

GUILHERME RESENDE CORRÊA

**CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA DE ARQUEO-ANTROPOSOLOS NO  
BRASIL: SAMBAQUIS DA REGIÃO DOS LAGOS (RJ) E TERRAS PRETAS DE  
ÍNDIO NA REGIÃO DO BAIXO RIO NEGRO/SOLIMÕES (AM)**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Solos e Nutrição de  
Plantas, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C824c  
2007

Corrêa, Guilherme Resende, 1981-

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) / Guilherme Resende Corrêa. – Viçosa, MG, 2007. ix, 115f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves R. Shaerfer.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 109-115.

1. Solos - Formação. 2. Solos - Classificação. 3. Solos - Micromorfologia. I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 631.4

**GUILHERME RESENDE CORRÊA**

**CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA DE ARQUEO-ANTROPOSOLOS NO  
BRASIL: SAMBAQUIS DA REGIÃO DOS LAGOS (RJ) E TERRAS PRETAS DE  
ÍDIO NA REGIÃO DO BAIXO RIO NEGRO/SOLIMÕES (AM)**

**Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Solos e Nutrição de  
Plantas, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.**

APROVADA: 13 de agosto de 2007.

---

Prof<sup>ª</sup>. Maria Cristina Tenório de Oliveira  
(Co-orientador)

---

Prof. Elpídio Inácio Fernandes Filho  
(Co-orientador)

---

Prof. João Carlos Ker

---

Prof. Hedinaldo Narciso Lima

---

Prof. Carlos Ernesto Gonçalves R. Schaefer  
(Orientador)

Aos meus pais.  
À Natália.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Gilberto e Fátima, pela educação e dedicação que sempre tiveram por mim.

À Natália, minha namorada, pela paciência, incentivo e amor.

Ao Prof. Carlos Schaefer, pelos ensinamentos, oportunidades, convívio e exemplo. Sou-lhe muito grato e tenho grande satisfação em tê-lo tido como orientador.

Ao Prof. João Ker, pelas boas viagens, pelas grandes contribuições à minha formação e pelo bom convívio.

Ao Prof. Vander da UFPR, pela colaboração nos estudos mineralógicos e pela receptividade e boa companhia em Curitiba.

Ao Prof. Hedinaldo Lima e a Kleberson Souza, pelo apoio e contribuições nas coletas de solo no estado do Amazonas e no desenvolvimento da tese.

Ao Comandante David Canabarro, pelo grande apoio ao trabalho de campo na região de Arraial do Cabo - RJ.

Aos técnicos do Departamento de Solos da UFV: Geraldo, Sônia, Cláudio, Luciana, Fonseca e Sr. Bené, que sempre foram muito prestativos.

Ao Instituto de Geociências da UNICAMP, em especial à Rosane, pelo apoio aos estudos no microscópio eletrônico.

Aos amigos e colegas que sempre me proporcionaram bons momentos e fizeram da minha estada em Viçosa mais prazerosa, em especial: Carolina Biondi, Carlos Ribeiro, Alexandre Nascimento, Ítalo Guedes, Marcus Locatelli, Gislane Mendes, Ivanilda Aguiar, Carlos Pacheco, Laudicéio e Kleberson.

Ao povo brasileiro pelo financiamento dos meus estudos.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Solos, pela oportunidade de realizar esse curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

## SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>GÊNESE, QUÍMICA E MICROQUÍMICA DE ARQUEO-ANTROSSOLOS EM SAMBAQUIS DA REGIÃO DOS LAGOS – RJ</b> .....	9
1. INTRODUÇÃO .....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
2.1. Caracterização geral da área de estudo .....	16
2.2. Seleção, coleta e preparo das amostras de solos .....	17
2.3. Análises físicas, químicas e mineralógicas .....	20
2.4. Micromorfologia e microanálise em seções finas de amostras de solo            indeformada .....	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
3.1. Análise textural e cor .....	23
3.2. Características químicas .....	25
3.3. Aspectos microquímicos .....	31
3.4. Teor total de elementos .....	55
3.5. Fracionamento de substâncias húmicas e carbono orgânico total .....	60
4. CONCLUSÕES.....	62
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>TERRAS PRETAS DE ÍNDIO DO BAIXO RIO NEGRO / SOLIMÕES: gênese, química e microquímica</b> .....	63
1. INTRODUÇÃO .....	63
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	71
2.1. Caracterização geral da área de estudo .....	71
2.2. Seleção, coleta e preparo das amostras de solos .....	72
2.3. Análises físicas, químicas e mineralógicas .....	73
2.4. Micromorfologia e microanálise em seções finas de amostras de solo            indeformada .....	74
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	76
3.1 Classificação dos solos .....	76
3.2. Análise textural e cor .....	79

3.3. Características químicas .....	82
3.4. Aspectos microquímicos .....	89
3.5. Teor total de elementos .....	100
2.6. Fracionamento de substâncias húmicas e carbono orgânico total .....	104
4. CONCLUSÕES.....	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

## RESUMO

CORRÊA, Guilherme Resende, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2007. **Caracterização pedológica de arqueo-antropossolos no Brasil: sambaquis da Região dos Lagos (RJ) e terras pretas de índio na região do baixo rio Negro/Solimões (AM)**. Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Co-orientadores: Elpídio Inácio Fernandes Filho e Maria Cristina Tenório de Oliveira.

Dentre os chamados solos antropogênicos, o presente estudo enfoca os Arqueo-antropossolos. Estes mostram grau de pedogênese bastante avançado, possuindo testemunhos de sua origem antrópica, na forma de atributos químicos, mineralógicos e feições micromorfológicas. Encontram-se, ainda, restos de cerâmicas (para os povos ceramistas), restos de conchas e esqueletos (onde o pH é mais elevado) e outros materiais de difícil degradação, como instrumentos da indústria lítica ou restos parcialmente carbonizados. Esses solos originaram-se através de atividades antrópicas em períodos Pré-históricos, remontando testemunhos culturais ainda pouco conhecidos, nos quais os estudos pedológicos podem auxiliar na reconstituição de seu ambiente de formação. Os Arqueo-antropossolos mais expressivos do Brasil são encontrados principalmente na região amazônica, onde podem ocupar áreas de algumas dezenas de hectares, com espesso horizonte de solo alterado e elevada fertilidade em comparação aos solos do entorno, sendo conhecidos regionalmente como Terra Preta de Índio. Nas regiões costeiras ou em antigos sistemas fluvio-marinhos, ocorrem os Sambaquis, constituídos basicamente de grandes amontoados antrópicos de restos de conchas, submetidos a intensa pedogênese, sendo quimicamente muito ricos em P, Ca e Mg, principalmente. Com o intuito de desenvolver o conhecimento pedológico sobre os Arqueo-antropossolos, estudou-se os processos antrópicos e pedogenéticos que resultaram em alguns tipos de solos, relacionando-os à capacidade de suporte do meio, comparando-os e classificando-os através de sua caracterização física, química e microquímica. Foi verificado a manutenção de elevados valores de nutrientes por longos períodos nos solos de TPI, contrariando os padrões de fertilidade regionais esperados, devendo-se esses à existência de reservas em

diferentes compartimentos ainda não totalmente degradados como: Ca e P presentes nas apatita biogênica, ainda encontradas no solo; K e Na presentes nos abundantes fragmentos de cerâmicas; Cu, Mn e Zn com boa estabilidade em associação a colóides orgânicos, abundantes em horizontes antrópicos. Nas TPI de várzea, muitos elementos de horizontes não antrópicos se sobrepõem aos antrópicos, ao contrário do que foi verificado nas TPI de terra firme, mesmo sem processo significativo de pedobioturbação e eluviação nas áreas de várzea, evidenciando a associação de materiais aportados da várzea na formação das TPI em área de terra firme. Os Arqueo-antrossolos de sambaquis apresentam como principais fontes de P e Ca tecido ósseo, carapaças de moluscos e espinhas de peixes, além de outras fontes mais prontamente disponíveis, não mais presentes no solo, como conteúdos menos densos e maciços (não ósseo) de moluscos, peixe e animais terrestres. Esses conteúdos, mais prontamente degradáveis, seriam os responsáveis pela elevação inicial dos valores de Ca e P, proporcionando um bloqueio à dissolução das formas de apatita de osso mais estáveis. Nos horizontes mais velhos (ocupações humanas mais remotas), o plasma do solo é composto principalmente por estrutura microgranular de fosfatos de cálcio neoformados.

## ABSTRACT

CORRÊA, Guilherme Resende, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2007. **Pedological characterization of brazilian archaeo-anthroposols: sambaquis from the lakes region (RJ) and indian dark earths from the low negro/solimões river region (AM)**. Adviser: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Co-advisers: Elpídio Inácio Fernandes Filho and Maria Cristina Tenório de Oliveira.

This work surveyed some anthropogenic soils, the so-called Archaeo-Anthroposols. Those soils show advanced degree of pedogenesis, displaying tokens of their anthropic origin such as chemical and mineralogical characters and soil micromorphology. Some pottery shards are also constantly found in places where pottery making peoples dwelt, as well as shells and human skeletons, whose weathering increases soil pH, and other resistant material, such as stone made instruments and partially charred debris. These archaeological soils were formed as a result of pre-historic human activity, and they shelter poorly studied cultural remains, so pedologic studies may help reconstruct the environment in which those cultures flourished and the soils began to form. The most widely studied Archaeo-Anthroposols in Brazil are found in the Amazon region, locally known as Indian Dark Earths (IDE), where they may occupy relatively large areas, up to several hectares wide, with thick altered soil mantles and higher chemical fertility than the surrounding non-anthropogenic soils. In coastal regions or in past hinterland riverine-marine systems human ancient human activity originated vast and generally high anthropic shell mounds, known as Sambaquis, which underwent intense pedogenesis and are chemically very rich, mainly in P, Ca, and Mg. The aim of this work was to increase the pedologic knowledge on Archaeo-Anthroposols by studying the anthropic and pedogenetic processes which originated some soil types by relating them to the environment supporting capacity, and comparing and classifying the soils through their physical, chemical and microchemical characterization. The maintenance for a long time span of high nutrient contents was observed in the IDE, which contrasts with the surrounding soils, whose nutrient levels are normally very low. This

higher nutrient status in IDE soils is due to the presence of incompletely weathered nutrient sources such as biogenic apatite providing Ca and P; abundant pottery debris providing K and Na; copper, Mn, and Zn are held because of the formation of stable complexes with soil organic matter, which abounds in anthropic soil horizons. In floodplains IDE's, the concentrations of some chemical elements in non-anthropic soil horizons are equivalent to those in anthropic soil horizons, contrary to what is observed in upland IDE's, even without evidence of significant pedobioturbation and eluviation in the floodplains, which is an evidence of anthropic input of earth material from floodplains in the formation of upland IDE's. The main P and Ca sources in the Sambaqui Archaeo-Anthroposols are bone tissues, mollusk shells and fish bones besides other more labile sources, no longer present in the soil, such as less dense and resistant (non-osseous) mollusk, fish and terrestrial animals tissues. This material is probably the cause of an initial increase in Ca and P levels, which inhibits the dissolution of more stable forms of bone apatite. In older horizons (more ancient human settlements), soil plasma is composed mainly by newly-formed calcium phosphate extremely fine fabric.

## INTRODUÇÃO GERAL

O período, a intensidade e a origem espacial e genética dos primeiros colonizadores humanos na América permanecem pouco conhecidos, apesar do grande esforço ao longo de décadas de estudos de arqueólogos, lingüistas, antropólogos, geneticistas, biólogos, dentre outros. Grandes lacunas de evidências contundentes, como sítios arqueológicos que apresentem conteúdos esqueléticos humanos ou vestígios culturais significativos, são problemas presentes em todo o continente. No Brasil, a Pré-História, principalmente a do Pleistoceno final e alvorecida do Holoceno, carecem de maiores esclarecimentos. Assim, encontra-se em estágio incipiente a construção do conhecimento sobre a identidade territorial, genética e cultural dos primeiros seres humanos a se instalarem em solo brasileiro.

As características climáticas do território brasileiro, configuradas a partir do final do Pleistoceno, mercê da última glaciação, ocasionaram uma ampla e profunda evolução da paisagem, tornando-a continuamente dinâmica. Conseqüentemente, mudanças significativas na paisagem neotropical se desenrolaram ao longo de poucos milênios, e considerando-se os processos intempéricos tropicais, eventos pedogenéticos e geomorfológicos se dão em velocidade acelerada. Tais características tropicais desfavorecem a preservação de materiais arqueológicos, sendo que em apenas poucas situações é possibilitada a preservação de elementos

remanescentes de antigas culturas. Os abrigos rochosos, especialmente cavernas calcárias e ambientes com caráter básico (pouca atividade de  $H^+$  no meio), como os sambaquis, oferecem excepcional condição de preservação de materiais antrópicos. Em decorrência dessa condicionante ambiental e pelo fato de os utensílios forjados pelos povos pré-colombianos que habitaram a atual área do território brasileiro serem constituídos de materiais de fácil degradação, são poucos os sítios com conteúdos arqueológicos pré-históricos bem conservados.

A necessidade de se romper com as fronteiras duvidosas da evolução humana na América e especialmente no caso do território brasileiro, reuniu diferentes ramos da ciência. Entretanto, essas áreas do conhecimento, já citadas, esbarram na necessidade de elementos cuja presença e achado são extremamente raros, e atualmente insuficientes para a elaboração teórica e comprovações práticas de boa parte da pré-história brasileira. Nesse sentido, a pedologia pode trazer grandes contribuições através do estudo dos solos originados das atividades humanas anteriores ao seu contato com sociedades européias. Tais solos, referidos doravante como Arqueo-antrossolos, podem apresentar características físicas e químicas variadas de acordo com os fatores pedogenéticos, tipo de materiais depositados pelo homem e características do solo natural onde ocorreu esse acúmulo. O estudo pedológico possibilita obter subsídios sobre o entendimento do tipo de alimentação, tempo de permanência, tempo de abandono, origem dos utensílios e alimentos, permitindo ainda estimar de maneira comparativa o tamanho da população, capacidade de suporte do meio, dentre outros esclarecimentos sobre a nossa pré-história.

Sabe-se que o homem Pré-Histórico era extremamente dependente do meio, sendo este determinante para seu forjamento cultural, distribuição espacial e temporal. Portanto, a consolidação de um conhecimento mais robusto sobre os povos pré-históricos do atual território brasileiro, passa necessariamente pelo conhecimento dos paleoambientes do Pleistoceno e Holoceno, em relação aos atuais ambientes. Conhecendo-se os ambientes pretéritos e atuais que configuravam e configuram o Brasil a milhares de anos, poder-se-á inferir possíveis rotas de ocupação, assim como os prováveis usos e limitações dos recursos naturais então disponíveis em tais ambientes. Entretanto, são raros os sítios arqueológicos que conservaram vestígios orgânicos não carbonizados, incluindo matérias vegetais e animais, proveniente de restos alimentares humanos ou para

outros proveitos, como habitação e manufaturas. A conservação de tais restos demandam condições específicas, dificilmente encontradas em ambientes tropicais, como pH neutro ou alcalino, baixos níveis de oxigênio e ambientes com muito pouca umidade (Figuti, 1999). Assim, resta ao arqueólogo desvendar indícios através de raros materiais orgânicos disponíveis para serem analisados.

São poucos os vestígios dos povos Pré-históricos de tempos mais recuados, em consequência da dinâmica climática global do Holoceno e fatores intempéricos tropicais, que tornam a paisagem extremamente dinâmica, com ocorrência de acentuadas transformações pedológicas e morfológicas em curtos períodos de tempo. Por conseguinte, os antigos sítios de habitações humanas foram, em sua maioria, destruídos por fatores naturais, como erosão, decomposição, submersão, além da própria utilização posterior pelas sociedades europeizadas, sempre ávidas de riqueza química concentrada. Os remanescentes constituem, hoje, a chave para o entendimento cultural dos povos pioneiros na ocupação da *terra brasilis*.

Além das contribuições à pré-história que o estudo pedológico dos Arqueo-antrossolos podem trazer, destaca-se também o próprio aperfeiçoamento e maior abrangência do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, no que se refere a essa categoria de solo, que permanece sendo considerada a partir do quarto nível categórico. Tais estudos permitirão ainda a consolidação de sistemas (ou chaves) de classificação específicos de Arqueo-antrossolos, como o proposto por Kämpf et al. (2003), além do entendimento da capacidade de suporte do meio frente a modelos culturais dos povos pré-colombianos que deixaram seus vestígios na forma de solos.

