 19), in which the variation in TOC is explained more by the variables linked to the anthropogenic material than by the influence of the current vegetation (H + Al and pH) (Figure 20).

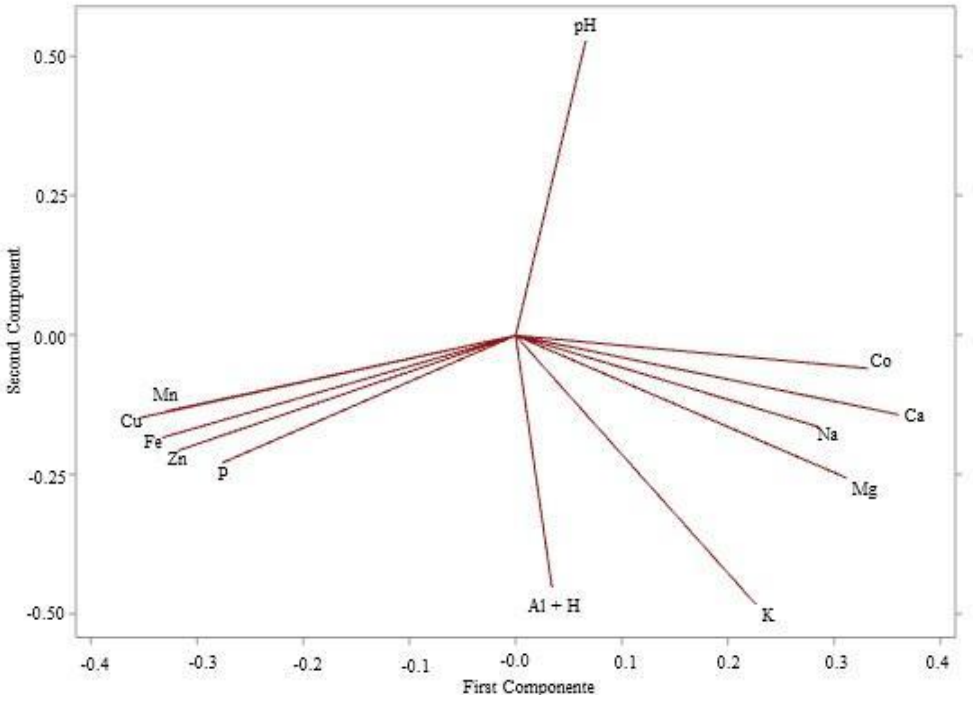


Figura 20 - Principal Component Analysis of the chemical properties of shell mound from Rio Preto 1 site: weight of the analyzed parameters.

Even in proportions much lower than the levels found in other archaeological soils, such as in Amazonian Dark Earths (Glaser et al. 2001; Cunha et al. 2009), the pyrogenic organic matter in the charcoals and ash of the Rio Preto I sambaqui plays an important role in the functioning of these soils. They are very stable compounds due to the presence of condensed aromatic structures, essential for carbon sequestration; and they present high reactivity, resulting from the partial oxidation of their aromatic structure, giving rise to acidic and recalcitrant functional groups, mainly carboxylic, which significantly contribute to the increase in the cation exchange capacity (Cunha et al. 2009).

The horizons grouping by their chemical properties reiterates that P2 has horizons organized in a more dispersed way, which indicates greater variability in the vertical distribution of its properties as a product of the stratigraphic influence (Figure 19). In contrast, P1 horizons are better grouped, an effect of the homogenization of properties driven by pedogenesis. The buried bonfire remains samples were grouped together and close to the C3 and C6 horizons, respectively, associated with the depths at which these bonfire remains were sampled. This indicates the important role of bonfire remains in influencing the properties of the surroundings, including the dispersion of material on the surface or even later, within the profile (Figure 19).

The mineralogy of the soils in the Rio Preto I sambaqui reflects the genetic affiliation between the stratigraphy of archaeofacies and the products of pedogenesis. The minerals observed were also found by Villagran (2008), Gernet (2013) and Reis (2015). The predominance of carbonates, especially calcite, is related to the malacological fauna and crustaceans. The maintenance of primary minerals such as calcite and aragonite in the clay fraction indicates conditions of slow dissolution, especially associated with the high pH and reprecipitation of secondary forms of these minerals (Bessler and Rodrigues 2008). Calcite can also be linked to the calcination of plant material in bonfire remains (Vasconcelos et al. 2013), which can be confirmed by the more intense peaks of calcite in the XRD of the analyzed in the ashes from bonfire remains (Figure 17). Hydroxyapatite, on the other hand, derives from bone remains from aquatic and terrestrial fauna (Villagran 2008), as well as from the precipitation of Ca-P forms in the micromass.

The presence of halite is possible due to the contribution of the saline spray that, even with intense leaching, its formation continues to be introduced through the sodium and chloride recharge process (Gernet 2013). Maghemite has its genesis related to combustion activities, since with burning an ideal thermodynamic system is reached for its formation, which later recrystallizes into maghemite, a process known as maghemitization (Fischer et al. 2007). This process is influenced by the incidence of bonfire remains that causes changes in minerals that have iron in their structure due to the alternation of oxidizing and reducing conditions, associated with neutral pH and the presence of organic material (Villagran 2008; Sousa et al. 2017). In the bonfire remains, the halite peak was more intense when compared to the other samples, due to the physicochemical conditions caused by the high temperature associated with the presence of animal fat, forming concretion structures that act as insulators and reduce sodium and chloride dissolution.

All bonfire remains observed are associated with the shell substrate, with a typical lenticular shape in the vertical section (Vilagrán 2012). They arouse special interest for understanding the genesis of the studied soils, and are particular features in its interior. They influence the properties of soils by introducing materials such as ash and charcoals, and modifying the substrates where they are executed and its surroundings. The most prominent fact is the formation of hard consistency cores, indicating the cementation process. There are few studies showing whether the burning of carbonate-rich materials would directly produce these concretions, or whether this would be related to subsequent reprecipitation processes of secondary carbonates from the ash. The structures formed are very similar to petrocalcic horizons, and even if they are not continuous, they must be taken into account to reaffirm the role of human activity in the genesis of soils over shell mounds. This role goes beyond building the hills. Bonfire is an intentional activity and its direct or indirect results modify the substrates and create soils.

5.4.2 - Classification of the soils from sambaqui Rio Preto I

The current soil classification systems are not be able to distinguishing the anthropogenic soils types efficiently, especially with regard to grouping of pedological properties derived from ancient anthropogenesis (Kampf and Kern 2005). Much of this limitation stems from the little accumulated knowledge about the genesis of Archaeo-anthrosols in Brazil and in the world. Even the Amazonian Black Earth, whose pedoarchaeological studies have increased in the last twenty years, still lack advances in terms of their classification (Lehmann et al. 2003; Schaefer et al. 2004; Glaser et al. 2001; Teixeira et al. 2012; Campos et al. 2011). For sambaqui soils this reality is even more scarce.