Afora os esclarecimentos antropológicos e ambientais, o estudo dos Arqueo-antrossolos remonta à própria epistemologia da Pedologia, ao depará-la com o paradoxo existente entre natureza e homem. Com o atual estágio de domínio e intervenção do homem sobre a natureza, fica cada vez mais irrefutável o trabalho antrópico exercido ao meio, resultando este em novas características, muitas vezes bastante distintas da condição original em que foi concebida. Encontrar espaços não antropizados é um desafio crescentemente mais árduo ao longo de um diminuto lapso de tempo e, por conseguinte, obrigando a reflexões de que categorias e modelos baseados unicamente em sistemas naturalmente não alterados, ficarão possivelmente, nesses casos específicos, como uma etapa passada da aplicação científica do conhecimento referente ao solo, já insatisfatória. Historicamente, por estudar o sistema solo como interface entre os meios físico e biológico, e sujeito às

intervenções humanas, a Pedologia tem uma importância fundamental nos estudos de Arqueo-antrossolos, para os quais uma ampla gama de especialidades é requerida para esclarecer as interações complexas dos impactos antrópicos na paisagem. Muitas destas especialidades já foram incorporadas de há muito no acervo metodológico e instrumental da ciência do solo.

Os Arqueo-antrossolos representam testemunhos ou produtos culturais de atividades humanas em períodos anteriores à chegada do colonizador europeu aos neotrópicos. Em grande parte representam verdadeiros antropossolos, enquanto outros são registros mais sutis da ação humana, ainda que em todos se reconheçam certos processos antropogênicos comuns. Nesse mister, estudos pedológicos podem ser de grande valia para elucidar aspectos ligados à capacidade de suporte local, formas pretéritas de manejo dos solos e da paisagem, tipos de materiais e técnicas empregadas, entre outras. Uma proposta de integração Pedologia-Arqueologia é condição *sine quaenon* a uma boa reconstituição das sociedades e povos que deixaram registros tão particulares e conspícuos na paisagem brasileira. Uma ampla coleção de estudos sobre as aplicações da ciência do solo nas pesquisas arqueológicas pode ser perlustrada em Woods (1977) e Holliday (1992). Desta interação entre ramos da ciência, denominada de Pedo-Arqueologia, infere-se que, ainda que seja recente seu uso nos estudos de Arqueo-antrossolos na Amazônia (e.g., Smith, 1980; Eden et al., 1984; Andrade, 1986; Kern, 1988, 1997; Woods, 1995; Woods & McCann, 1999; Lima et al., 2002; Schaefer et al., 2004), já proporcionou muitos dados e novas reflexões ao desafio de compreender o processo genético e histórico dos antrossolos, como reportam Kampf & Kern (2005).

Dentre os solos antrópicos existentes, trabalha-se neste estudo, os Arqueo-antrossolos, cujo grau de pedogênese encontra-se avançado, permanecendo principalmente, resquícios em nível químico do solo, além da presença, em certos casos, de cerâmicas e outros materiais de difícil degradação. Esses solos originaram-se através de atividades antrópicas em períodos Pré-Históricos, remontando testemunhos culturais ainda pouco conhecidos. Os mais expressivos e estudados do Brasil são encontrados na região amazônica, onde podem ocupar áreas de algumas dezenas de hectares, com espesso manto de solo alterado e de elevada fertilidade em comparação aos solos do entorno, sendo conhecidos como Terra Preta de Índio, cuja herança marcante na paisagem a torna um importante testemunho arqueológico do ponto de vista pedológico. Por outro lado, nas regiões

costeiras ocorrem de forma esparsa os antigos Sambaquis<sup>(1)</sup>, constituídos basicamente, de grandes amontoados antrópicos de conchas, sobre os quais se desenvolvem mantos pedogenéticos quimicamente muito ricos em P e Ca, entre outros elementos. Esses dois tipos de Arqueo-antropossolos constituem os materiais de estudo da presente pesquisa, embora existam outros solos antrópicos de sociedades pré-históricas, como antigos sítios tupiguaranis que são evidenciados pelo solo mais escuro enriquecido por material orgânico, muita vezes recobertos por vegetação com feições distintas da encontrado no entorno (Prous, 1999a), além de abundantes sítios em abrigos e cavernas com rico conteúdos antrópicos (Walter, 1958; Mattos, 1961; Prous, 1992). Contudo, nenhum destes se compara às Terras Pretas da Amazônia ou os sítios de sambaquis, por sua extensão e importância.

O Brasil se mostrou pioneiro em estudos paleontológicos e arqueológicos, graças ao trabalho extraordinário e hoje clássico do dinamarquês Peter Lund, que por volta de 1840, encontrou restos humanos associados a ossos de animais extintos (pleistocênicos) na região de Lagoa Santa (MG), sendo o primeiro a postular a antiguidade do homem americano (Prous, 1999b).

Os primeiros trabalhos arqueológicos sistemáticos que tentaram caracterizar as antigas culturas amazônicas iniciaram-se no início da década de 1950 por B. Meggers e C. Evans (Prous, 1999a), cuja idéia veiculada, era que o ambiente amazônico em sua generalidade de terras pobres não oferecia a possibilidade da formação de civilizações elaboradas, excetuando as poucas áreas de várzea. Trabalhos subseqüentes demonstraram elevado grau de organização das sociedades que viviam na calha do rio Amazonas (Roosevelt, 1991a). Lathrap (1975) ressalta que a presença de ambientes como as planícies aluviais do Amazonas e de seus principais afluentes tinham a capacidade de prover as condições necessárias para um crescimento populacional, e posterior formação de

---

<sup>(1)</sup> Segundo Angyone Costa, 1980, a definição etimológica de Sambaqui é confusa. Para Batista Caetano, ela se origina de tamba-ki, sendo peito de mulher o significado da palavra em tupi, atribuível à sua forma cônica mais comum. O tupinólogo Bezerra de Menezes afirma por outro lado que sambaqui deriva etimologicamente de samaguaiá (berbigão) e ibicuí (areia), que quer dizer areia de berbigões; Já Teodoro Sampaio prefere definir sambaqui por sua significação literal, ou seja, jazida de ostras, pois vem de tambá ou sambe (conchas ou ostra), e qui (de quire, jazer, dormir).

sociedades mais complexas. Esse mesmo autor postula que a abundância de proteína animal vinda das inúmeras e fartas espécies de peixes e animais terrestres, estimulou em períodos mais distantes, em torno de 10 mil anos AP, a sedentarização de populações ao longo do rio Amazonas, tornando-se esta região um importante centro de inovação cultural na pré-história do continente americano.

A Amazônia é formada por variados ambientes, em sua maioria constituídos por solos pobres, já muito intemperizados, representados por Argissolos Distróficos e Latossolos, principalmente. Tais ambientes contrastam com as áreas de várzeas do rio Amazonas/Solimões formadas por sedimentos andinos, que possuem solos jovens e de grande fertilidade, além da farta oferta de proteína animal presentes nas áreas flúvio-lacustres associadas. Dessa forma, Roosevelt (1991) considera que as populações indígenas amazônicas só passaram a ocupar efetivamente as amplas áreas de interflúvios, compostas por ambientes mais pobres, após a intervenção agressiva dos colonizadores europeus. A mesma autora destaca a região Amazônica, em comparação a outras também associadas a importantes rios como o Nilo, Indus, rios da Mesopotâmia e da costa peruana, que em sua maioria são margeados por áreas secas, impeditivas ao cultivo, mas possibilitaram a formação de grandes civilizações. Em tese, se todas essas áreas possuem condições de capacidade de suporte inferiores à da região de várzea do Amazonas, seja em termos de área cultivável, oferta de proteína animal, energia (lenha), entre outros, a região brasileira deveria proporcionar as bases para maior desenvolvimento populacional ao longo do tempo. Habitats com padrões ambientais semelhantes, possibilitaram em vários contextos a formação de grandes civilizações e sociedades complexas, não havendo razão para considerar a existência de barreiras significativas de recursos para a evolução social Pré-Histórica na Amazônia (Roosevelt, 1991). De qualquer forma, todos os ambientes ricos em nutrientes, oferecendo boa capacidade de suporte populacional na Amazônia revelaram testemunhos arqueológicos sugestivos de sociedades complexas e densas, de origem local, em tempos tardios da pré-história.

Considera-se que os primeiros colonizadores das Américas, conhecidos como “paleoíndios”, chegaram ao continente no final do Pleistoceno, vindos do extremo leste asiático através do mar congelado que ligou esta região ao Alasca. Embora seja ainda muito discutido o período, sua cultura e rotas de dispersão, sabe-se que possuíam feições semelhantes aos atuais aborígenes australianos, e que

possivelmente desenvolveram uma associação estreita com os ambientes abertos (savânicos) e abundante fauna de grande porte (Prous, 2006). Portanto, muitos estudiosos, especialmente antropólogos, acreditavam que as florestas constituíam uma barreira natural que impossibilitava a permanência, ou mesmo passagem, do paleoíndio (Roosevelt, 1999). As florestas tropicais eram vistas como áreas impeditivas à ocupação de sociedades não agrícolas, pois a teoria vigente na antropologia na maioria do século passado era de que nessas áreas a capacidade de suporte populacional seria extremamente baixa, não permitindo a sobrevivência de grupos não horticultores. Tal pensamento contrastava com posições de estudiosos que defendiam que florestas temperadas e tropicais possuíam recursos suficientes para suprir grupos não horticultores (Roosevelt, 1999).

Ao que tudo indica, a região amazônica, durante os períodos glaciais do Pleistoceno, foi recoberta em sua maioria por vegetação de cerrado (Prous, 1992). Entretanto, estudos mais recentes verificaram que ambientes de florestas e os níveis altos dos rios predominaram no centro e no oeste da Amazônia no final do Pleistoceno (Roosevelt, 1999). Segundo esta mesma autora, a região Amazônica apresenta testemunhos contundentes da presença de grupos de paleoíndios que viveram durante o final do Pleistoceno. Esses testemunhos são especialmente encontrados na Caverna da Pedra Pintada no município de Monte Alegre (PA), próximo ao rio Amazonas, em ambiente de floresta, prevalecendo até o final do Pleistoceno. No sítio arqueológico da Pedra Pintada foram encontrados abundantes restos de frutos carbonizados, madeira e restos faunísticos associados a uma economia de floresta tropical com amplo espectro de caça e coleta ribeirinha (Roosevelt, 1999).

O paleoíndio é considerado, a princípio, como sendo uma cultura formada por populações que teriam vivido predominantemente baseadas na caça de animais de grande porte (megafauna), em sua maioria, atualmente extinta; presença de sítios de matança; indústria lítica com projéteis bifaciais, geralmente acompanhadas de lascas usadas como facas e raspadores; o ambiente em sua maioria era mais frio e seco que o atual; as populações eram pouco numerosas, esparsas e nômades (Schmitz, 1999).

A antiguidade do homem nas Américas é remetida a tempos ainda mais antigos por alguns estudiosos, remontando a presença humana segundo eles a mais de 50 mil anos atrás (Pessis, 1999). Na região do Parque Nacional Serra da

Capivara (PI), foram encontradas em cavernas, pinturas rupestres que retratam de maneira diversificada animais já extintos, referentes ao Pleistoceno, além de animais ainda contemporâneos, embora não mais encontrados na região (Pessis, 1999). A mesma autora também relata a presença de um fragmento de cerâmica descoberto na Toca do Sítio do Meio datado em 8.900 anos AP. Entretanto, outros estudiosos questionam tal antiguidade humana nas Américas, especialmente pela falta de uma rede de comprovações mais amplas no que tange a datações e sítios (Prous, 1992).

Em Minas Gerais, a “raça” de Lagoa Santa, pertencente ao que se considera como paleoíndio, foi primeiramente descrita por Peter Lund, sendo datada seguramente entre 12 e 11 mil AP, não deixando dúvidas do seu convívio (e proveito) com a megafauna extinta do Pleistoceno (Prous, 1999). Teorias mais recentes de antropólogos consideram que esse grupo humano descende dos ancestrais das populações australianas, que teriam migrado para Ásia continental e posteriormente se dispersado para outras localidades, até serem substituídos em diversas regiões pelas atuais raças amarelas (Prous, 1999). O mesmo autor também relata a existência contundente do “homem de Lagoa Santa” em outras regiões, tanto no Brasil, como em áreas andinas.

Os antrossolos podem ser definidos como solos em que as características não são explicáveis por modelos baseados apenas nos fenômenos naturais, tendo-se de considerar as ações antrópicas em seu processo de formação e evolução para estudá-los e classificá-los. Os Arqueo-antrossolos são os solos formados em decorrência da atividade de povos pré-históricos.

Com o intuito de desenvolver um maior conhecimento pedológico acerca dos Arqueo-antropossolos, pretendeu-se estudar os processos antrópicos e pedogenéticos que resultaram em alguns solos (terra preta de índio e sambaquis) relacionando-os à capacidade de suporte do meio, comparando-os e classificando-os através de sua caracterização física, química e microquímica.

## **CAPÍTULO 1**

### **GÊNESE, QUÍMICA E MICROQUÍMICA DE ARQUEO-ANTROPOSSOLOS EM SAMBAQUIS DA REGIÃO DOS LAGOS - RJ**

#### **1. INTRODUÇÃO**

Os sambaquis formam um dos mais peculiares e expressivos testemunhos arqueológicos deixados por povos pré-históricos do território brasileiro. Os mais antigos são datados em cerca de 8000, até menos de 2000 anos AP (Prous, 1992). De fisionomia diversa, semi-esféricos, cônicos, achatados ou alongados, com dimensões variáveis, os sambaquis litorâneos apresentam-se em forma de morrotes com proporções variadas, que em média possuem diâmetro da base medindo algumas dezenas de metros, e entre 2 até 30 metros de altura (Lima, 2000), não raramente encontrando-se sambaquis com mais de 30.000 m<sup>3</sup> (Kröne, 1914; Leonardos, 1938; Duarte, 1968). São basicamente constituídos por restos faunísticos (conchas, ossos de mamíferos, peixes, aves), em que se encontram vestígios de ocupação humana, como artefatos (líticos, conchíferos e ósseos), enterramentos humanos, estruturas de fogueiras e de habitação (Gaspar, 1999). Barbosa & Duda (1996) definem os sambaquis como sendo uma elevação composta principalmente por restos alimentares (carapaças de moluscos, ossos de fauna marinha e terrestre, além de sementes, onde estão presentes aparatos tecnológicos (pontas de osso, dentes trabalhados, almofariz, lâminas de machado polidas, entre outros) e etapas do processo de fabricação de artefatos (lascas de quartzo, epífises

cortadas, etc). São entendidos pelos arqueólogos como sendo resultado de um trabalho social ordenado, que tinha por objetivo, entre outros, o de construir um imponente marco paisagístico (Tenório, 2004).

Os sambaquis são encontrados desde o Rio Grande do Sul até o litoral paraense, mas estão ausentes na costa retilínea do nordeste (Maranhão – Rio Grande do Norte) onde não ocorrem formações lagunares (Penna, 1873; Prous, 1992; Lima, 2000), estando sempre associados a ambientes ricos, abundantes em alimento, na costa, ou em sistemas flúvio-lacustre interioranos. Os sambaquis também ocorrer em ambientes fluviais, embora com dimensão reduzida em comparação aos marinhos. São verificados em diversos rios brasileiros, sendo comuns no Baixo Amazonas e Ribeira de Iguape (Leonardos, 1938), formados por restos da malacofauna de água salobra e doce, diferenciando-se nesse aspecto dos sambaquis da costa, bem como a maior quantidade de restos de animais terrestres, demonstrando, portanto, uma situação antrópica de convívio dividido entre os recursos flúvio-marinhos e terrestres. Devido à forma e o tempo de construção dos sambaquis, sua estrutura não constitui um corpo homogêneo, tendo as partes mais centrais restos significativamente mais antigos que os materiais mais periféricos. Isso se reflete no procedimento das datações (Prous, 1992), assim como no estágio de pedogênese do material.

Pelo seu destaque na paisagem, não é difícil encontrar referências aos sambaquis em relatos de naturalistas e viajantes, culminando no século XIX o período de efervescência no estudo de sambaquis, quando ocorreu grande especulação a respeito da origem destas formações (Lima, 2000). Na primeira metade do século XX os estudos, conduzidos em sua grande parte por geólogos e geomorfólogos, abandonaram as descrições meramente classificatórias e especulativas, dando mais ênfase a explicações cientificamente embasadas (Robrahn-Gonzalez, 2000). As condições químicas, como pH básico, e o recobrimento contínuo dos remanescentes culturais, livrando-os da exposição meteórica, possibilitaram boa conservação dos restos antrópicos, tornando os sambaquis estruturas arqueológicas de grande valor.

Os sambaquis litorâneos foram construídos especialmente em áreas lagunares, estuarinas, manguezais, e lagoas salobras, todos ambientes ricos em peixes, crustáceos e moluscos. Tais áreas favoreciam a sedentarização, possibilitando longo período de permanência. Segundo Figuti (1999) a construção de

um sambaqui demanda centenas de anos, pois amontoados de conchas a diferença de idade entre a base e a porção mais superficial, pode chegar a mais de 500 anos. Barbosa & Duda (1996) consideram que os grupos sambaquieiros privilegiaram as áreas de transição de ecossistemas, onde poderiam explorar os recursos disponíveis visando a minimizar energia na obtenção dos produtos necessários ao seu desenvolvimento.

Os sambaquis possuíam funções complexas para seus construtores. Além de serem formados pelo contínuo acúmulo de restos da fauna marinha, eram também utilizados como área de moradia, local de realização de diferentes rituais e onde os povos sambaquieiros enterravam seus mortos. Esses povos adaptaram-se bem ao litoral, conseguindo extrair grande quantidade de alimentos através da caça, coleta e pesca. Esta última fazia uso de anzóis e redes, dentre outras armadilhas (Prous, 1992), demonstrando a presença significativa de peixe na dieta desses povos. A localização dessas formações em relação à distância atual do nível do mar variou de acordo com as diferentes transgressões e regressões marinhas ocasionadas pelas mudanças climáticas ocorridas no Holoceno (Prous, 1992). Essas alterações climáticas influenciaram profundamente a cultura dos grupos sambaquieiros, alterando sua dieta (Souza, 1995) e paisagem em que se inseriam.

A abundância de peixes e mariscos nas planícies fluvio-marinhas e nos estuários amazônicos favoreceu o estabelecimento de grandes aldeias sedentárias de povos pescadores, coletores e caçadores, conforme atestam numerosos sambaquis cerâmicos, principalmente no médio e baixo Amazonas, algumas vezes alcançando até 20 ha (Roosevelt, 1991). Essa adaptação antiga manteve-se como sistema auto-sustentável durante no mínimo 4000 anos, ao que tudo indica até o cultivo de mandioca se consolidar como fonte primária de calorias (Roosevelt, 1991).

Gaspar (1999) considera que os grupos pertencentes aos povos sambaquieiros, com economias baseadas na pesca, coleta e caça ocuparam a faixa litorânea do rio Grande do Sul até a Bahia e Maranhão até o litoral do Pará, incluindo o Baixo Amazonas, entre 6000 a 1000 anos atrás. A mesma autora considera que esses povos foram os que deixaram os mais expressivos testemunhos arqueológicos no Brasil, fato esse derivado das práticas sedentárias e do costume de acumularem grandes quantidades de restos de conchas. A característica mais marcante desta cultura talvez seja o hábito desses povos extintos de acumularem

em um mesmo local, restos vegetais derivados de fogueiras e alimentação, restos faunísticos marinhos, fluviais e continentais, restos da indústria lítica, de habitações, sepultamentos, entre outros (Gaspar, 1999). Esses grupos exploravam intensamente a região de entorno, obtendo alimento e matérias primas para suas atividades em ambientes como mangues, lagunas, rios, mar e florestas (Gaspar, 1999; Scheel-Ybert, 2000). Os povos pescadores, coletores e caçadores permaneciam por longos períodos em uma mesma área, sem ser notado em trabalhos arqueológicos grandes diferenças na dieta, mantendo-se uma homogeneidade na proporção de consumo das principais espécies de moluscos mesmo ao longo de mais de 5 mil anos de permanência em um mesmo sítio (Tenório, 1996).

Muitas características, como a composição variada dos materiais que constituem os sambaquis, relacionada com o cotidiano da vida dos sambaquieiros, assim como a não presença de testemunhos de habitações próxima a estas formações, são forte indicativos de que os sambaquis eram locais de moradia (Gaspar, 1999). Evidências como buracos de estacas de cabanas, recobrimentos de níveis de conchas por material argiloso, entre outros vestígios, denotam o uso contínuo de sambaquis como áreas de moradia (Barbosa, 1999). A prática de sepultamentos elaborados é verificada comumente em diversos sambaquis, reforçando o caráter complexo de uso que essas formações representavam para seus construtores (Kneip, 1999). Em suma, os sambaquis ao que tudo indica eram áreas de habitação, de rituais, de descarte, de trabalho, defesa, simbolismo, e outras funções, muitas das quais possivelmente ainda não interpretadas. Por outro lado, Tenório (1999), em trabalhos realizados em sambaquis da região de Arraial do Cabo (RJ) observou uma nítida divisão entre áreas de habitação e áreas de descarte, o que poderia denotar uma postura diferente de ocupação.

Estudando um sambaqui na Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Ilha Grande (RJ), Tenório (1999) fez importantes considerações referentes à formação de um sambaqui, associando os materiais encontrados no sítio com os ambientes de origem, demonstrando o elevado grau de adaptação desses grupos à região onde viveram, conseguindo extrair deles grande diversidade de produtos a ponto de possibilitar uma vida sedentária numa sociedade não agrícola. A ocorrência de lâminas de machados de pedra em sambaquis, assim como alterações ósseas associados a constantes esforços nos membros superiores, indica a utilização de canoas no cotidiano dos povos sambaquieiros (Tenório, 1999), técnica fundamental

para uma maior obtenção de recursos alimentícios e segurança da população. O ambiente de mangue era especialmente valorizado por essas populações, devido a abundante fauna, que se apresenta como recurso alimentar de fácil obtenção, tão evidenciadas na constituição dos sambaquis, o que leva a crer que este ambiente teve grande importância no processo de sedentarização de sociedades Pré-Históricas (Tenório, 1996).

O litoral da região norte do Brasil apresenta-se bastante recortado em sucessivas pontas, reentrâncias e ilhas separadas por estreitos canais (Gaspar & Imazio, 1999). É um litoral muito dinâmico, nele atuando constantes processos de erosão e sedimentação, influenciados pelas cargas sedimentares continentais trazidas por rios e retrabalhadas nas oscilações das marés e erosão marítima, tornam a paisagem costeira variável ao longo do tempo. A carga sedimentar retrabalhada pela ação marinha e fluvial, possibilitou uma rica diversidade de ambientes formados por mangues, florestas de restingas, campos inundáveis e praias. Os sambaquis do litoral norte diferem dos demais do Brasil por apresentarem cerâmica. Tal técnica é exclusiva dos povos sambaquieiros do norte, não sendo encontrada em nenhum sambaqui da região sudeste. A produção de cerâmica empregava técnica de cozimento em alta temperatura, usando-se como material antiplástico restos de conchas moídas (Gaspar & Imazio, 1999). Essas cerâmicas possuem datações muito antigas, colocando esses povos como os primeiros a dominarem a técnica do fabrico de cerâmica no continente americano (Roosevelt, 1991).

O rico ambiente litorâneo amazônico permitiu a permanência de povos sedentários com economia baseado na pesca, coleta e caça por longos períodos a partir do início do Holoceno. Esses povos de sobrevivência baseada na coleta aquática intensiva, foram por volta 7.200 AP as sociedades ceramistas mais antigas do Novo Mundo, com o domínio desta técnica três mil anos antes da cerâmica ser descoberta pelas grandes civilizações Pré-Históricas das Américas (Roosevelt, 1991).

Roosevelt (1991) se refere às culturas sambaquianas da Amazônia como forrageadores, e atribui a abundância de peixes e mariscos dos estuários e planícies Amazônicas, ao estabelecimento de aldeias substancialmente grandes nestas áreas, a partir do início do Holoceno, por volta de 4000 anos após o registro das primeiras culturas pré-ceramistas da região Norte.

Os sambaquis foram construídos por povos cujo propósito ainda permanece incerto. Esses construtores presenciaram acentuadas variações ambientais como regressões e transgressões marinhas (Bigarella, 1954), que os forçaram a viver de maneira dinâmica, acompanhando as variações do meio. O homem dos Sambaquis foi posteriormente extinto ou incorporado à cultura Tupiguarani, que ocupou a grande maioria da costa brasileira (Prous, 1992). Sem seus construtores, os sambaquis conjugaram-se à paisagem oferecendo um aporte edáfico ao meio, cuja pedogênese possibilitou o estabelecimento de densa e variada vegetação (Kröne, 1914; Duarte, 1968, Penna, 1973). A partir do século XVI, os sambaquis foram intensamente explorados para a indústria da cal, ocasionando em muitas regiões perdas arqueológicas significativas. No caso da região Norte, mais pobre em rochas calcárias, foram praticamente dizimados (Penna, 1877), acarretando perdas irreparáveis para o conhecimento e para o ecossistema peculiar que formavam. Esse quadro não foi distinto nas demais regiões litorâneas brasileiras, onde por séculos os sambaquis foram explorados intensamente como material de pavimentação de ruas, para uso agrícola e na construção de edificações de cal, sendo reduzidos drasticamente, a ponto de restarem poucos remanescentes na vasta costa brasileira em relação ao que havia antes da chegada dos colonizadores europeus (Leonardos, 1938; Duarte, 1968).

A formação do solo de sambaqui pode ser interpretada, segundo Kämpf & Kern (2005), como uma atividade essencialmente antrópica e antropogeomórfica, uma vez que foi desenvolvida por assentamento (habitação) em longo prazo com adições de resíduos domésticos, e baseada em construções de terra, edificação de aterros para assentamentos e sepultamentos, respectivamente. Tais solos possuem propriedades específicas que os distinguem dos demais, na medida em que apresentam coloração escura, presença de atividades humanas (artefatos, sepultamentos, fragmentos de carvão, entre outros). Podem possuir ainda características específicas mensuráveis em laboratório, como por exemplo, teores elevados de matéria orgânica, P, Ca, Mg, entre outros. Kneip (1999) ressalta a importância de estudos arqueológicos associados com outras áreas do conhecimento como química, palinologia e pedologia para melhor compreensão dos sambaquis, especialmente no que tange o caráter sazonal ou permanente das populações sambaquieiras nesses sítios.

O estudo pedológico de solos arqueológicos possibilita um novo enfoque sobre o sítio, pois permite buscar informações adicionais que escapam ao arqueólogo. Em outras palavras: “onde o arqueólogo, nas pesquisas de campo, não consegue observar materiais ao nível macroscópico e infere que “a camada é estéril”, isto é, que não existe nenhum vestígio de atividade humana ou apresenta apenas restos naturais” (Amenomori, 1999). Os estudos dos sambaquis enriqueceram diversas áreas do conhecimento como Arqueologia, Antropologia, Geografia, entre outras. Na Pedologia, encontra-se em fase inicial de estudo, praticamente inexistente. Conseqüentemente, na parte de resultados e discussões não será possível o uso de comparações nesta área com outros trabalhos, que inexistem. Portanto, foram levados em conta apenas os trabalhos associados ao campo da Arqueologia, que se encontram bastantes avançados neste assunto.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Caracterização geral da área de estudo**

A região de Arraial do Cabo localiza-se na parte centro-sul do litoral brasileiro, especificamente na Região dos Lagos no Estado do Rio de Janeiro (Figura 1). A região é influenciada pelo fenômeno de ressurgência, processo de ascensão de águas profundas mais frias para a superfície do oceano, condicionado por efeitos físicos e correntes. Os nutrientes carregados pelas águas profundas promovem o desenvolvimento do plâncton (algas, bactérias, protozoários e outros organismos como minúsculos crustáceos) que constitui a base da cadeia alimentar no oceano, fornecendo alimento a peixes e outros organismos marinhos, contribuindo para uma maior oferta de pescado. Esta região é caracterizada por ser a mais seca do Rio de Janeiro, com precipitações médias anuais inferiores a 800 mm e vegetação predominante de Caatinga Hipoxerófila (Brasil, 1983; Ibraimo et al., 2004). Sobre o aspecto geológico a área de estudo é composta por rochas alcalinas, principalmente sienitos, relacionadas aos eventos magmáticos de abertura do Oceano Atlântico, e rochas metamórficas do embasamento cristalino, em sua maioria gnaisses.

A região possui a forma de uma pequena península, envolta por extensos terrenos recobertos por sedimentos arenosos do Quaternário, com a presença ao centro de um complexo rochoso conhecido como Morro do Atalaia, formados por rochas metamórficas, ortognaisses do Complexo Cabo Frio (Tenório et al., 2005). Em meio a planície quaternária, destaca-se a Lagoa de Araruama, onde predominam dunas e vegetação de restinga.



Figura 1- Fotografia aérea da área de estudo, localizada na Região dos Lagos – RJ, com os respectivos sítios amostrados. Adaptado de Tenório et al. (2005).

Nesta porção do Estado do Rio de Janeiro ocorrem solos com características morfológicas, mineralógicas e químicas bem particulares, formados por processos pedogenéticos associados à alternância de paleoclimas ora úmidos, ora secos, representados por Luvisolos, Argissolos, Organossolos, Planossolos e Latossolos (Embrapa, 1983; Ibraimo et al., 2004).

## 2.2. Seleção, coleta e preparo das amostras de solos

Com o objetivo de estudar os processos pedológicos que resultaram na formação de Arqueo-antrossolos, sob a perspectiva da capacidade de suporte do meio, comparando-os através de sua caracterização física, química, mineralógica e microquímica, foram selecionados sítios com presença de antropossolos formados a partir de sambaquis no município de Arraial do Cabo (RJ). Nestes foram abertos

perfis para descrição e coletas dos solos, conforme Santos et al. (2005), em quatro sítios: Sítio do Condomínio do Atalaia, perfil P1, que se encontra no morro do Atalaia a 50 metros acima do nível do mar (Figura 2), possui três camadas de ocupação, em que a base apresenta duas datações de  $4190 \pm 130$  e  $4120 \pm 110$  anos AP e a terceira camada com uma antiguidade de  $1690 \pm 90$  anos AP (Figura 4); Sítio do Boqueirão, perfil P2, localizado a 53 metros acima do nível do mar, apresenta duas camadas, indicando dois períodos de ocupação, sendo que a superior possui idade de  $1623 \pm 32$  anos AP (Figura 5, 6 e 10); Sítio Ilha do Cabo Frio, perfil P3, localizado em área de duna pouco móvel próximo a linha de maré, parte do qual se encontra submerso e, cujo ponto mais alto está a 20 metros acima do nível do mar, apresenta duas camadas de ocupação, em que duas idades foram obtidas na base do sítio, datando de  $2219 \pm 32$  e  $1242 \pm 31$  anos AP (Figura 7); Sítio Usiminas, perfil P4, encontra-se a 53 metros acima do nível do mar sobre uma duna escalonar, possuindo oito camadas de ocupação, totalizando mais de 160 cm de profundidade, sendo a quinta camada datada em  $1533 \pm 31$  AP (Figura 8 e 9). Todas as datações e nomenclaturas dos sítios acima descritos foram obtidas do trabalho de Tenório et al. (2005). Os solos foram classificados conforme a proposição de Arqueo-antrossolos de Kämpf et al. (2003) e as cores dos horizontes foram determinadas através de comparação com as cores presentes na caderneta de cores de Munsell (1994).