The Brazilian Soil Classification System (SiBCS) does not have the order of Anthrosols, that is, it does not qualify anthropogenic activity as an element of soil formation, at a higher hierarchical level (Embrapa 2018). Thus, the two profiles analyzed were classified as *NEOSSOLO Carbonático "antropogênico*". According to the classification key available in SiBCS, profiles 1 and 2 are considered *Neossolo Litólico* because they have A (anthropic) horizon on material with 90 % or more of its mass consisting of rock fragments larger than 2 mm (Embrapa, 2018). In addition, they are *carbonático* because they have a carbonate character evidenced by the high values of equivalent carbonates in all horizons under anthropogenic influence (Table 2).

The accommodation of A's horizons formed by ancient anthropic activity was a recent and valuable inclusion in the Brazilian system. Thus, the two soil profiles analyzed at Rio Preto I site present an anthropic horizon, with the presence of bonfire remains and charcoals, similarly to what was reported by Villagran (2008), Corrêa et al. (2011), Teixeira et al. (2012), Gernet (2013), Reis (2015), Silva (2018) and Lourenço (2020). Contrary to what was observed by Lourenço (2020), in sambaqui soils developed in fluvio-marine plains of the Eastern Amazon, the archaeo-anthrosols studied in the southern region of Espírito Santo are too immature in structure development to present a chernozemic A horizon.

According to the hierarchy of the Brazilian taxonomic system, the studied archaeo-anthrosols would be named as "typical" on the fourth categorical level, which has nothing to do with the genetic nature of the soils in question. Thus, the classification presented represents a suggestion for the inclusion of the *A anthropic* horizon in a fourth categorical level for the *Neossolo Litólico Carbonálico* class (Embrapa 2018). As already highlighted, the studied soils have cementation structures of a carbonate nature that are morphologically very similar to petrocalcic horizons. However, from a genetic view, studies that support alternative models for the formation of this horizon in addition to the natural evolution of calcic horizons are still lacking (Soil Survey Staff 2014).

According to the World Reference Base for Soil Resources, produced by the FAO (IUSS Working Group WRB 2015), the studied soils were classified as "Pretic Anthrosol (Orthoeutric, Protocalcic, Technoskeletic)". Among the most used taxonomic systems in the world, this represents

the most efficient way to classify sambaqui soils, as it better encompasses their specificities. The system allocates Anthrosols at the highest categorical level, in addition to differentiating affections of long-term anthropogenesis and large interventions of technogenic origin – Anthrosols and Technosols, respectively (IUSS Working Group WRB 2015). The recent inclusion of the pretic horizon brought an enormous advance to the framing of Anthrosols developed on archaeological sites, notably, sambaqui soils, Amazonian Black Earths and soils under shelters.

The classification exercise was also carried out based on the Archaeo-anthrosols Classification Legend - LCA (Kampf and Kern 2005), a system developed in Brazil supported by numerous pedoarchaeological studies in Amazonian Black Earths. The profiles were framed as: Tambic Archaeo-anthrosol, ebanic, endoeutric, skeletal, carbonate (Profile 1) and Tambic Archaeo-anthrosol, gray, endoeutric, skeletal, carbonate (Profile 2).

This classification system was the only one among those used that resulted in distinct soil classes among the analyzed profiles. Characteristics related to skeletal and carbonate character and high base saturation were evidenced by the other classifications (Kampf and Kern 2005; IUSS Working Group WRB 2015). However, from this classification it was possible to reveal that Profile 1, representative of the top of the sambaqui, has greater pedogenetic development, corroborating a greater depth of organic material and expressed by the “ebânico” qualifier present. On the other hand, Profile 2 differed from Profile 1 based on the “cinzento” qualifier, derived from the marked presence of bonfire remains throughout the profile. Apparently, bonfire remains are not as expressed in Profile 1, due to increased bioturbation.

5.4.3 - The archaeological implications of the soils of the sambaqui Rio Preto I

In chronological terms, the sambaqui Rio Preto I is, so far, the oldest sambaqui in the southern interior of the state of Espírito Santo. The oldest sambaquis in the state are the Santa Maria site (municipality of Santa Leopoldina), dating from 8042-7320 years Cal. AP (Perota 1995) and the sambaqui Suruaca (Municipality of Linhares), dating back to 6800 years Cal. AP (Villagran at al. 2018), both on the north coast.

Charcoal fragments found at 85 cm from the surface at P2 had ages ranging from 6398 to 6568 years Cal. AP. The age indicates that the beginning of human occupation in this region took place at the most transgressive Holocene, which reached its peak in Espírito Santo about 5500 years ago Cal. AP, with a mean sea level rise of 4±1 m, according to data obtained for the region of Guarapari (Giannini et al. 2013).

Vilagrán et al. (2018) emphasized that in the north of the state, the transgression would have led to the flooding of what is now the marine plain, but the Pleistocene terraces at the mouth of the Doce River have always remained surfaced, continuously available for occupation. A similar case occurred in the study area, which is 20 km away from the current coastline. While many lakes and lagoons would have formed in the floodplain of the Itabapoana River, the sambaquieiros possibly occupied the unflooded terraces and used resources from the flooded areas. Authors such as Gaspar (1996) and Deblasis et al. (2007) showed the importance of coastal lagoons as occupation centers on the Brazilian coast. Lira (2018) discussed a sambaqui tree complex on the banks of the Rio Preto, a tributary of the Itabapoana River, reinforcing the attractiveness of this environment in the past.

After 5100 BP, the relative sea level progressively lowered to the current position, but went through two rapid phases of fluctuation between 3000 and 2500 (Suguio 1982). Consequently, many lagoons dried up and rivers flowed directly into the Atlantic Ocean (Martin et al. 1996).

The morphology and properties of the studied soils portray a typical panorama of other Brazilian sambaqui archaeo-anthrosols, and support interpretations of human occupation in the place. Contrary to what Vilagrán (2012) observed, in which the shell middens in Santa Catarina state would have been formed by reworking components deposited and burned in a different location from where they are currently located, elements that were not identified in the shell Rio Preto I suggest this rework, although more detailed studies of microfacies such as those carried out by this author are lacking.

Anyway, so far, the absence of burials and the large amount of burning activities could be indicative of a possible sambaqui for worship, working as a space for devotion, meeting and signal fires, as suggest Campos (2016). The results suggest that the burnings were carried out on the spot, and as a permanent practice, considering the density of bonfire remains observed. Such layers are related to moments of intense occupation (Kämpf et al. 2003; Woods 2009). The changes in the sharpness of the transition between C horizons, which still portray the stratigraphy of the construction of the sambaqui, are related to changes in the pattern of occupation. The change in the topography of transition between horizons, on the other hand, may be related to perforations made to fix dwelling points (Bryan 1993), or to trampling itself.

The absence of Au horizons in the subsurface can be interpreted in two ways: i) from approximately 6500 years until the final abandonment of the sambaqui, there were no significant moments of abandonment in which the action of pedogenesis was able to form such horizons on the surface, which would later be buried with the return of occupation; or ii) the environmental conditions, mainly characterized by the climate, were not favorable to the occupation of vegetation in these moments of abandonment, or they were lost. The first hypothesis seems more possible, related to the fact that the ages per 14^{C} reveal that between 85 and 40 cm at P2 of approximately 1,000 years, with records of bonfires remains in this interval, suggesting frequent occupation. In addition, the Rio Preto

I sambaqui is only one of the 15 sambaquis around the paleolaguna, corroborating Lira (2018) in the identification of a sambaquieiro complex in the place. More in-depth geoarchaeological studies, integrating this shell with the others, can help to understand the intentions and modes of occupation involved in effect during its construction.