**Figura 2-** Área onde se localiza o Sambaqui no qual foi amostrado o Perfil P1



**Figura 3-** Área onde se localiza o Sambaqui no qual foi amostrado o Perfil P4



**Figura 4-** Perfil P1 (Sítio Condomínio do Atalaia)



**Figura 5-** Perfil P2 (Sítio do Boqueirão)



**Figura 6-** Detalhe da morfologia e conteúdo arqueológico do Perfil P2



**Figura 7-** Perfil P3 (Sítio Ilha do Cabo Frio)



**Figura 8-** Perfil P4 (Sítio Usiminas)



**Figura 9-** Detalhe da morfologia e composição biogênica do Perfil P4



**Figura 10-** Detalhe de um fragmento ósseo no Perfil P2

### 2.3. Análises físicas e químicas

As amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha, obtendo-se desta maneira, a terra fina seca ao ar (TFSA), que foi submetida a análises de acordo com os métodos descritos por EMBRAPA (1997). A análise textural foi realizada pelo método da pipeta de acordo com EMBRAPA (1997), porém, com utilização de agitação lenta de 50 rpm por 16 h (Ruiz, 2005a) e determinação de silte por pipetagem (Ruiz, 2005b), e não por diferença. A argila dispersa em água foi determinada seguindo metodologia descrita para análise granulométrica, com agitação rápida (12000 rpm por 15 minutos) e suprimindo-se o uso do dispersante químico (EMBRAPA, 1997). O pH foi determinado em água e em solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> em suspensão solo/solução na proporção 1 g por 2,5 mL. Os cátions trocáveis foram extraídos por KCl a 1 mol L<sup>-1</sup> e quantificados por espectrometria de absorção atômica (Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>) e, Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos com solução de acetato de amônio 1,0 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e quantificados por fotometria de chama. Al<sup>3+</sup> foi extraído em KCl a 1 mol L<sup>-1</sup> e determinado por titulometria com NaOH. H + Al foram extraídos por acetato de cálcio a 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e quantificados por titulometria com NaOH. P disponível foi extraído pelo

extrator Mehlich-1 e quantificado pelo método do ácido ascórbico, como descrito por Kuo (1996).

Foi realizado o ataque sulfúrico da TFSA, para extração de ferro, alumínio e sílica, com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1:1 (volume), aquecido até a fervura, sob refluxo, com posterior resfriamento, diluição e filtração. No resíduo, determinou-se Si por extração alcalina e, no filtrado, Fe, P e Al conforme método descrito por EMBRAPA (1997).

Foram obtidos os teores de Fe, Al, Mg, Mn, Ca, Cr, Cu, P, Sr, Ti e Zn da fração argila, extraídos por ditionito-citrato de sódio-bicarbonato de sódio e oxalato de amônio conforme Melo (1998) e determinados em aparelho Perkins de leitura simultânea dos elementos (plasma). Além dos teores dos elementos acima, foram obtidos os valores de K e Na da TFSA, solubilizada por uma mistura de  $\text{HF} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$  e submetida a aquecimento e pressão por microondas (USDA, 1996), com algumas modificações. Os elementos K e Na foram quantificados por fotometria de chamas e Fe, Al, Mg, Mn, Ca, Cr, Cu, P, Sr, Ti e Zn por espectrometria de absorção atômica.

Foram feitos o fracionamento das substâncias húmicas segundo SWIFT (1996), e a determinação do carbono orgânico total, quantificado por oxidação da matéria orgânica via úmida com  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$   $0,167 \text{ mol L}^{-1}$  em meio sulfúrico com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988).

#### **2.4. Micromorfologia e microanálise em seções finas de amostras de solo indeformada**

Foram coletadas amostras de solo indeformadas para estudo em seções finas (lâminas de micromorfologia) de dimensão 2,5 por 5 cm, polidas sucessivamente em disco de nylon com pasta diamantada, a partir de  $60 \mu$ ,  $6 \mu$ ,  $3 \mu$  e  $1 \mu$ , com posterior lavagem ultrassônica para remoção de resíduo do polimento. As características micromorfológicas foram analisadas com aumento mínimo de 10 vezes por microscópio petrográfico segundo BULLOCK et al. (1985) e FITZPATRICK (1993).

As lâminas foram recobertas por uma fina película de grafite, para formar uma superfície condutora, sendo feitas microanálises (mapas químicos e análise pontual quantitativa) em microscópio eletrônico de varredura (MEV), modelo LEO 430i com detector de retroespalhamento acoplado ao espectrômetro de dispersão de raios X

(PCXA-EDS) pertencente ao Instituto de Física da Universidade Estadual de Campinas. O aparelho foi operado a 84 eV, e a análise elementar quantitativa foi realizada através do método de normalização estequiométrica.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise textural e cor

Todos os solos apresentam textura variável com expressiva participação da areia em sua constituição, sendo esta fração dominante na textura dos solos (Quadro 1). Tal característica se deve a constante influência do transporte eólico de areias, em sua maioria composta por quartzo, que vem imprimindo feições moldadas ao longo do Quaternário, típicas do processo de remoção e deposição eólica, formando ambientes com relevos de dunas, nas áreas onde é mais acentuada a deposição. A existência abundante de fragmentos no intervalo de tamanho de 2 a 0,05 mm provenientes das ações antrópicas Pré-Históricas também contribui para elevar os valores da fração areia. Em nenhum dos perfis estudados foi notado aporte de material argiloso aos sítios, ao contrário do que foi verificado por Tenório et al. (2005), que encontraram pisos de argila no Sítio do Condomínio do Atalaia. Tal resultado pode ser devido à descontinuidade desse material argiloso, não estando portanto, presente em P1. Tais pisos de argila são características bem comuns em muitos sambaquis (Barbosa, 1999).

São muito pequenas as variações texturais ao longo dos perfis P1 e P2. Entretanto, em razão da diferença de posicionamento na paisagem, o solo do Sítio Condomínio do Atalaia, localizado numa porção mais plana e aberta, foi mais favorecido na deposição de partículas de areia mais grossa, em decorrência de maior ação de ventos com melhor competência em transportar materiais mais grosseiros, em relação à área onde se localiza o solo do Sítio do Boqueirão, onde há um estreitamento rochoso escarpado, formando uma barreira à transgressão de dunas.

**Quadro 1** - Resultados das características físicas: cor, composição granulométrica e classe textural dos solos de sambaquis

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (seca)	Areia Grossa	Areia Fina (dag kg <sup>-1</sup> )	Silte	Argila	Classe Textural
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, êutrico, textura média (P1 - Condomínio do Atalaia)</b>							
Apu	0 – 40	10YR 2/2	44	23	17	16	Franco-Arenosa
ABu	40 – 55	10YR 3/2	43	23	18	16	Franco-Arenosa
Biu 1	55 – 80	10YR 3/2	44	23	16	17	Franco-Arenosa
Biu 2	80 - 100	10YR 3/2	45	25	12	18	Franco-Arenosa
BCu	100 - 120	10YR 3/3	45	26	14	15	Franco-Arenosa
C/R	120 - 130 <sup>+</sup>	10YR 4/2	44	26	14	16	Franco-Arenosa
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico melânico, êutrico, textura média (P2 - Boqueirão)</b>							
Au	0 – 35	2,5Y 2,5/1	34	25	22	19	Franco-Arenosa
Biu	35 – 60	2,5Y 3/1	32	29	18	21	Franco-Argilo-Arenosa
BCu	60 – 80	2,5Y 3/2	33	29	17	21	Franco-Argilo-Arenosa
C/R	80 - 100	2,5Y 3/1	36	21	19	24	Franco-Argilo-Arenosa
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, arênico (P3 - Ilha do Cabo Frio)</b>							
A1u	0 – 10	10YR 4/1	46	35	7	12	Franco-Arenosa
ACu	10 – 33	10YR 5/1	47	33	7	13	Franco-Arenosa
C1	33 – 80	10YR 7/1	51	45	2	2	Areia
2C	80 – 100 <sup>+</sup>	10YR 7/1	58	36	4	2	Areia
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico estrático, êutrico, textura média (P4-Usiminas)</b>							
Apu	0 – 10	10YR 4/1	11	78	4	7	Areia
E	10 – 25	10YR 5/1	4	89	3	4	Areia
2Au1	25 – 40	10YR 2/1	24	46	17	13	Franco-Arenosa
2Au2	40 – 60	10YR 3/1	33	24	27	16	Franco-Arenosa
2Au3	60 – 80	10YR 4/1	29	27	28	16	Franco-Arenosa
3ACu1	80 - 110	10YR 3/1	25	34	29	12	Franco-Arenosa
3ACu2	110 – 145 <sup>+</sup>	10YR 3/1	24	38	22	16	Franco-Arenosa

O perfil P3 apresenta nítido contraste textural em profundidade. Os materiais antrópicos mais abundantes até a profundidade de 33 cm apresentam conteúdo mais argiloso e siltoso em relação ao solo do entorno, tipicamente arenoso formado por areias eólicas. As características texturais do perfil P4 sugerem um significado paleoambiental à área. Ao que tudo indica, houve um período mais recente em que o aporte eólico de materiais mais grosseiros foi mais efetivo em relação a períodos anteriores (Quadro 1). Os elevados teores de fósforo em superfície (Quadro 2), não muito diferentes dos encontrados em subsuperfície, revelam que a atividade antrópica não foi responsável por essa mudança textural em P4.

A cor escura e forte melanização, com valor e croma baixos, parece representar uma característica recorrente às camadas sob prolongada influência antrópica, decorrente do elevado acúmulo de matéria orgânica semi-carbonizada proveniente dos hábitos culturais de povos Pré-Históricos, como observado por Kern & Kämpf (1989), Prous (1992), Lima (2001), Kämpf et al. (2003), Woods (2003),

Myers et al. (2003), Glaser et al. (2003). De acordo com as cores apresentadas (Quadro 1) todos os horizontes onde houve ocupações diretas de povos Pré-Históricos, o valor e croma das cores dos horizontes foram menores. Entretanto, mesmo em camadas consideradas estéreis do ponto de vista arqueológico, quando subjacente a camadas não estéreis, apresentavam forte influência pigmentante de matéria orgânica, provavelmente, devido a processo de melanização decorrente de eluviação de coloides orgânicos sobrejacentes, comum em solos de constituição arenosa. As cores (amostra seca) dos horizontes antrópicos variam de cinzento-escuro (10YR 4/1) a preto (2,5Y 2/1).

### **3.2. Características químicas**

Os solos de sambaquis estudados revelam elevada fertilidade química, se diferenciando do padrão de oferta de nutrientes da grande maioria dos solos naturais do Brasil (Resende et al., 2002) e, em especial, apresentam riqueza química muito maior que os solos da área em que estão inseridos (Ibraimo et al., 2004). Os resultados apresentados no Quadro 2 mostram valores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , P e pH superiores às Terras Pretas amazônicas (Kern & Kämpf, 1989; Lima et al., 2002). Os solos de sambaquis, assim como as TPI da Amazônia, reforçam a característica de que a pedogênese em locais de prolongada ocupação, com abundantes restos materiais de culturas Pré-Históricas dão origem a solos de coloração escurecida e níveis de fertilidade mais elevados que os solos de entorno (Kern & Kämpf, 1989; Costa et al., 2002; Lima et al., 2002; Woods, 2003; Schaefer et al., 2004; Kämpf & Kern, 2005), independente de cultivos posteriores.

No complexo de troca, há em geral, teores elevados de todos os cátions, com predomínio de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , sendo o primeiro mais abundante que o segundo para quase todos os horizontes. Isto se dá em decorrência da composição dos materiais proveniente dos aportes antrópicos ser muito rico em carapaças da malacofauna de água salobra, cuja composição é basicamente carbonato de cálcio puro. O  $\text{Al}^{3+}$  está ausente do complexo de troca, embora no material litológico da área estudada ele seja presente na forma de aluminossilicatos, indicando que os elevados valores de pH em água em todos os solos reduzem drasticamente a atividade do  $\text{Al}^{3+}$  no meio, além do conteúdo de matéria orgânica significativo que atua como complexante do

$Al^{3+}$ , restringindo sua atividade (Parfitt, 1977). Os solos possuem elevada saturação por  $Na^+$ , indicando forte influência da proximidade com o mar, de onde provem o “spray” salino trazido por constantes ventos, como apontado por Ibraimo et al. (2004) em solos bem próximos do local de estudo. As figuras de mapas microquímicas (3.4. Aspectos microquímicos) mostram muitos constituintes na fração areia ricos em K, como feldspatos e micas, e plagioclásio sódico para o Na, mas a maior proveniência alóctone de Na parece ser a mais plausível, em virtude dos altos valores trocáveis. De qualquer forma, são solos pouco intemperizados, que preservam minerais primários em sua composição.

A estabilidade de elevados valores de cátions trocáveis é decorrente das baixas taxas de precipitação e abundante reserva de minerais e materiais biológicos facilmente intemperizáveis, presentes nos solos de sambaquis.

O caráter básico dos solos da região dos Lagos – RJ assegura maior estabilidade às apatitas biogênicas, reduzindo sua cinética de dissolução, que nos padrões tropicais úmidos ocorrem em velocidades elevadas do ponto de vista arqueológico. Por conseguinte esses solos “semi-áridos” contribuem para a conservação de restos culturais muito antigos, comumente encontrados na área estudada como verificado por Tenório et al. (2005).

Quadro 2 – Características químicas obtidas das análises de rotina dos solos estudados

Horizonte e Profund. (cm)	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							MO <sup>(3)</sup> dag kg <sup>-1</sup>	V <sup>(4)</sup> m <sup>(5)</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>		
	H <sub>2</sub> O	KCl	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB <sup>(1)</sup>				(T) <sup>(2)</sup>	
												%		
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, êutrico, textura média (P1 – Condomínio do Atalaia)</b>														
Apu 0 – 40	7,06	5,87	1,80	11,81	5,63	0,44	0,00	4,2	19,67	23,87	6,08	82,4	0,0	5836,4
ABu 40 – 60	7,88	6,41	1,32	8,91	5,67	0,28	0,00	1,9	16,18	18,08	4,16	89,5	0,0	5254,2
Biu1 60 - 80	8,16	6,60	3,51	5,13	6,59	0,39	0,00	1,9	15,62	17,52	3,52	89,2	0,0	7554,5
Biu2 80 - 100	8,08	6,61	3,33	5,15	5,67	0,47	0,00	2,3	14,62	16,92	3,52	86,4	0,0	6769,1
BCu 100 - 120	8,19	6,68	3,85	5,22	6,07	0,55	0,00	1,9	15,68	17,58	3,58	89,2	0,0	6867,6
C/Ru 120 – 130 <sup>+</sup>	8,21	6,84	3,70	4,47	3,19	0,81	0,00	2,8	12,17	14,97	2,05	81,3	0,0	5516,2
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico melânico, êutrico, textura média (P2 - Boqueirão)</b>														
Au 0- 35	7,88	7,02	1,99	14,20	3,11	0,38	0,00	0,0	19,68	19,68	9,60	100,0	0,0	3950,3
Biu 35 – 60	8,62	7,30	1,50	13,08	2,69	0,27	0,00	0,5	17,54	18,04	5,12	97,2	0,0	3983,1
BCu 60 – 80	8,79	7,37	1,69	8,46	2,66	0,12	0,00	0,5	12,93	13,43	3,20	96,3	0,0	3484,4
C/Ru 80 – 100	8,88	7,36	1,41	7,67	0,89	0,11	0,00	0,5	10,08	10,58	1,92	95,3	0,0	3336,7
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, arênico (P3 - Ilha do Cabo Frio)</b>														
A1u 0 – 10	8,69	7,85	0,60	5,38	0,65	0,04	0,00	0,5	6,67	7,17	2,18	93,0	0,0	415,3
ACu 10 - 33	8,59	8,24	0,34	3,65	0,53	0,02	0,00	0,5	4,54	5,04	1,28	90,1	0,0	318,4
C1 33 – 80	8,80	8,76	0,40	1,71	0,18	0,02	0,00	0,5	2,31	2,81	0,26	82,2	0,0	315,9
2C 80 – 100 <sup>+</sup>	8,72	8,77	0,23	2,01	0,23	0,02	0,00	0,3	2,49	2,79	0,38	89,2	0,0	213,0
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico estrático, êutrico, textura média (P4-USIMINAS)</b>														
Apu 0 – 10	8,19	6,59	0,87	11,57	1,34	0,17	0,00	0,6	13,95	14,55	8,32	95,9	0,0	3549,1
E 10 – 25	8,22	7,13	0,91	12,98	1,63	0,09	0,00	0,3	15,61	15,91	8,96	98,1	0,0	3688,5
2Au1 25 - 40	8,59	7,66	1,19	11,87	2,66	0,19	0,00	0,2	15,91	16,11	7,16	98,8	0,0	1967,9
2Au2 40 - 60	9,25	8,03	8,44	6,60	5,39	0,82	0,00	0,0	21,25	21,25	5,50	100	0,0	3267,2
2Au3 60 - 80	9,74	7,82	7,59	4,60	4,20	0,75	0,00	0,0	17,14	17,14	3,58	100	0,0	4185,1
3ACu1 80 - 110	8,65	8,13	1,18	3,82	0,51	0,08	0,00	0,8	5,59	6,39	1,28	87,5	0,0	185,2
3ACu2 110 – 145 <sup>+</sup>	8,36	8,14	1,55	4,38	0,96	0,12	0,00	0,5	7,01	7,51	2,05	93,3	0,0	238,2

<sup>(1)</sup> Soma de bases; <sup>(2)</sup> CTC a pH 7; <sup>(3)</sup> Matéria Orgânica – Walkley-Black; <sup>(4)</sup> Índice de Saturação por Bases; <sup>(5)</sup> Índice de Saturação por Alumínio

Os teores de P extraível são muito elevados, característica associada a solos antrópicos em todas as sociedades pré-históricas, sendo o registro de solos com maiores valores de P já estudados no Brasil. Em P1, onde são encontrados os teores mais elevados de P (Quadro 2), está em acordo com as datações encontradas por Tenório et al. (2005), indicando que o maior tempo de pedogênese possibilitou maior liberação de P dos materiais antrópicos alóctones com conseqüente formação de fosfatos secundários, que se conservam devido às condições de equilíbrio do meio (alta capacidade do solo em prover P), auxiliado pelas características climáticas regionais mais secas. Os menores valores de P em P3 podem estar associados a dois fatores: em decorrência da textura mais arenosa onde as perdas de P e dos demais elementos foram mais intensas; ou ao aporte e acúmulo de materiais provenientes de atividade antrópica menos intensos em relação aos outros perfis. Mesmo em camadas estéreis do ponto de vista arqueológico, foi verificado altos teores de P, o que pode indicar mobilidade vertical do P por lixiviação, como observado em P4.