5.5 - CONCLUSIONS

1 – The soils developed in the Rio Preto 1 sambaqui show a weakly pedogenetic development degree. Parental material, hill topography, organisms (especially the current vegetation), and the human activities were the main soil factors linked to archaeo-anthrosols formation in study area. The main pedogenetic processes identified were melanization, stabilization of organic matter, fine particles movement (lessivage and podzolization) and induced carbonate cementation.

2 – The physical properties denote skeletal soils, with a low degree of shell fragmentation, both by human trampling in the past and by bioturbation; with higher clay contents on the topsoil and on horizons influenced by bonfires remains. The chemical properties reveal the influence of the parental materials, and characterize the soils by the high values of pH, Ca, Mg, K, P and TOC in the sorting complex, and SiO_2, Al_2O_3, P_2O_5 and Fe_2O_5, and CuO in the total chemical composition. The soil mineralogy reflects the chemical composition, highlighting the calcite, aragonite and apatite minerals. The presence of halite and maghemite were attributed to the use of fire by human interventions.

3 – The soils were classified as *NEOSSOLOS LITÓLICOS Carbonáticos "antropogênicos"* by the SiBCS, as Pretic Anthrosol (Orthoeutric, Protocalcic, Technoskeletic) by WRB/FAO, and *Arqueoantrossolo Tâmbico, ebânico, endoêutrico, esquelético, carbonático* and *Arqueoantrossolo Tâmbico, cinzento, endoêutrico, esquelético, carbonático* in the key of soil classification proposed by Kämpf et al (2003). This classification exercise showed how difficult it is to fit into current systems, let alone how little connection between them.

4 – The period of occupation that led to the construction of the Rio Preto 1 sambaqui is approximately 1,300 years, being so far the oldest sambaqui on the south coast of the Espírito Santo state, with more than 6,000 years. The absence of organic pedogenetic horizons in depth, formed by the degradation of shells with a strong participation of vegetation, as occurs on the surface, suggests that the sambaqui did not have periods of great abandonment. The presence of many bonfires remains in the subsurface reinforces this interpretation, with an eminently worship and meeting uses, since so far no burials have been identified in the area.

5 – The formation of carbonate concretions in bonfires remains zones is a fact that needs to be further investigated, as they have properties similar to petrocalcic horizons. These investigations may reveal whether concretions can be formed directly associated to the bonfires, or whether they are related to mechanisms of dissolution and precipitation of the ashes under conditions of later alternating climate.

CAPÍTULO 6
CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo pedoarqueológico no sambaqui Rio Preto 1 possibilitou compreender a atuação da pedogênese no arqueoantrossolos de sambaqui. A formação de solos no sambaqui Rio Preto 1, tem sua gênese explicada pela integração dos processos naturais de formação de solo e pedogênese induzida pela atividade humana. Os solos apresentaram um baixo de desenvolvimento pedogenético com elevados teores de pH, Ca, Mg, K, Zn, P e principalmente carbono (COT). Ainda, coloração escura, com valor de croma baixo, possuem textura esquelética, com predomínio da fração grosseira. A mineralogia do solo é composta calcita, aragonita, caulinita, halita, hidroxiapatita e picos discretos de maghemita. Os resquícios de fogueiras estudados foram importantes para compreensão da gênese desses solos.

A Abordagem pedoarqueológica adotada nessa pesquisa foi imprescindível para compressão da gênese, pois integrou as técnicas e métodos da pedologia e arqueologia. Por se trata de abordagem que transita entre duas ciências, alguns desafios e dificuldades foram enfrentados nesse trabalho que deve ser mencionado para à valorização dessa pesquisa e serve de alerta para demais pesquisas. Primeiro, pesquisas pedoarqueológica no brasil é recente, com ênfases em trabalhos em Terras Pretas de Ìndios, em sambaquis ainda é escasso, dificultando um diálogo com demais autores. Segundo, por sambaquis ser reconhecido como sítio arqueológico e patrimônio mundial seu estudo só é possível por meio de autorização do Iphan e com à participação de arqueólogo que fica responsável pela abertura de perfil e coleta das amostras.

A coletas devem ser com todo o cuidado, afim de não obstruir o sitio. No caso do Sambaqui Rio Preto 1, as coletas foram realizadas em três perfis que já estava aberto em outras escavações. As amostras coletadas nesses perfis, continham pouca Terra Fina Seca ao Ar em algumas camadas, prejudicando algumas análises. Logo, o grande desafio foi ter cuidado para não perder amostras. Ainda esta pesquisa, dependia totalmente de analises em laboratório, que ficaram prejudicadas devido a pandemia de COVID-19. A pandemia e principalmente o isolamento social fizeram mudanças na rotina, e adaptações tiverem que ser pensadas para continuidade dessa pesquisa, que no fim, conseguiu cumprir seu objetivo.

A abordagem pedoarqueológica permitiu destacar que os sistemas de classificações de solos adotados mundialmente ainda carecem de avanços para estudos em solos antrópicos, principalmente em solos de sambaquis. Nesse estudo foi sugerido a inclusão horizonte A antrópico em quarto nível categórico para a classe dos Neossolos Litólicos Carbonáticos do Sistema Brasileiro de Classificação

de Solo. Mas a inclusão dos solos de sambaquis em nível de primeira ordem no sistema de classificação, seria de suma importância para o reconhecimento e preservação desses solos.

Ainda, esta pesquisa destaca que a tal como outros solos, os solos de sambaquis desenvolvem-se a partir da ação combinada dos fatores de formação, a saber: clima, material de origem, relevo, organismos e tempo. A seguir, será descrita a ação de cada um deles para o contexto e formação dos solos de sambaquis brasileiros.

Sob o ponto de vista da ação do CLIMA, esses solos são frequentemente encontrados em regiões litorâneas e, portanto, experimentam diretamente o efeito da maritimidade. Estão sujeitos à elevada umidade imposta pelos altos índices de precipitação pluviométricas e elevadas temperaturas, condições típicas de zonas intertropicais; e são influenciados pela salinidade trazida pelos ventos litorâneos (*spray* salino) ou pela entrada de águas salobras com a variação de marés.

Em relação a MATERIAL DE ORIGEM, são solos formados a partir de materiais diversos depositados ou acumulados pelo sambaquieiros, como conchas carbonáticas, fragmentos de cerâmica, restos de fogueiras, restos mortais derivados de hábitos alimentares e cerimônias ritualistas das comunidades que habitavam o sambaqui. Esses materiais, após depositados, estão passíveis de modificações físico-químicas o que confere aos solos de sambaquis características pedoquímicas anômalas em relação aos solos tropicais.

Os solos de sambaqui são encontrados predominantemente em planícies fluviocosteiras, cuja morfologia é caracterizada pelas baixas declividades. Nesse caso, a própria ocorrência dos montículos de conchas representa uma importante modificação do RELEVO local e, consequentemente, dos fluxos hídricos superficiais.

O fator ORGANISMO consiste em um valioso marcador temporal de início da pedogênese sobre sambaquis. A colonização vegetal e da meso/microfauna sobre os amontoados de conchas indicam a estabilidades de tais depósitos e fornecem material orgânico que participam de importantes processos associados à formação de Arqueoantrossolos de sambaquis. Vale ressaltar que à ação humana vem sendo entendida como fator organismo, no entanto, fica evidente que para contextos de formação de solos mediada pela ação humana, tal agente poder ser considerado como um sexto fator de formação.

No caso do sambaqui Rio Preto 1, foi comprovado que ação humana pode ser considerada um sexto formado de solo. O fator antrópico, juntamente com fator material de origem, topografia e organismos foram atuantes na formação desse solo. Ainda os principais processos pedogenéticos identificados foram a melanização, a estabilização da matéria orgânica, a movimentação de finos (lessivagem e podzolização) e a cimentação carbonática induzida.

Por fim, este trabalho enfatiza a importância da abordagem pedoarqueológica em sítios arqueológicos, que além de contribui para gênese e classificação de solos arqueológicos também contribuir para o entendimento da ocupação dos grupos pré-históricos. Outra questão a enfatizar, que o sambaqui Rio Preto 1 vem sendo degradado, necessitando com urgência não só de registro, mas também de fiscalização rotineira pelos órgãos responsáveis, afim de garantir a preservação e integridade dessa relíquia.

Referências

Afonso, M. C., Deblasis, P. A. D. 1994. Aspectos da formação de um grande sambaqui: alguns indicadores em espinheiros II, Joinville. *Rev. do Mus. de Arq. e Etn*., 4:21-30, 1994.

Albino, J. 2000. As areias bioclásticas como principal fonte de sedimentos das praiais associadas aos tabuleiros da Formação Barreiras. In: VI Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, *Anais*, 2:124-130.

Albino, J., Vale, C. C., Gomes, R. C. 2004. *Descrição Climática do Litoral do Espírito Santo. Vitória:* Instituto do Milênio – RECOS. Modelagem, monitoramento, erosão e ocupação costeira – MMOC/ES.

Albino, J., Girardi, G., Nascimento, K. A. 2006. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro Espírito Santo. In: D. MUEHE (ed.) *Panorama da erosão costeira no Brasil*. Espírito Santo, Ministério do Meio ambiente, 431- 475.

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., Sparovek, G. 2014. Köppen's climate classifi cation map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22:711-728.

Alves, J. S. E. 2016. *Faciologia do Grupo Barreiras no Sul do Estado do Espírito Santo*. Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde – Departamento de Geologia – Universidade Federal do Espírito Santo, Espirito Santo. Trabalho de Conclusão de Curso, 69p

Alves, P. C. O. 2017. *Descobrindo sambaquis: uma proposta de educação patrimonial com a comunidade escolar do distrito de jaqueira, Presidente Kennedy-ES-BRASIL*. Instituto Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, Dissertação, 173p.

Antongiovanni, L. L., Coelho A. L. N. 2015. Desertificação no estado do Espirito Santo. 90p.

Arai, M. 2006. A Grande Elevação Eustática do Mioceno e Sua Influência na Origem do Grupo Barreiras. *Geol. USP Sér. Cient.*, 6(2):1-6. **https://doi.org/10.5327/S1519-874X2006000300002**.

Araújo, R. P. 2018. Por uma Abordagem Geoarqueológica: A Interface Entre a Arqueologia e as Ciências da Terra e a Ênfase no Contexto Espacial. *Cadernos do LEPAARQ*. 14(29):1-20. **https://doi.org/10.15210/lepaarq.v15i29.12298**.

Atlas da Mata Atlântica do estado do Espírito Santo (SOS Mata Atlântica). 1998.

Bandeira, D. R., Oliveira, E. L., Santos, A. M. P. 2009. Estudo estratigráfico do perfil nordeste do Sambaqui Cubatão I, Joinville/SC. *Rer. do Mus. de Arque. e Etno*., 19:119-142. **https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2009.89880**.

Barbosa, M. 1993. O uso das estruturas arqueológicas como indicadores espaciais no sambaqui Boa Vista I, Cabo Frio, Rio de Janeiro, *Infoarqueodata*, 2:1-6.

Bertê, A. A., Surtegaray, D. A. 2004. Depósitos tecnogênicos e planejamentos urbanos: o aterro sanitário da zona norte do Porto Alegre – RS/ Brasil. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, V Encontro Sul Americano de Geomorfologia, Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio grande do Sul, *Anais*. 1-16.

Bessler, K. E., Rodrigues, L. C. 2008. Os polimorfos de Carbonato de Cálcio- uma síntese fácil de Aragonita. *Química Nova*, 31:1-3. **https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000100032**.

Brandão, F. D., Gonçalvés, M. A., Jabor P. M. 2018. *Diagnóstico e o Prognóstico das Condições de Uso da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana como Subsídio Fundamental ao Enquadramento e Plano de Recursos Hídricos.* Espírito Santo, 414p.

Bryan, A. L. 1993. The sambaqui at Forte Marechal Luz, state of Santa Catarina, Brazil. In: A. L. Bryan & R. Gruhn (ed.) *Brazilian Studies, Oregon: Center for The Study of the first Americans*,1-144.

Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos/Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico. http://portal.iphan.gov.br/sgpa/cnsa_resultado.php 2021/acesso em: 30 jan. 2021.

Calippo, F. R. 2004. *Os Sambaquis Submeros de Cananéia: Um Estudo de Caso de Arqueologia Subaquática. Universidade de São Paulo*, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 138p.

Caloti, V. A. 2019. *Uma intervenção arqueológica no sambaqui do rio preto, Presidente Kennedy, para o trabalho com educação patrimonial na EMEIEF Bery Barreto de Araújo*. Instituto Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, Dissertação de mestrado, 179p.

Campos, C. R. P. P. 2016. *O Sambaqui Campinas 1 – Presidente Kennedy, ES: Um estudo de caso à luz da Arqueologia da Paisagem*. (monografia). Disponivém em https://dgp.museunacional.ufrj.br/geoquater/monografias/Carlos_Campos_2016_O_Sambaqui_Campinas_1_-_Presidente_Kennedy_Monografia_Geoquater_MN_UFRJ.pdf.

Campos, C. R. P. P., Araújo, B. O. P., Fadini G. P., Vieira L. S. L., Roldim M. M. C. 2017. Aula de Campo como estratégia metodológica na formação de professores: Uma intervenção pedagógica no Sambaqui do Limão (ES). XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, *Anais.* 11:1-9.

Campos, C. R. P. P., Roldim, M. M. C., Araújo, B. O. P. 2019. Uma intervenção pedagógica no Sambaqui do Limão (ES): contribuições para a formação de professores. *Terrae Didatica*, 15:1-15. **https://doi.org/10.20396/td.v15i0.8655269**.