Nos solos estudados, as formas de fósforo são predominantemente P-Ca, como indicam as análises microquímicas. É uma forma bastante instável de fosfato para condições tropicais, tornando os resultados de P neste trabalho, uma anomalia aos padrões regionais e nacionais, sendo atribuído tal peculiaridade ao fator antrópico e climático da área. Devido a essas características o extrator Mehlich-1, não é o mais recomendado a esses solos (Novais & Smyth, 1999), tanto pelos altos pHs, que diminuem a eficácia do extrator, subestimando os valores de P, como a forma de P-Ca que é muito sensível a extratores ácidos, podendo superestimar os resultados. Essa complicação é um fator a ser resolvido para proposta de classificação de Arqueo-antropossolos de Kämpf & Kern (2005), pois nela, é adotado o extrator Mehlich-1 para balizar os valores de P em solos antrópicos, tendo em vista, a adoção deste extrator em nível nacional, o que facilita comparações e correlações. A Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1998) adota como extrator de P, o ácido cítrico, baseando sua classificação de antropossolos pelo teor de P obtido por esse extrator. Em alguns casos, extratores alcalinos como Olsen, poderiam fornecer resultados mais adequados, porém de reduzida possibilidade de comparação em nível nacional, pois ao longo de anos os trabalhos pedológicos vêm adotando o Mehlich-1, muito mais apto à realidade tropical, como extrator padrão.

Os elevados valores de  $P_2O_5$  em relação aos teores de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$  (P1, P2 e P4), especialmente nos horizontes superiores e médios do perfil (Quadro 3), demonstra a contribuição significativa do acúmulo de materiais orgânicos em detrimento dos minerais por parte dos povos sambaquianos. Os altos valores de pH nos solos analisados favorecem a solubilidade e atividade do Si, explicando sua maior concentração nos horizontes mais profundos, em comparação aos valores encontrados nos horizontes mais superficiais, o que revela mobilidade de Si no perfil. Ao contrário,  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$  têm solubilidade menor em pH mais elevado, possibilitando a permanência de valores mais altos em comparação aos teores de  $SiO_2$  nos horizontes mais superficiais.

Os resultados de  $K_i$  e  $K_r$  (Quadro 3) revelam a impossibilidade de se considerar esses índices, ligados a estágios de intemperismo, no estudo de Arqueo-antrossolos Tâmbicos. As relações moleculares não conseguem retratar a realidade pedogenética desses solos, nem indicar a natureza mineralógica da fração argila.

Os altos valores de  $P_2O_5$  (Quadro 3), especialmente em P1, P2 e P4, reforçam a ocorrência predominante na fração coloidal de plasma fosfático. As análises microquímicas confirmam a abundância de plasma fosfático nos solos estudados, o que os difere de todos os solos da região, não antrópicos (Ibraimo et al., 2004). O modo de vida dos povos pré-históricos produziu nas áreas de habitação, concentração de diversos elementos, em especial o fósforo, presente na urina, fezes, tecidos vegetais e animais e, principalmente nos ossos (Woods, 2003). A elevada estabilidade do P no ambiente, especialmente tropical (Novais & Smyth, 1999), mesmo sob diferentes condições pedológicas, fazem do P um elemento especial nos estudos de Arqueo-antrossolos. Neste caso, é preciso constatar que mesmo horizontes ou camadas sem abundância de conchas ou fragmentos líticos e ossos, podem conter teores extremamente elevados de P, o que indica sua importância diagnóstica na identificação de horizontes antrópicos aparentemente “estéreis”, onde o P pode ocorrer como formas secundárias móveis, neoformadas.

**Quadro 3** - Teores de Cu, Mn, Zn, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> obtidos através da análise por ataque sulfúrico da TFSA

Horizonte e Profund. (cm)	Cu	Mn	Zn	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Relações Moleculares	
	mg kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>					Ki	Kr
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, êutrico, textura média (P1 - Condomínio do Atalaia)</b>										
Apu 0 – 40	20,5	868	172	5	16	16	3,4	93,9	0,53	0,32
Biu1 60 - 80	26,5	2383	173	6	24	28	3,2	120,9	0,43	0,24
BCu 100 - 120	21,3	748	95,3	25	24	29	2,9	81,8	1,77	1,00
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico melânico, êutrico, textura média (P2 - Boqueirão)</b>										
Au 0- 35	18,8	663	122	1	25	16	2,5	84,5	0,07	0,05
Biu 35 – 60	12,8	350	86,3	41	36	24	4,1	51,4	1,94	1,36
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, arênico (P3 - Ilha do Cabo Frio)</b>										
A1u 0 – 10	3,5	142	20,0	4	1	8	3,4	11,3	6,80	1,11
C1 33 – 80	1,5	117	15,5	1	1	7	3,2	2,3	1,70	0,31
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico estrático, êutrico, textura média (P4-Usiminas)</b>										
Apu 0 – 10	5,5	221	54,0	6	7	9	2,1	21,5	1,46	0,80
2Au1 25 - 40	12,0	553	135	1	10	7	1,6	96,6	0,17	0,12
3ACu2 110 – 145 <sup>+</sup>	10,0	570	91,3	49	25	23	6,6	57,4	3,33	2,10

Os resultados dos teores de Mn, Zn e Cu acompanharam os valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em todos os horizontes (Quadro 3), indicando sua correlação com a influência antrópica, considerando que o P é um elemento chave na identificação de solos antrópicos, sendo utilizado como marcador de pretéritas ocupações (Soil Survey Staff, 1998; Woods, 2003; Kämpf & Kern, 2005). A associação do Mn, Zn e Cu do ataque sulfúrico aos valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, colocam esses elementos como provenientes das ações humanas e, por conseguinte, indicadores de horizontes antrópicos.

O enriquecimento em Cu é muito associado a urina, mas sua permanência no solo não é muito prolongada. Segundo Woods (2003) em cerca de 2000 anos a maior parte do Cu é perdida por lixiviação, o que explica seu menor valor comparado aos outros micronutrientes (Quadro 4), especialmente nos horizontes com menor conteúdo de C-orgânico, cuja relação de complexação existente entre a matéria orgânica e Cu, possibilita sua maior permanência no solo. O Zn é associado às fezes e ossos, sendo mais estável no solo em relação ao Cu (Woods, 2003), refletindo melhor as camadas de ocupação antrópica.

Os valores mais altos de Fe (Quadro 4) nos perfis (P1 e P2) estão associados aos horizontes C/R, influenciados pela litologia local, que liberam mais Fe que camadas constituídas por materiais provenientes das atividades antrópicas, naturalmente pobres em Fe.

**Quadro 4** - Valores de micronutrientes e P extraídos por Mehlich-1

Horizonte e Profundidade (cm)	Zn	Fe	Mn	Cu
	mg dm <sup>-3</sup>			
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, êutrico, textura média (P1 - Condomínio do Atalaia)</b>				
Apu 0 – 40	33,10	33,6	34,8	0,63
ABu 40 – 60	35,35	30,1	33,8	0,53
Biu1 60 - 80	17,89	12,5	28,3	0,54
Biu2 80 - 100	17,01	20,2	29,6	0,56
BCu 100 - 120	15,42	22,9	29,9	0,55
C/Ru 120 - 130 <sup>+</sup>	21,57	114,1	36,0	0,55
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico melânico, êutrico, textura média (P2 - Boqueirão)</b>				
Au 0- 35	1,25	1,4	16,3	0,54
Biu 35 – 60	3,76	3,8	16,6	0,46
BCu 60 - 80	6,66	8,8	12,6	0,51
C/R 80 – 100	6,82	18,9	14,1	0,50
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, arênico (P3 - Ilha do Cabo Frio)</b>				
Alu 0 – 10	0,00	0,8	1,4	0,27
ACu 10 - 33	0,08	0,9	1,7	0,26
C1 33 – 80	1,48	2,5	4,2	0,27
2C 80 – 100 <sup>+</sup>	0,63	2,2	2,5	0,28
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico estrático, êutrico, textura média (P4-Usiminas)</b>				
Apu 0 – 10	2,61	1,0	12,0	0,50
E 10 – 25	0,55	0,9	6,7	0,46
2Au1 25 - 40	0,10	0,9	5,7	0,35
2Au2 40 - 60	0,16	0,9	6,8	0,38
2Au3 60 - 80	1,57	4,2	11,1	0,48
3ACu1 80 - 110	0,00	2,1	2,5	0,33
3ACu2 110 – 145 <sup>+</sup>	0,00	2,5	75,8	0,34

### 3.3. Aspectos microquímicos

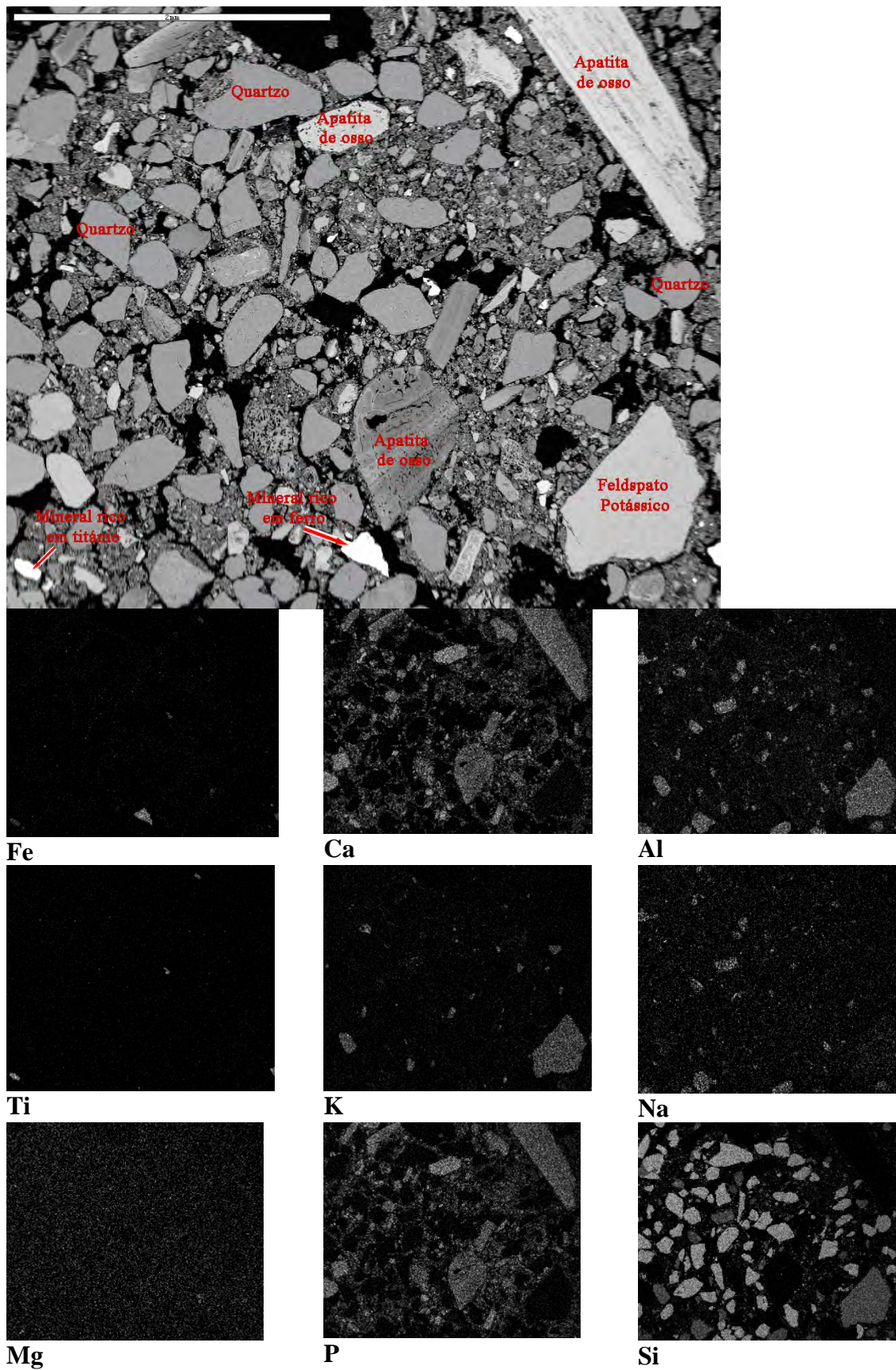
As amostras indeformadas de solo possibilitaram a confecção de lâminas de micromorfologia de excelente qualidade para estudos microquímicos. Os resultados obtidos revelaram solos extremamente ricos em elementos geralmente raros aos padrões tropicais. A elevada concentração de macro e micronutrientes nos solos estudados (P1, P2 e P4) revelam prolongados períodos de ocupação, com intenso

acúmulo de recursos alimentícios provenientes tanto de ambientes litorâneos, continentais ou marinhos. Os resultados das análises microquímicas que se seguem vêm a corroborar a riqueza química de que se constituem os solos de sambaquis.

A figura 1 revela que a fração mais grosseira (areia) que forma o esqueleto do horizonte superficial de P1 é composta por grãos minerais, principalmente grãos de quartzo, com ocorrência abundante de feldspatos e muscovita rica em K e plagioclásio sódico. Minerais máficos, ricos em Fe, não ocorrem de forma significativa, mas apenas como concentrações pontuais, de Fe e Ti (ilmenita e titanomagnetita).

Estruturas biológicas remanescentes da atividade antrópica pretérita participam significativamente da fração esquelética do solo no horizonte (Apu) do perfil P1. Restos de carapaças de moluscos constituídas por estruturas rígidas a base de  $\text{CaCO}_3$ , são abundantes, constituindo grande reserva primária de Ca no solo. Apatita biogênica derivada de restos ósseos da fauna aquática e terrestre, muito comuns nesse horizonte, são responsáveis pela reserva primária de P, que atualmente permanecem em formas estáveis ligada ao Ca.

O plasma é constituído em sua maioria por fosfatos secundários de cálcio (Mapa 1), possibilitado pela elevada oferta de Ca e P ao ambiente pedológico, e estabilidade favorecida por fatores climáticos (baixa taxa de intemperismo), pH elevado e pela capacidade de manutenção de equilíbrio na concentração de Ca e P no meio, conferindo avançado processo de fosfatização no horizonte analisado (Mapa 1). O P está em sua maioria ligado ao Ca nas formas primárias e secundárias. É o processo de formação de plasma fosfático, como descrito por Simas et al., (2006) em solos ornitogênicos na Antártica.