Campos, C. R. P. P. 2020. Relatório "*Intervenção Arqueológica no Sambaqui do Rio Preto",* (inédito).

Campos, M. C. C., Ribeiro R. M., Júnior, V. S. S., Filho, M. R. R., Sousa, R. V. C. C., Almeida, M. C. 2011. Caracterização e classificação de terras pretas arqueológicas na Região do Médio Rio Madeira. *Bragantia*, 70(3):598–609. https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000300016.

Cardoso, R. S. B. 2016. *Transformação da paisagem: os sambaquis e a relação com o patrimônio arqueológico no município de Guarapari-ES no período 1984-2011*. Universidade Federal De Viçosa, Viçosa-MG, Dissertação de Mestrado, 100p.

Cardoso, R. S. B., Faria, A. L. L., Rocha, P. A., Costa, L. M. Assis, A. A. F. 2020. Sambaquis do litoral de Guarapari-ES: química, física e malacofauna. *Sociedade & Natureza*, 32:2020-54869. https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-54869.

Castro, S. S., Cooper, M. 2019. *Fundamentos de micromorfologia de solos.* Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, 240p.

Coelho, A. L. N., Goulart, A. C. O., Bergamaschi R. B., Junior F. J. T. 2012. mapeamento geomorfológico do estado do Espírito Santo. Universidade Federal do Espírito Santo. III.Série. 21p.

Corrêa, G. R. 2007. *Caracterização pedológica de arqueo-antropossolos no Brasil: sambaquis da região dos Lagos (RJ) e terras pretas do índio na região do baixo rio Negro/Solimões (AM).* Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Dissertação de mestrado, 115p.

Corrêa, G. R., Scheffer, C. E. G. R., Melo, V. F. Souza, K. W. de, Ker J. C., Rodrigues, I. M. M., Senra, E. O. 2011. Physical and chemical attributes of archaeological soils developed from shell middens in the Região dos Lagos, Rio de Janeiro, *Brazil. Rev. Bra. de Ciên. do Sol*, 35:1100-1111. https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000400004.

Corrêa, G. R., Scheffer, C. E. G. R., Gilks, R. J. 2013. Phosphate location and reaction in an archaeoanthrosol on shell-mound in the Lakes Region, Rio de Janeiro State, Brazil. *Quaternary International*, 315:16-23. **https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.036**.

Costa, J. A., Kern, D. C., Costa, L. M. Da., Rodrigues, E., Kãmpf N., Lehmann, J., Frazão, F. J. L.T. 2009. Geoquímica das Terras Pretas Amazônicas. In: W. G. Teixeira, D. C. Kern, B. E. Madari, H. N. Lima, W. I. Woods (ed.) *As Terras Pretas de Índio da Amazônia - Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, 162–171.

Cunha, T. J. F., Madari, B. E., Canellas, L. P., Ribeiro, L. P., Benites, V. M. DE., Santos, G. A. 2009. Soil organic matter and fertility of anthropogenic dark earths (Terra Preta de Índio) in the Brazilian Amazon basin. *Rer. Bras. de Ciên. do Sol.*, 33(1):85–93. **https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100009**.

Cursio, G. R., Lima, V. C., Giarola, N. F. B. 2004. *Antropossolos: Proposta de Ordem (1ª aproximação). Colombo:* EMBRAPA Florestas, 49p.

Chen, P. Y. 1977. *Table of key-lines in X-ray power diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks.* Bloomington, Department of Natural Resources, Geological survey occasional paper, 21, 67p.

Deblasis, P. A. D., Fish, S.K., Gaspar, M. D., Fish, P. R. 1998. Some references for the discussion of complexity among the Sambaqui moundbuilders from the southern shores of Brazil. *Journal of American Archaeology*, 15:75-105.

Debrasis, P., Kneip A., Ybert R. S., Giannini P, C. Gaspar M. D. 2007. Sambaquis e Paisagem. Arqueologia Sul Americana, 3(1): 30-61.

Denevam, W. 2009. As origens Agrícolas da Terra Mulatas na Amazônia. In: W. G. Teixeira, D. C. Kern, B. E. Madari, H. N. Lima, W. I. Woods (ed.) *As Terras Pretas de Índio da Amazônia - Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas.* Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, 82-86.

Drew, D. 2010. Impacto do homem sobre aspectos do ambiente. In: David. D.(ed.) *Processos interativos homem-meio ambiente*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil,

Dias, M. A. 2017. *Antropossolos: Enquadramento Taxonômico e Implicações Ambientais*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Dissertação de mestrado, 132p.

Dudal, R., Nachtergaele, F. O., Purnell, M. F. 2002. The human factor of soil formation. In: Symposium 18, Transactions 17th World Congress of Soil Science, Bangkok. *Anais*, 2:93.

Embrapa, 2017. *Manual de métodos de análise de solo*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro. 212p.

Embrapa, 2018. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos***.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Brasília-DF. 356p.

Falcão, N., Moreira, A., Comenford, N. B. 2009. Fertilidade do solo de Terra Preta de Índio. In: W. G. Teixeira, D. C. Kern, B. E. Madari, H. N. Lima, W. I. Woods (ed.) *As Terras Pretas de Índio da Amazônia - Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas.* Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, 189-201.

Figuti, L., Klökler, D. M. 1996. Resultados preliminares dos vestígios zooarqueológicos do estígios zooarqueológicos do sambaqui Espinheiros II (Joinville, SC). *Rer. Do Mus. de Arq. e Etn.*, 6:169-187. **https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.1996.109260**.

Filizola, Heloisa. F; Gomes, Marco AF. 2004. Coleta e impregnação de amostra de solo pára análise de micromorfologia. Comunicado técnico 20. Embrapa.

Fischer, H., Luster, J., Gehring, A. U. 2007. EPR evidence for maghemitization of magnetite in a tropical soil. *Geophysical Journal International*, 169:909–916. **https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2007.03311.x**

Fonseca, D., Monteiro da Silva, S. F. S. 2017. Os pescadores, coletores e caçadores holocênicos dos litorais Sul e Norte do Brasil considerações sobre os sambaquis. *Clio Arquéologica*, 32(1):95-145. https://doi.org/10.20891/clio.V32N1p95-145

Froes de abreu. 1938. A importância dos sambaquis no estudo da pré-história do Brasil. Revista da sociedade de geografia, Rio de Janeiro.

Garbin, ML Saiter, FZ., Carrijo, TT., Peixoto, AL. 2017. Breve histórico e classificação da vegetação capixaba. *Rodriguésia*, 68(5):1883-1894. **https://doi.org/10.1590/2175-7860201768521**.

Gaspar, M. D. 1996. Análises da bibliografia sobre pescadores, coletores e caçadores que ocuparam o estado do Rio de Janeiro. *Rev. Do Mus. de Arque. e Eton*., 6:337-367. **https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.1996.109278**.

Gaspar, M. D. 2000. *Sambaqui: arqueologia do litoral brasileiro*. Coleção Descobrindo o Brasil. Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, 89p.

Gaspar, M. D., Klokler, D., Bianchini, G. F. 2013. Arqueologia estratégica: abordagens para o estudo da totalidade e construção de sítios monticulares. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciên. Hum*., 8(3):517-533.

Gernet, V. M. 2012. *Gênese e Ocupação do Sambaqui do Guaraguaçu, Pontal do Paraná*. Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Paraná, Dissertação em Ciência do Solos, 46p.

Giannini, P. C. F., Vilhagran, X. S., Fornari, M. Rodrigues, D. Menezes, P., Tanaka, A. P. Assunção, D. De Brasis P. Amaral, P. 2010. Interações entre evolução sedimentar e ocupação humana pré-história na costa sul de Santa Catarina. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciên. Hum.* 5:105-128.

Giannini, P. C. F., Ribeiro P., Nascimento, D. R. do., Pessenda, L. C. R. 2013. Os vermetídeos fósseis de Guarapari, ES: novos dados para a discussão do nível relativo do mar e da circulação costeira no Holoceno. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 14., Natal. *Anais*, não paginado.

Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., Zech, W. 2001. The "Terra Preta" phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88(1):37–41. **https://doi.org/10.1007/s001140000193**.

Hazelton, P., Murphy, B. 2016**.** *Interpreting Soil Test Results What do All The Numbers Mean*. Austrália, CSIRO Publishing. 200p.

Hogg, A., Heaton, T., Hua, Q., Palmer, J., Turney, C., Southon, J., Bayliss, A., Blackwell, P., Boswijk, G., Bronk Ramsey, C., Petchey, F., Reimer, P., Reimer, R., & Wacker, L. 2020. SHCal20 Southern Hemisphere calibration, 0–55,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 62(4): 759-778. **https://doi.org/10.1017/rdc.2020.59**

Holliday, V. T., Gartner, W. G. 2007. Methods of soil P analysis in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, Elsevier Science, 34(2):301-333. **https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.05.004**.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. 2014. Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação. Disponível em: http://www.ibge.gov.br. Rio de Janeiro.

Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. 2021a. História da Arqueologia do Espírito Santo. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1368/ Acesso em: 30 jan 2021.

Iphan Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. 2021b. Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos. Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico. Retrieved from http://portal.iphan.gov.br/sgpa/?consulta=cnsa CNSA/SGPA

IUSS Working Group WRB. 2015. *World Reference Base for Soil Resources, update 2015*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 192p.

Jenny, H. 1945. Factors of Soil Formation: a system of quantitative pedology. New York: Dover Publications. 281p

Kämpf, N., Woods, W. I., Sombroek, W., Kern, D. C, Cunha, T. J. F. 2003. Classification of Amazonian Dark Earths and other ancient antropic soils. In: J. Lehmann, D. C. Kern, B. Glaser, W. I. Woods (ed.) *Amazonia Dark earths. Origin, 45 properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 77-102.

Kämpf, N. Kern, D. C. 2015. O Solo como Registro da Ocupação Humana Pré-histórica na Amazônia. In: P. VIdal– Torrado, L. R. F. Alleoni, M. Cooper, A. P. Silva, E. J. Cardoso (ed.) *Tópicos em Ciência do Solo.* Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, 4:277-320.

Kern, D. C., Costa, M. L. 1977. Composição química de solos antropogênicos desenvolvidos em Latossolo Amarelo derivados de lateritos. *Geociências***,** 16 (1):141–156.

Kern, D. C., Kampf, N. 1989. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na Região de Oriximiná, Pará. *Rev. Bras. de Ciê. do Sol.*, 3:219–225.

Kern, D. C. 2009. Análise e interpretação dos solos e/ou sedimentos nas pesquisas arqueológicas. *Rer. do Mus. de Arq. e Etn.*, 8: 21-35. **https://doi.org/10.11606/issn.2594-5939.revmaesupl.2009.113506**.

Klökler, D. M. 2018. *Food for body and soul: Mortuary ritual in shell mound (Laguna, Brazil).* University of Arizona, EUA, PhD (Antropologia), 369 p.

Kneip, L. M. & Machad,o L. M. C. 1993. *Os ritos funerários das populações pré-históricas de Saquarema, Rio de Janeiro: Sambaquis da Beirada, Moa e Pontinha*. Rio de Janeiro, Série (Arqueologia Documento de Trabalho), 75p.

Keneip, L. M. 1994. *Cultura Material e subsistência das populações pré-históricas de Saquarema, RJ*. Documentos de trabalhos, S. Arqueologia. Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 120p.

Ladeira, A. C., Oliveira, F. S., Scheffer, C. E. G. R., Faria, A. L. L., Pablo, A. R. 2019. Caracterização física e química de arqueoantrossolos de sambaquis no litoral do Espírito Santo. In: Simp. Bra. de Geografia aplicada, Fortaleza, *Anais*, 1-12.

Ladeira, F. S. B. 2012. *A Ação Antrópica Sobre os Solos nos Diferentes Biomas Brasileiros - Terras Indígenas e Solos Urbanos.* Entre Lugar, Dourados, 3(6):127-139.

Lani, J. L., Cunha, A. M., Feiroza, L. R., Feiriza, N. H., Costa, A. N. 2015. Aspectos gerais dos solos do estado do Espírito Santo. In: A. F. S. Costa, A. N. Costa (ed.) *Valores orientadores de qualidade de solos no Espírito Santo.* Espírito Santo, editores técnicos, 13-32.

Lehmann, J. Kern, D. C., Glaser B., WOODS, W. I. 2003. *Amazonia Dark earths. Origin, properties and management.* Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 505p.

Lima, H. N., Scheffer, C. E. G. R., Mello, J. W. V., Gilkes, R. J. Ker, J. C. 2002. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthrosol" ("Indian Black earth") of Western Amazonia. *Geoderma*, 100:1-17. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00141-6.

Lima, M. D. G. 2008. *A história do intemperismo na província Borborema Oriental, Nordeste do Brasil: implicações paleoclimáticas e tectônicas*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tese de doutoramento, 251 p

Lima, T. A. 2000. *Em busca dos frutos do mar: os pescadorescoletores do litoral centro-sul do brasil.* REVISTA USP, São Paulo, 44: 270-327. **https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i44p270-327**

Lira, F. O. DE., 2018. *Por uma História das Conchas – paisagens e sambaquis nas Planícies do Itabapoana.* Universidade Federal De Viçosa, Viçosa-MG. Dissertação de Mestrado, 199p.

Lourenço, V. R. 2020. *Pedogeoarqueologia de solo desenvolvido de sambaqui fluvio-marinho na Amazônia Oriental.* Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. Dissertação de mestrado.

Lornardos, O. H. 1938. *Cocheiros naturais ou Sambaquis.* Rio de janeiro. 109p.

Martin, L., Suguio, F., Flexor, J. M., Archanjo, J. L. 1996. Coastal Quaternary Formations of the Southern Part of the State of Espírito Santo (Brazil). *An. Aca. Bras, Ci*, 68(3).

Martin, L., Suguio, F., Dominguez, J. M. L., Flexor, J. M. 1997. *Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo.* Belo Horizonte, CPRM. 112p.