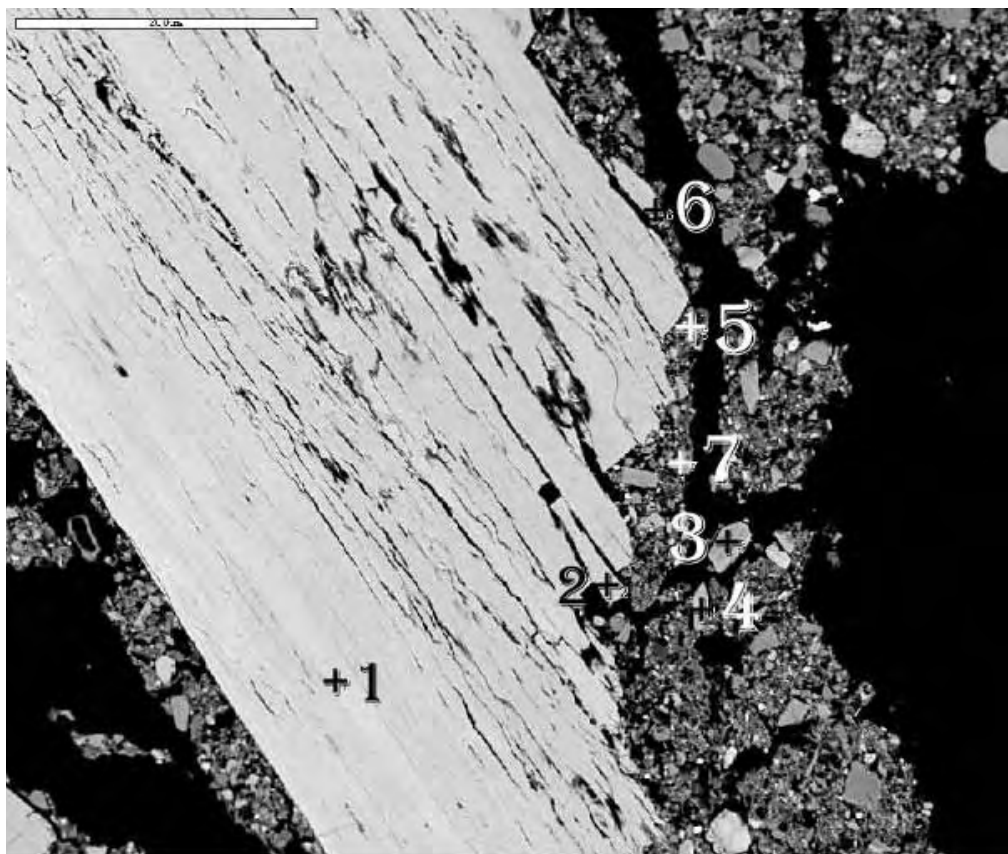


**Mapa 1** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e mapas microquímicos de EDS do horizonte Apu 0 – 40 cm no perfil P1.

Há no plasma (Mapa 1) presença de aluminossilicatos secundários, formados pela alta atividade do Si em ambiente de elevado pH, porém em menor proporção que os colóides fosfáticos. A presença de Na no plasma é atribuída à precipitação localizada de sais, tendo em vista os elevados valores deste elemento em forma solúvel no solo.

Os resultados do Quadro 5 revelam o excelente estágio de conservação da apatita biogênica no horizonte. A composição permanece quase exclusivamente Ca e P (Ponto 1), mesmo nas bordas do fragmento ósseo e nas pequenas partículas desagregadas (Figura 11), com valores de P e Ca constantes. A apatita biogênica nesse horizonte se encontra em estado de equilíbrio com o solo, sofrendo pouca degradação química. Ao que parece, os fragmentos maiores de apatita, sofrem constantemente degradação mecânica, herdadas da atividade antrópica original, sendo paulatinamente fragmentada. Tal constatação leva a crer que houve aporte inicial de materiais de mais fácil degradação que a apatita de osso por parte dos povos construtores desses sambaquis, cuja degradação liberou quantidades elevadas de Ca e P, reprecipitados como plasma fosfático (P-Ca). Desta forma, o plasma fosfático retardou a dissolução dos fragmentos mais densos de apatita de osso. Outra possibilidade, é que os restos ósseos sejam mais recentes, depositados em um ambiente já fosfatizado.

A constituição do plasma (Pontos 5 e 7) apresenta conteúdos mais elevados de Al, Fe, K, Mg, S e especialmente Si, em relação à apatita biogênica, e menores teores relativos de Ca e P. Esse resultado revela a contribuição de componentes de proveniência orgânica, que liberam elementos, especialmente Na e K, posteriormente reprecipitados na forma de colóides silicatados pouco cristalinos, que juntamente com os fosfatos, em maior abundância, constituem o plasma desse horizonte.



**Figura 11** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS (Quadro 5). Horizonte Apant 0 – 40 cm do perfil P1. Em destaque, um fragmento ósseo.

Os resultados presentes no Mapa 2 representam análises microquímicas feitas em P1, porém em profundidade maior que o ilustrado no Mapa 1 e Figuras 11 e 2. Há, em parte da lâmina analisada um fragmento de rocha (sienito), substrato presente no piso sobre o qual se assenta o sambaqui do Condomínio da Atalaia. O mapa microquímico de Si deixa clara a procedência alóctone dos fragmentos de quartzo no perfil, já que o embasamento da área é formado por rochas alcalinas, pobres em Si (Mapa 2), dessa forma, a presença de grãos de quartzo desarestados, revela o transporte eólico desse material até o sítio. Os grãos do esqueleto são predominantemente de origem mineral. Grãos de origem biogênicas ocupam porcentagem inferior, sendo comuns grãos residuais de micas, feldspatos e plagioclásio sódico, além dos grãos de quartzo de origem alóctone. Os minerais ricos em Ti permanecem mais associados aos fragmentos rochosos, contribuindo pouco na composição esquelética do solo, assim como as pontuações na forma de

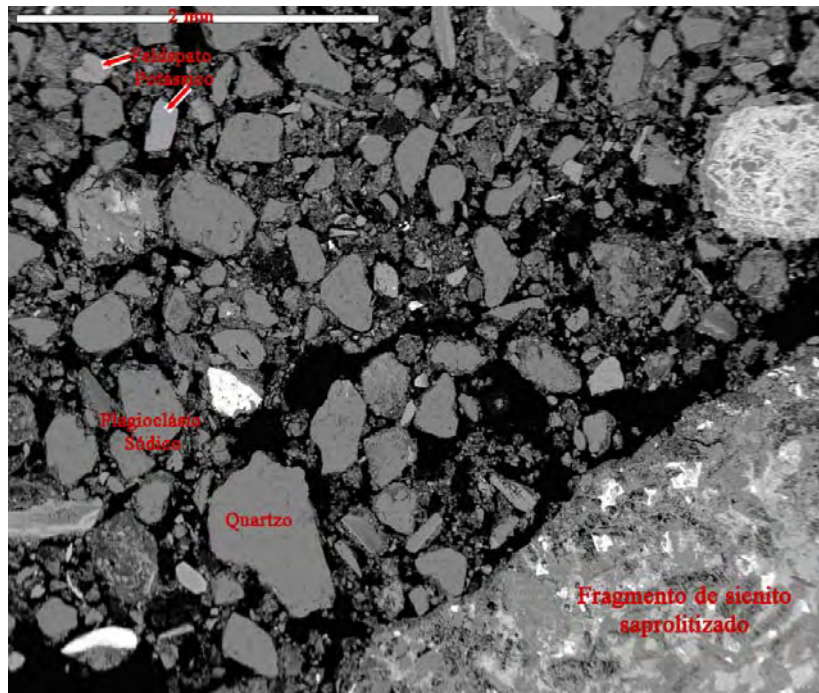
concreções ferruginosas pouco expressivas no solo, e ausentes na rocha. As maiores concentrações de Mg estão associadas ao sienito, não sendo mapeável de forma expressiva fora desse material. O Mn ausente nos demais trabalhos microquímicos desse capítulo, aparece na porção mais superficial do solo (Mapa 2) em pequenas concentrações, principalmente próximo a um nódulo rico em Fe, Si e P. Este elemento se mostrou abundante nas análises químicas, possuindo associação com atividade antrópica.

**Quadro 5** - Composição química de fragmento ósseo e plasma do horizonte Apant do perfil P1, referente à figura 11

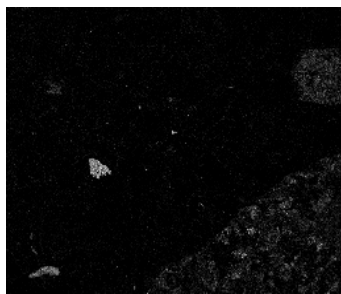
Análises localizadas	Óxido (%)								
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
1	1,38	52,28	0,30	-	0,51	0,63	44,71	-	-
2	1,45	51,30	0,96	-	0,46	0,53	44,96	-	-
3	1,73	50,72	0,37	-	0,78	0,49	44,51	-	-
4	2,14	49,48	2,20	-	0,87	0,74	44,37	-	-
5	8,57	29,14	9,28	2,11	1,06	-	29,66	18,98	0,94
6	1,62	50,76	1,13	-	0,44	0,65	44,50	-	0,67
7	7,79	36,47	8,25	0,68	1,10	0,68	33,63	11,15	0,67

O Al ausente do sistema de troca (CTC) (Quadro 2) dos solos estudados é presente em maiores concentrações nos horizontes Apu e Biu2 (Mapas 1 e 2, respectivamente), sob a forma de mineral primário (micas, plagioclásios, feldspatos), permanecendo estável e, ao que tudo indica não influenciando significativamente nos processos físico-químicos. O plasma é ainda formado quase exclusivamente por fosfatos de cálcio, mostrando estrutura microgranular bem definida, que se mantém estável devido às condições de equilíbrio do meio, balanceadas por elevada reservas de P e Ca na forma de apatita primária biogênica, e pela baixa atividade de Fe e Al no meio, muito inferior à atividade de Ca.

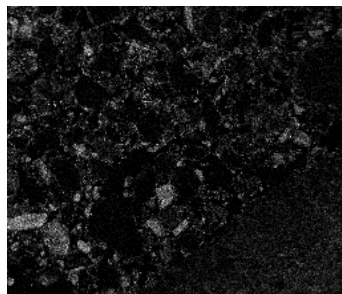
No horizonte mais profundo do perfil P1, já próximo ao contato com a rocha sã (Mapa 3), revela menor influência dos materiais aportados pelos povos pré-históricos, diferenciando-se claramente dos horizontes mais superficiais, constituídos por abundante material de origem antrópica.



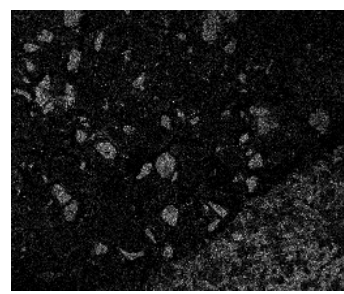
Mn



Fe



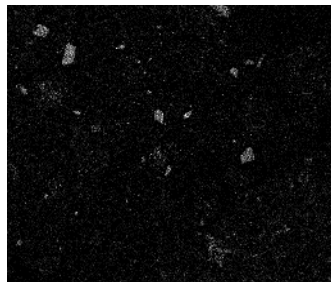
Ca



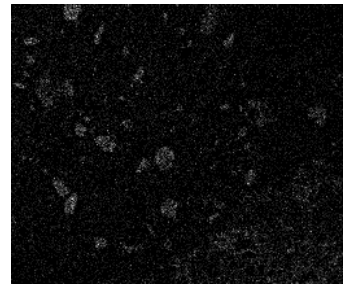
Al



Ti



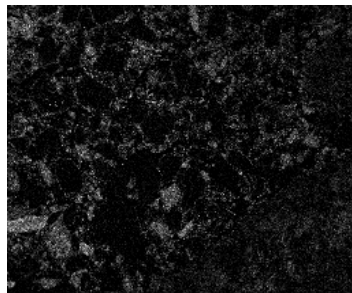
K



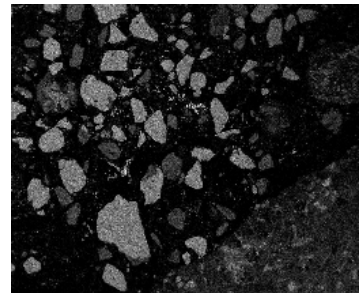
Na



Mg



P

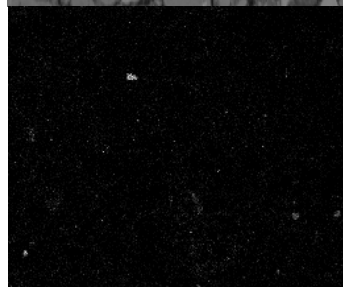
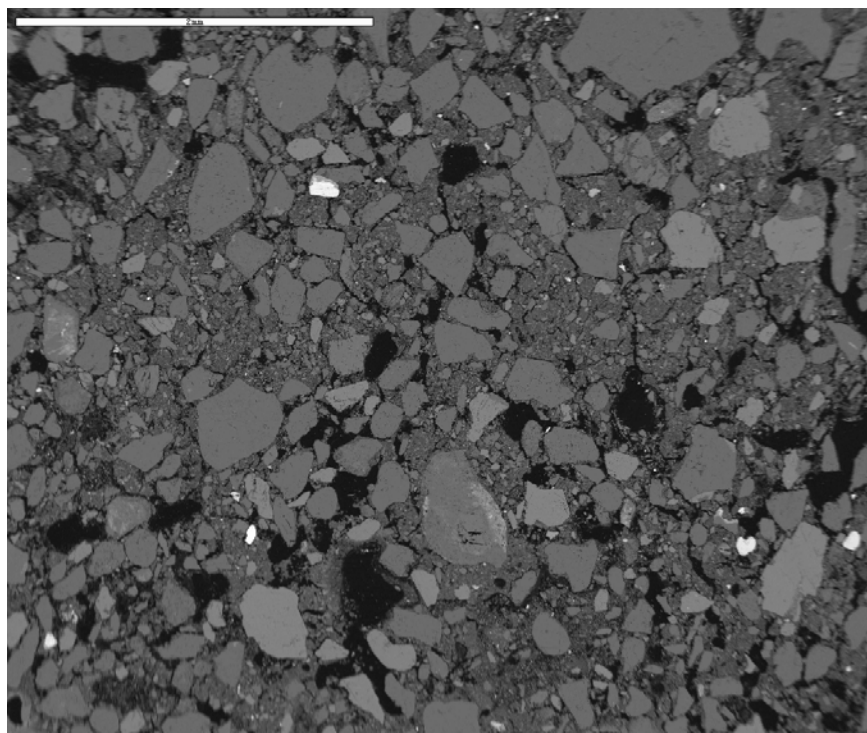


Si

**Mapa 2** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e mapas microquímicos de EDS do horizonte Biu2 80 – 100 cm do perfil P1.

Nessa profundidade, abaixo de 120 cm do perfil P1, o solo apresenta matriz muito mais adensada (Mapa 3) em relação aos horizontes mais superficiais, possuindo em seu esqueleto grãos minerais de origem não-antrópica. Esses grãos, todos arestados, são compostos por feldspatos potássico, micas, plagioclásio sódico, quartzo e, em menor proporção, concreções ferruginosas, pontuações de Ti e pequenos nódulos de apatita secundária. O plasma é predominantemente aluminoso, provavelmente formas aluminossilicatadas que se concentraram nesse nível. O P continua sendo em sua maioria ligado ao Ca, mas ocupa pequena proporção no plasma, embora o teor de P extraído por Mehlich-1 seja elevado nesse horizonte.