Mello, W. l. 2017. *Compartimentação dos tabuleiros da Formação Barreiras na região Sul do Espírito Santo.* Instituto de Geociência, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Trabalho Final de Curso (Geologia). 28p.

Miranda, R. S. 2017. *O lugar dos sambaquis no acervo do patrimônio cultural do município de Presidente Kennedy-ES: uma formação de professores dialógico-dialética*. Instituto Federal do Espírito Santo, Espírito Santo. Dissertação de mestrado, 213p.

Miranda, R. S., Campos, C. R. P. P. 2017. *Potencialidades pedagógicas dos sítios arqueológicos do tipo sambaqui: Uma sequência didática para trabalhar a educação patrimonial*. Espírito Santo, 34p. (Série cadernos pedagógicos).

Munsell Soil Colour Charts. 2009. *The Munsell Soil Colour Book. Colour charts, Munsell Colour Company Inc.*, MD 2128, Newburgh, USA.

Neves, W. A., Hubbe M., Okumura M. M. Gonzalés-josé R. Figuti L. Eggers S., DeBrasis P. 2005. A new Early Holoceno Human skeleton from Brasil:Imprications for the settlement of the New Wolrd. *Journal of human evolutionmam Evolution*, 48:403-414.

Nowatzki, C. 2019. *Noções de Geoarqueologia*. Rio Grande do Sul, 97p.

Nunes, F. C., Silva, E. F., Vilas Boas, G. S. 2011. *Grupo Barreiras: características, gênese e evidências*. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 31p.

Oliveira, A. M. S. 1990. Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. In. Cong. Bras. de Geol. de Engen., Salvador, ABGE, 6, *Anais*, 411-415.

Oliveira, F. T. 2010. *Estudo comparativo dos sambaquis Caipora, Lageado e Jaboticabeira I: Interpretações acerca da mudança de material construtivo ao longo do tempo*. Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação em Arqueologia, 127p.

Orssich, A. 1981. Relatório arqueológico do Espírito Santo. Revista de Cultura da UFES, Vitória, 6 (20):73-120.

Parellada, C. I., Gottardi Neto, A. 1993. Inventário de sambaquis do litoral do Paulo. *Arq. Do Mus. Paranaense*, 7:1-42.

Pedron F. A, Dalmolin R. S. D, Azevedo, A. C, Kaminski J. 2004. Solos Urbanos. *Rev. Ciê. Rural*. 34(5):1647-1653. **https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000500053**.

Peloggia A. U. G. 1997. A ação do homem enquanto ponto fundamental da Geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do Município de São Paulo. *Rer. Bras. de Geociê*., 27(3):257-268. http://dx.doi. org/10.25249/0375-7536.1997257268.

Perota C. 1971. Dados parciais sobre a arqueologia norte Espírito-Santense. Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas: resultados preliminares do 4° ano, 1968-1969. *Publicações Avulsas do Mus. Para. Emílio Goeldi*, 15:149-162.

Perota, C., Botelho, W. C., Assis, V. S. de., Moreira, I. G, S.1992. O sítio "dunas de Itaúnas": considerações sobre a evolução holocência no litoral do estado do Espírito Santo. In: Cong. da Asso. Bras. de Estu. do Quat., 3, Belo Horizonte. *Anais*, 317-329.

Perota, C. 1995. Pré-história do Espírito Santo: os índios de Aracruz. Vitória: [s.n.].

Prous, A. 1992. As culturas do litoral centro e Sul Brasileiro (1ª parte). In: A Prous (ed.) *Arqueologia Brasileira.* Brasília, Editora UNB, 199-265.

Reis, A. H. C. 2015. *Fertilidade, caracterização química, mineralogia e morfologia de cerâmicas e solos de terra preta arqueológica do sambaqui Jacarequara (BarcarenaPA)*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Mestrado em Geologia e Geoquímica, 88p.

Reetz, F. H., Lopes, A. S .2017. *Solos fatos e conceitos*. ANDA, São Paulo.

Resende, M., Rezende, S. B. 1983. *Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes.* Inf. Agropec., Belo Horizonte. 9:3-25.

Roosevelt, A. C., Imazio, M., Maranca, S., Johnson, R. 1991. Eight millennium pottery from a shell midden in the Brazilian Amazon. *Science*, Washington DC, 254:1621-1624.

Rostain, S. 2017. Las siete maravillas de la Amazônia precolombina. Cuando naturaleza y cultura se juntam. In: S. Rostain & C. J. Betancourt (ed.) *Las siete maravillas de la Amazônia precolombina*. La Paz - Bolivia, Plural editores, 148-152. **https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000200015**.

Ruiz, H. A 2005. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). *Rer. Bras. de Ciên. do Sol.,* 29(2):297-300.

Sah, R. N., Mikkelsen, D. S. 1986. Transformations of inorganic phosphorus during the flooding and draining cycles of soil. *Soil Science America Journal*, 50:62-67. **https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000010012x.**

Salles Cunha, E. 1960. Abrasões dentárias no homem dos sambaquis. *Revista do Sindicato de Odontologistas do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, 6:1-9.

Santos, L. A. C. Dos., Araújo, J. K. S., Jùnior, V. S. S. De. Campos, M. C. C. Corrêa, M. M., Souza, R. A. S. Da. 2018 Pedogenesis in an Archaeological Dark Earth – Mulatto Earth Catena over Volcanic Rocks in Western Amazonia, Brazil. *Rer. Bras. de Ciê. do Sol*., 42:1-8. **https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170359**.

Santos, R. D., Lemos, R. C., Santos, H. G., Ker, J. C., Anjos, L. H. C., Shimizu, S. H. 2015. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*, 7 ed. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, 101P.

Serrano, A. 1946. The Charrua. In: Steward J. H. (Ed.). *Handbook of South American Indians.* Washington: Government Printing Office, (Smithsonian Institution. Bureau of American Ethnology. Bulletin, 143) 1:191-196.

Scatamacchia, M. C. M., Demartini, C. M. C., Calippo, F. R. 2003. *Guia Arqueológico do Baixo Vale do Ribeira. - Memorial do Mar*, Iguape, São Paulo.

Scheffer, C. E. G. R., Lima, H. N., Gilkes, R. J., Mello, J. W. V. 2004. Micromorphology and electron microprobe analysis of phosphorus and potassium forms of an Indian Black Earth (IBE) Anthrosol from Western Amazonia. *Soil Research*, 42(4) 401-409. https://doi.org/10.1071/SR03106.

Schmidt, M. J. 2016. A Formação da Terra Preta: análise de sedimentos e solos no contexto arqueológico. In: M. P. Magalhães (ed.). *Amazônia Antropogênica*, Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 429p.

Silva, A, F. C. da. 2018. *Caracterização morfológica, física e química de terra preta arqueológica e sambaqui associados na Amazônia*. Universidade Federal Rural do Amazônia, Belém, Dissertação de Mestrado,76p.

Silva, S. F., Machado M. F. 2014. *Geodiversidade do estado do Espírito Santo. Programa Geologia do Brasil, Levantamento da Geodiversidade.* Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, 120 p.

Silveira et al. 2014. Relatório de pesquisa arqueológica desenvolvida no Sambaqui Jacarequara, Barcarena-Pa.