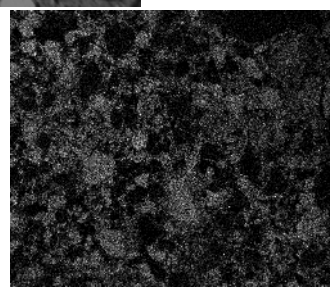
Nenhum dos horizontes do perfil P1 analisados por MEV apresentaram sinais de bioturbação significativa, revelando pouca alteração das camadas arqueológicas, o que contribui para a preservação dos remanescentes culturais hoje presentes nos sítios. Em decorrência da pouca ação biológica nesses solos, é creditada a processos físico-químicos, a movimentação de elementos ao longo do perfil. Tal mobilidade dá-se por lixiviação, mesmo para elementos poucos móveis como P e, por ações antrópicas pretéritas, já que segundo estudos antropológicos e arqueológicos os povos construtores dos sambaquis realizavam constantes perturbações nos sítios, como escavações, enterramentos, aterramento, entre outros, causando misturas entre materiais naturalmente presentes no local, com elementos alóctones trazidos por eles. Ou seja, o misturamento atualmente encontrado é herdado da própria constituição estratigráfica e sedimentológica do sítio, revelada pela disposição sub-horizontal dos resíduos culturais e faunísticos.



**Fe**



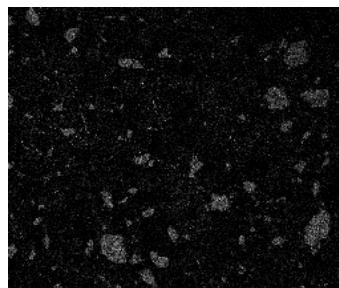
**Ca**



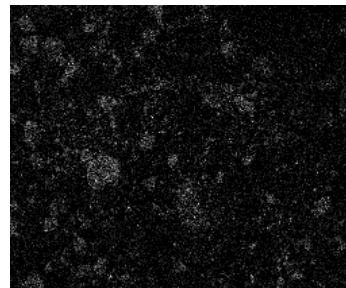
**Al**



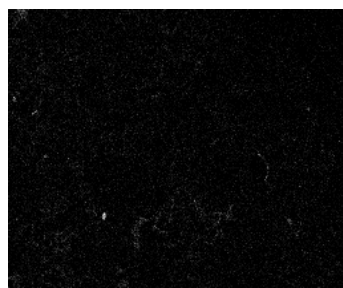
**Ti**



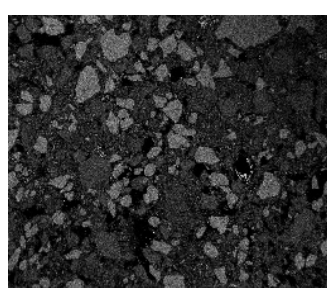
**K**



**Na**



**P**



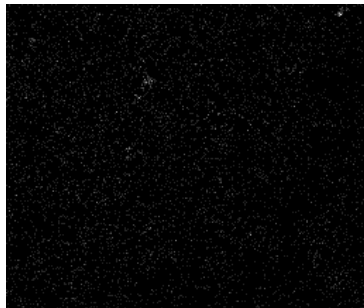
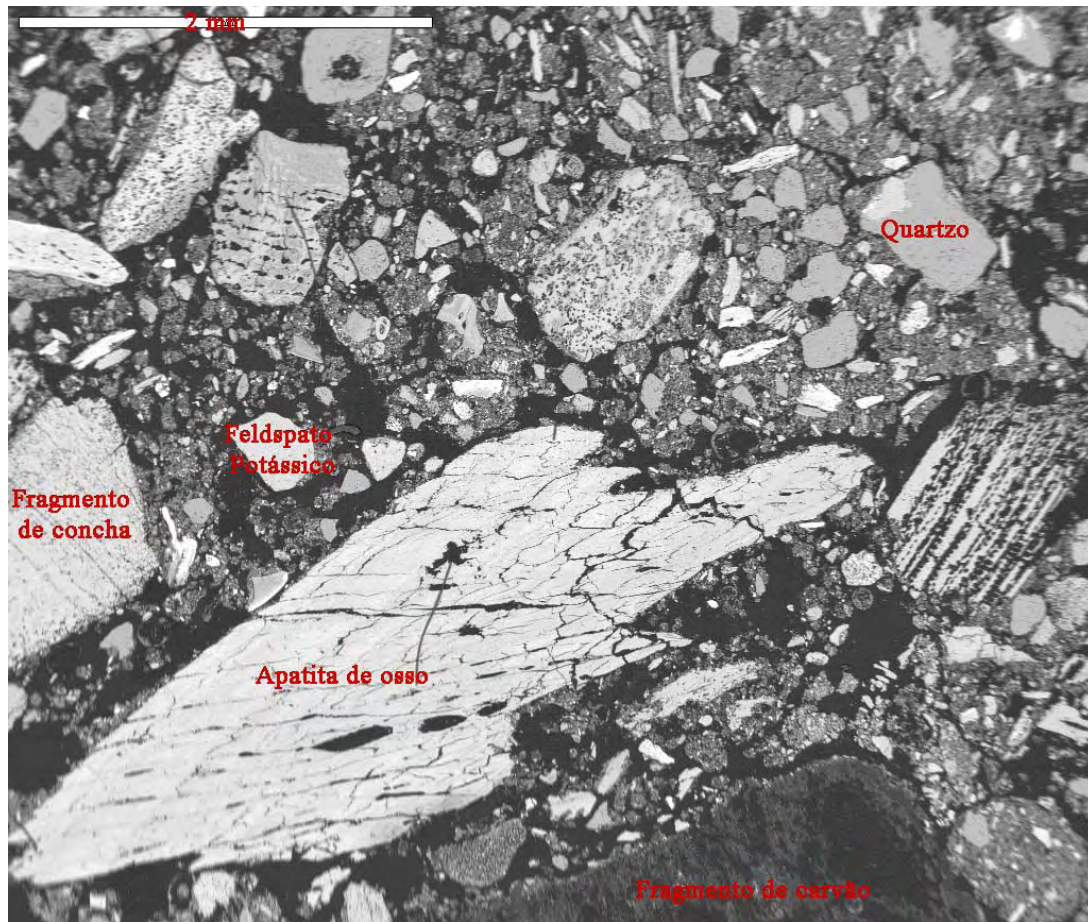
**Si**

**Mapa 3** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e mapas microquímicos de EDS do horizonte C/Ru 120 - 130<sup>+</sup> cm do perfil P1.

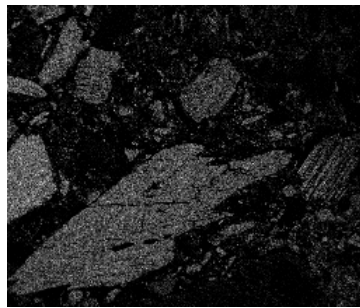
O perfil P2 (Mapa 4) apresenta em superfície grande contribuição de materiais de origem biológica, aportados por povos pré-históricos, configurando um esqueleto formado por material biológico variado e, em menor proporção, grãos arestados de feldspato potássico e quartzo. Como verificado no Quadro 1, o perfil P2 recebeu contribuições menos significativas de grãos de quartzo de procedência eólica em superfície, se comparado ao perfil P1, também perceptível nos mapas microquímicos 1 e 4.

A riqueza em fontes primárias de Ca e P é grande nesse horizonte (Mapa 4), além da presença dominante de plasma de fosfato de cálcio secundário. Os fragmentos de apatita biogênica e de restos de conchas estão em estágio praticamente inalterado, permanecendo sua constituição elementar primária. Os restos de carapaças da malacofauna são facilmente distinguidos dos fragmentos ósseos através dos teores de P. As conchas são formadas quase exclusivamente por carbonato de cálcio enquanto, os fragmentos ósseos possuem valores semelhantes de Ca e P. Os remanescentes biológicos apresentam faces angulosas e abundância de microfragmentos também angulosos, evidenciando baixo grau de intemperismo químico, mas elevada fragmentação física.

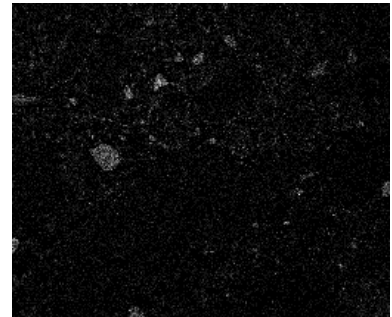
Fragmentos de carvão são verificados no Mapa 4, contribuindo para formação de esqueleto poligenético e variado. Os fragmentos de carvão permanecem inertes, não reagindo com o plasma do solo, extremamente rico em macronutrientes e micronutrientes.



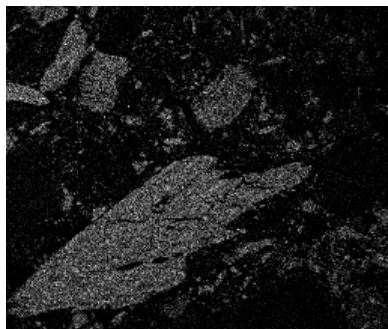
Fe



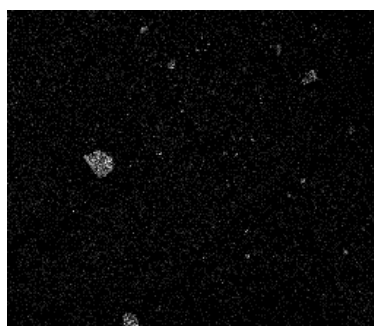
Ca



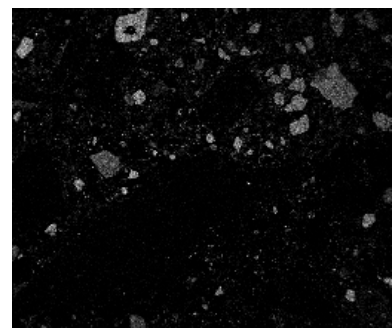
Al



P



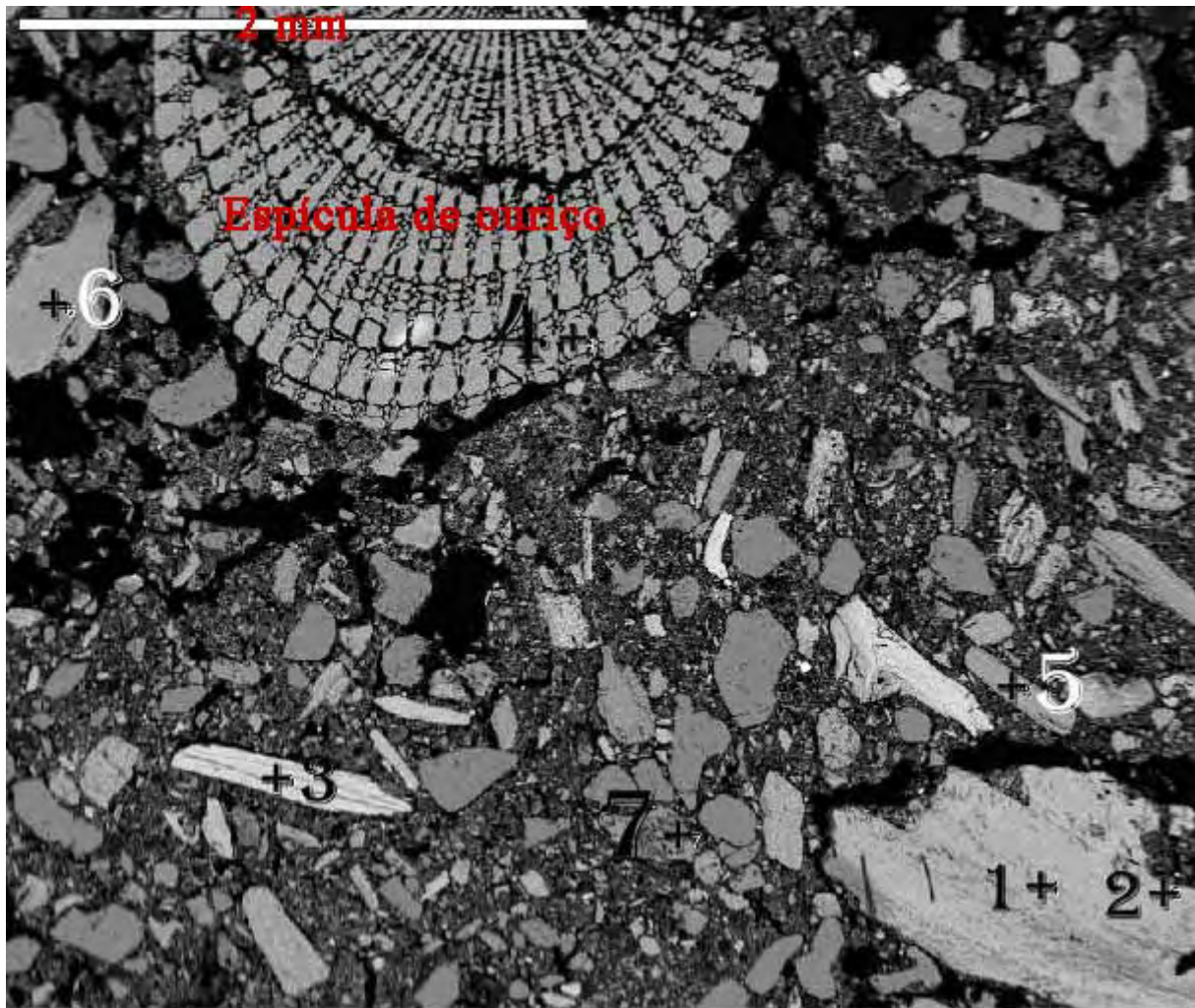
K



Si

**Mapa 4** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e mapas microquímicos de EDS do horizonte Au 0- 35 cm do perfil P2.

A Figura 12 proveniente da parte superficial do perfil P2, vem a corroborar a constituição variada do esqueleto, formada principalmente por materiais biológicos aportados por povos pré-históricos.



**Figura 12** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS (Quadro 6). Composição geral do horizonte Au 0- 35 cm do perfil P2.

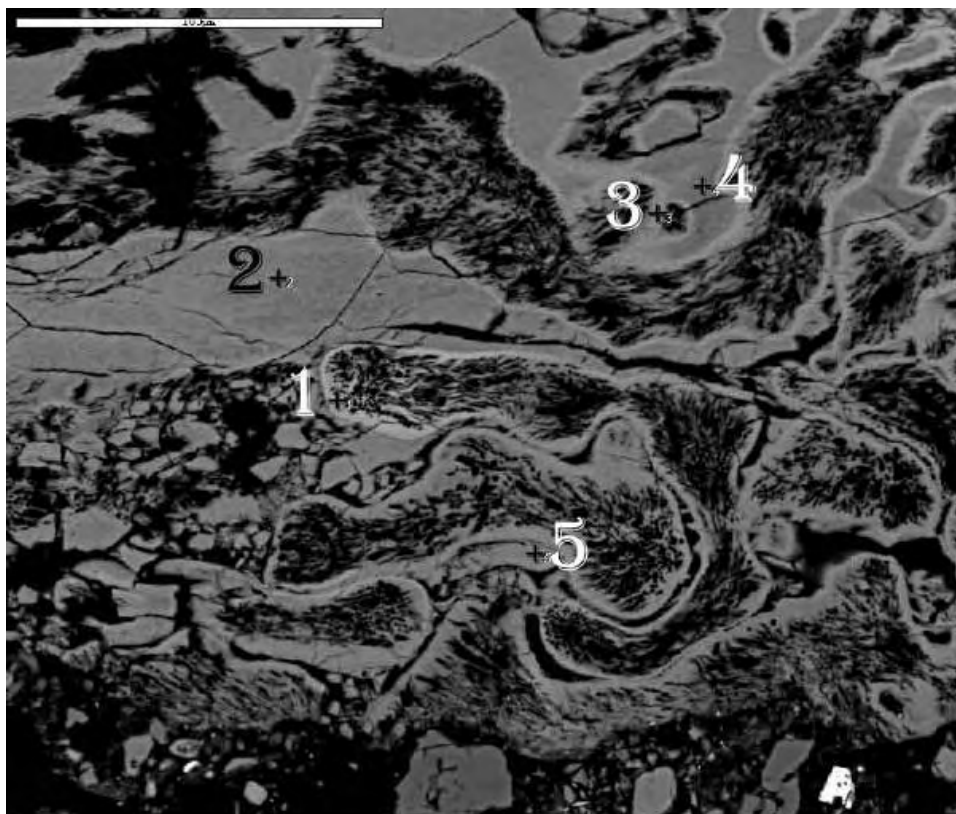
Na Figura 12 é possível identificar restos de espículas de ouriço (muito comuns em P2), espinhas de peixes, ossos e carapaças de moluscos. Cada componente apresenta composição variada típica, sendo facilmente separados em trabalhos com MEV acoplado a EDS.