Silveira, M. I., Schaan D. P. 2005. Onde a Amazônia encontra o mar: estudando os sambaquis do Pará. *Rev. de Arqueologia*, 18(1):67-79. **https://doi.org/10.24885/sab.v18i1.205.**

Simpson, I. A., Barrett, J. H. 1996. Interpretation of midden formation processes at Robert's Haven, Caithness, Scotland using thin section micromorphology. *Journal of Archaeological Science*, 3:543–556. https://doi.org/10.1006/jasc.1996.0051.

Software Oxcal 4.4. Christopher Bronk Ramsey, 2021.

Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th ed. USDA-NRCS, Washington, DC.

Sombroek W., Kern D., Rodrigues T. Cravo M. S. Cunha T. J. F. Woods W. Glaser B. Terras Preta e Terra Mulata: suas pontecialidades agrícolas, sua sustentabilidade e suas reprodução. In: W. G. Teixeira, D. C. Kern, B. E. Madari, H. N. Lima, W. I. Woods (ed.) *As Terras Pretas de Índio da Amazônia - Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, 251-257.

Sousa, D. V., Ker, J. C., Rodet. J. M., Scheffer, C. E. G. R., Teixeira, W. G. 2015. Pedoarqueologia em abrigo quartizítico, Sítio Bibocas II, Jequitaí, ocupação humana no holoceno inicial na bacia do São Francisco. *Teoria e Sociedade*, 23:167-197.

Sousa, D. V., Ker, J. C., Prous, A., Scheffer, C. E. G. R., Rodet, J. M., Oliveira, F. S., Silva, R. C. 2017. Archaeoanthrosol formation and evolution of the "Santana do Riacho" archaeological shelter: An old burial site in South America. *Geoarchaeology*, 32:678–693. **https://doi.org/10.1002/gea.21645**.

Stone, T. 1995. Shell mound formation in coastal northern Austrália. *Marine Geology Revista*, 129:77. 100. **https://doi.org/10.1016/0025-3227(95)00101-8.**

Stoops, G. 2003. *Guidelines for the analysis and description of soil and regolith thin sections*. Madison: SSSA, 184 p.

Stoops, G. Marcelino, V. Mees, F. 2010. *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths.* Amsterdam: Elsevier, 69-79.

Stoops, G. 2021. *Guidelines for analysis and description of soils and regolith thin sections*. Madison: Soil Science Society of America, 2nd ed

Suguio, K. Martin, L. Dominguez, J. M. L. 1982. Evolução da planície costeira do Rio Doce (ES) durante o Quaternário: influência das flutuações do nível do mar. In: Simp. do Quat. no Bras., 4, Rio de Janeiro. *Anais*, 93-116.

Teixeira, J. L. C. 2013. *A malha paralela no levantamento arqueológico regional: um estudo de caso da planície litorânea do norte capixaba-Brasil*. Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 153p.

Teixeira, W. G. Martins G. C., Macedo R. S., Junior A. F. N., Moreira A. Benites V. M., Steiner C. 2009. As propriedades Físicas e Hídricas dos Horizontes Antrópicos das Terras Pretas de Índio na Amazônia Central. In: W. G. Teixeira, D. C. Kern, B. E. Madari, H. N. Lima, W. I. Woods (ed.) *As Terras Pretas de Índio da Amazônia - Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, 242–250.

Teixeira, W. G., Plens, C. R., Macedo, R. S., Figuti, L. 2012. Caracterização de um perfil de solo desenvolvido no sambaqui fluvial Moraes, município de Miracatu-SP. R. Museu Arq. Etn., São Paulo, 22: 181-194. **https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2012.107417.**

Tenório, M. C. 2002. Identidade cultural e origem dos sambaquis. *Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, 14:169-178.

Terra Firme Arqueologia. 2010. *Diagnóstico arqueológico interventivo nas áreas direta e indiretamente impactadas pela construção do mineroduto da Ferrous*. Belo Horizonte.

Tupinambá, M., Heilbron, M., Duarte, B. P., Nogueira, J. R., Valladares, C., Almeida, J., Silva, L. G. E., Medeiros, S. R., Almeida, C. G, Miranda, A., Ragatky, C. D., Mendes, J., Ludika, I. 2007. Geologia da Orógeno Ribeira Setentrional: Estado da arte e conexões com a OrógenoAraçuaí. *RevistaGeonomos*, 15(1):67-79.

Vasconcelos, B. N. F., Ker, J. C., Scheffer, C. E. G. R., Poirier, A. P. P. Andrade, F. V. 2013. Antropossolos em sítios arqueológicos de ambiente cárstico no Norte de Minas Gerais. *R. Bras. Ci. Solo*, 37:986-996. https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400016.

Vieira, V. S., Menezes, R. G. 2015. *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais, escala 1:400.000.* Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/ Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte. 289 p.

Villagran, X. S. 2008. *Análise de arqueofácies na camada preta do Sambaqui Jabuticabeira I. Universidade de São Paulo*, São Paulo, Tese de Doutorado, 124p.

Villagran, X. S. 2012. *Micromorfologia de sítios concheiros da Ameroca do Sul: Arqueoestratigrafia e processos de Formação de Sambaquis (Santa Catarina, Brasil) e concheros (Terra do Fogo, Argentina)* (Doctoral dissertation). Dispónivel em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-24072013-145242/pt-br.php.

Villagran, X. S., Pessenda, L. C. R., Valadares costa, H., Atorre, T., Erler, I. S., Strauss, A. Barioni, A. Klökler, D., Tognoli, A., Duarte, C., Bonfim, P. V., Macario, K. 2018. Os primeiros povoadores do litoral norte do Espírito Santo: uma nova abordagem na arqueologia de sambaquis capixabas. *Bol. do Muse. Para. Emílio Goeldi. Ciên. Hum*., 13(3):573-596.

West, D. C. 2017. *Mapeamento geológico (escala 1:25.000) e modelo tectonossedimentar para a Formação Barreiras no sul do estado do Espírito Santo.* Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Trabalho Final de Curso, 72 p.

Whallon, R. 1984. Unconstrained clustering for the analysis on spatial distribution in arcchaeology. In: H. J. Hietala (ed.) *Intrasite Spatial Analysis in Archaeology*. Cambridge University Press, 242-277.

Woods W. 1977. *Os solos e as Ciências Humanas: Interpretação do Passado, Antiguidades Americanas*, 248-252.

Woods W. I. 2003. Development of Anthrosol research. In: J. Lehmann, D. C. Kern, B. Glaser, W. I. Woods (ed.) *Amazonia dark earths. Origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 3-14.

Woods, W. (2009). Os solos e as Ciências Humanas: Interpretação do Passado. In W. G. Teixeira, D. C. Kern, B. Madari, H. N. Lima & W. Woods (Eds.). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas* pp. 248-252. Manaus, AM: Embrapa Amazônia Ocidental.

Yeomans, Bremner. 1998. Carbono orgânico total do solo. In: E. S. Mendonça, E. S. Matos (ed.) 2. *Matéria orgânica do solo métodos de análises*. Viçosa- Mg. 9-57.