**Quadro 6** - Composição química do esqueleto e plasma no horizonte Au 0- 35 cm do perfil P2, referente à figura 12

Análises localizadas	% Óxidos								
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
2	-	49,41	-	-	0,33	0,50	38,92	-	-
3	-	54,65	-	-	0,84	0,76	43,76	-	-
4	-	90,33	-	-	6,08	1,29	-	0,40	1,90
5	-	46,27	-	-	0,50	0,59	36,02	-	0,62
6	-	50,52	-	-	0,56	0,73	39,86	-	1,07
7	24,85	5,31	-	0,47	-	7,79	-	61,58	-

A análise de composição química (Quadro 6) no ponto 2 revela um fragmento de osso pouco alterado representando uma fonte primária de apatita biogênica composta quase exclusivamente por Ca e P. O ponto 3 está em outro fragmento ósseo, porém na parte central, mais conservada que o ponto 2, presente na borda do fragmento ósseo. O teor de Ca é sempre um pouco maior que o de P, relação normal para tecido ósseo (Geros, 1984). O ponto 4, em espícula de ouriço, apresenta resultado interessante, já que este material se mostrou o mais rico em Mg, sendo provavelmente a principal reserva e fonte desse elemento no solo. Essas espículas são constituídas (Quadro 6) por estrutura carbonática enriquecida com Mg. Os pontos 5 e 6 estão em espinhas de peixes marinho, de constituição apatítica, porém com presença de certos elementos em menor proporção, especialmente o S. O ponto 7 revela o plagioclásio sódico com presença de substituição de Na por K, mineral muito comum na constituição do esqueleto do solo.

Em princípio, pode-se distinguir os materiais biogênicos de proveniência marinha (pontos 4, 5, e 6) dos terrestres (pontos 2 e 3) pela presença do enxofre, elemento abundante no ambiente de influência marinha (Quadro 6).



**Figura 13** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS (Quadro 7). Fragmento ósseo no horizonte Au 0- 35 cm do perfil P2.

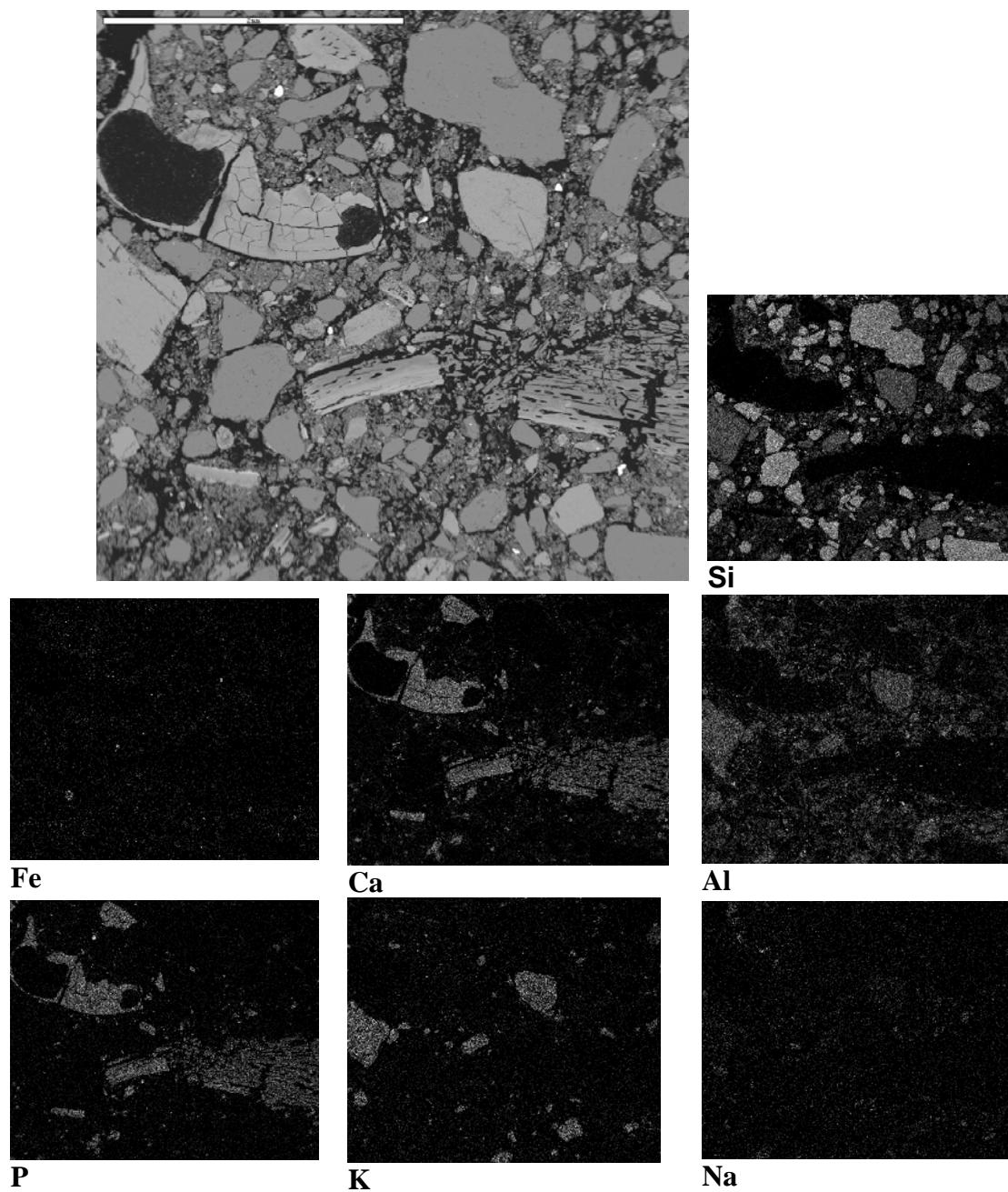
A Figura 13 é referente a um fragmento ósseo degradado, para os padrões encontrados em P2, estando muito fragmentado e desgastado. Embora o aspecto físico desse fragmento esteja bastante desgastado, sua composição química permanece pouco alterada (Quadro 7), guardando as proporções elementares características de apatita biogênica proveniente de tecido ósseo. Tal resultado vem a corroborar com aqueles obtidos em P1 (Figura 11 e Quadro 5), confirmando o baixo grau de degradação química da apatita e carapaças biogênicas presentes nos solos estudados (P1, P2 e P4). Essa característica se deve, como levantado anteriormente, a uma provável fonte de P e Ca mais susceptível à degradação química, que possibilitou a formação de um plasma rico em fosfatos, dando equilíbrio e estabilidade às demais fontes de apatita biogênica mais resistentes e maciças.

**Quadro 7** - Composição química de um fragmento ósseo no horizonte Au 0- 35 cm do perfil P2, referente à figura 13

Análises localizadas	% Óxidos								
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
1	0,28	53,41	-	-	0,37	0,38	45,35	-	-
2	-	55,31	0,36	-	0,55	0,59	42,98	-	-
3	-	54,75	-	-	0,50	0,47	44,11	-	-
4	-	55,26	-	-	0,36	0,33	43,73	-	-
5	-	55,32	0,37	-	0,34	0,63	43,15	-	-

Os resultados das análises microquímicas do horizonte subsuperficial de P2 (Mapa 5) mostram a presença de um plasma composto em maior parte por aluminossilicatos secundários. Estruturas microgranulares fosfáticas comuns em superfície, são pouco expressivas no plasma deste horizonte, mesmo possuindo grande reserva primária em Ca e P, mantidas por fragmentos ósseos que permanecem com a composição original de Ca e P. Os grãos do esqueleto (Mapa 5) são formados principalmente por quartzo alóctone e feldspato potássico.

Os altos valores de pH em P2 favorecem a desestabilização de silicatos e a precipitação do alumínio em formas químicas pouco reativas, o que poderia estar favorecendo a formação e manutenção de aluminossilicatos amorfos poucos estáveis, mas o suficiente para dominar a composição plásmica (coloidal) desse horizonte (Mapa 5).

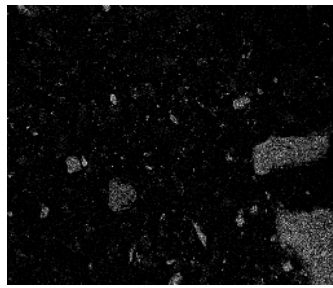


**Mapa 5** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e mapas microquímicos de EDS do horizonte Bui 35 – 60 cm do perfil P2.

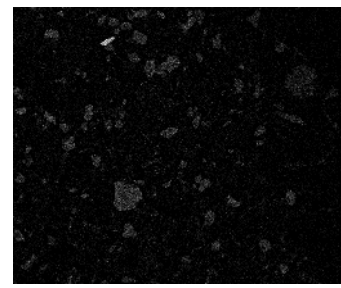
No horizonte superficial do perfil P4 (Mapa 6) o esqueleto é composto predominantemente por grãos de quartzo angulosos e, em menor proporção, por feldspato potássico, plagioclásio sódico, sendo todos do tamanho aproximado de 0,25 a 0,10 mm.



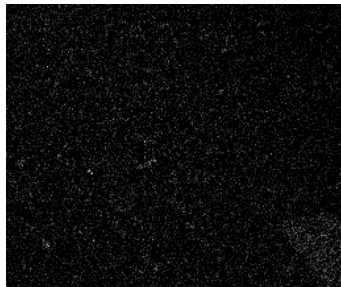
**Fe**



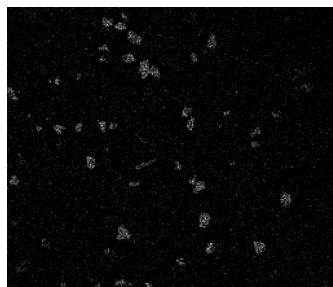
**Ca**



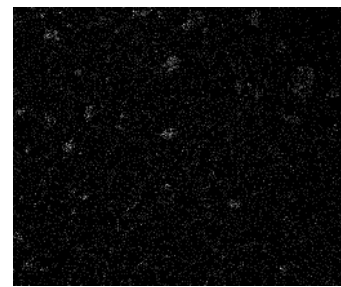
**Al**



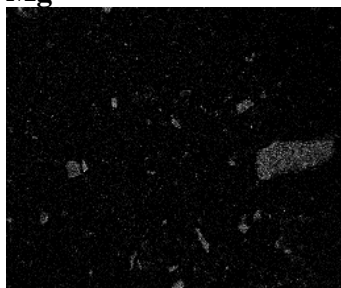
**Mg**



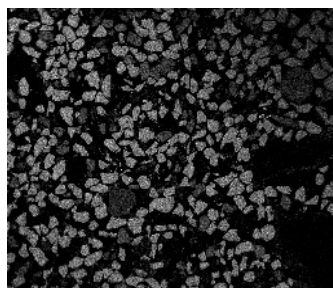
**K**



**Na**



**P**

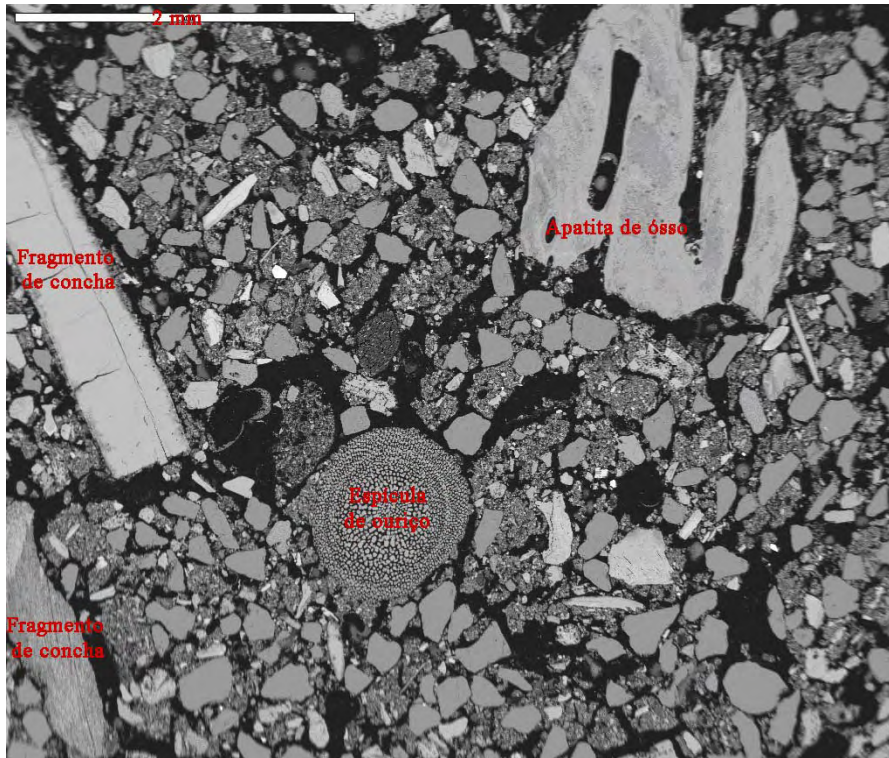


**Si**

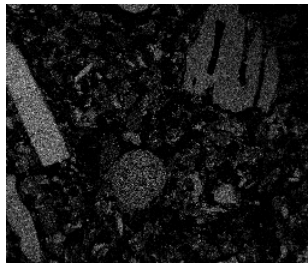
**Mapa 6** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e mapas microquímicos de EDS do horizonte Apu 0 – 10 cm do perfil P4.

O quartzo presente em abundância (Mapa 6) é de proveniência alóctone, trazido por transporte eólico de porções mais baixas próximas à costa, onde predominam grandes depósitos desse material retrabalhado. Os feldspatos potássicos e plagioclásios podem também ser alóctones trazidos por ventos, embora uma origem parcialmente autóctone não seja descartada, já que estes minerais são presentes nos sienitos, rocha de dominância local. Há pouca presença de plasma neste horizonte (Mapa 6). Restos biogênicos de ossos e carapaças de moluscos e espículas de ouriços ajudam a formar o esqueleto dos horizontes 2Au1, 2Au2 e 2Au3 do perfil P4.

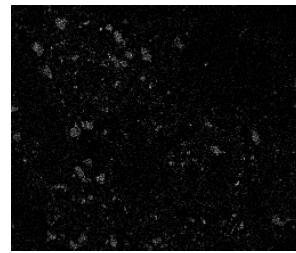
O horizonte subsuperficial do perfil P4 (Mapa 7) é formado por esqueleto de grãos muito variados e por remanescentes biogênicos de tamanho milimétrico, dando uma configuração muito especial a este solo, somente possível por sua origem antropogênica. Assim, como verificado em quase todos os horizontes dos solos estudados em detalhe microquímico (P1, P2 e P4), a composição granular dos elementos minerais é composta por quartzo de origem alóctone, feldspato e plagioclásio sódico. Os componentes biológicos são muito variados, havendo espículas de ouriço (material que apresenta os maiores teores de Mg em sua estrutura nos solos estudados), carapaças de moluscos, restos ósseos e espinhas de peixes. O plasma é composto quase exclusivamente por estrutura microgranular de fosfato de cálcio.



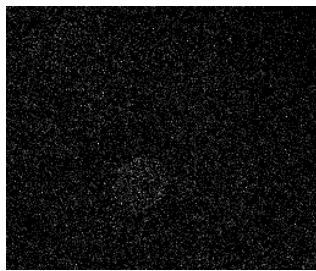
Fe



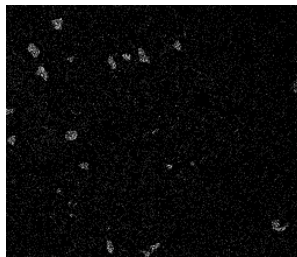
Ca



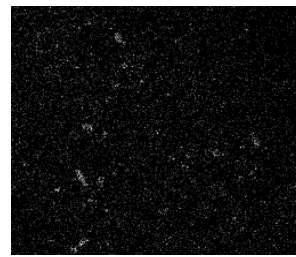
Al



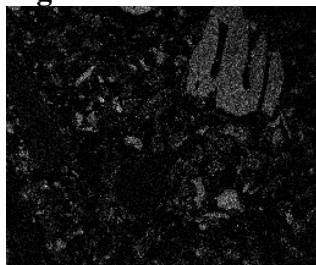
Mg



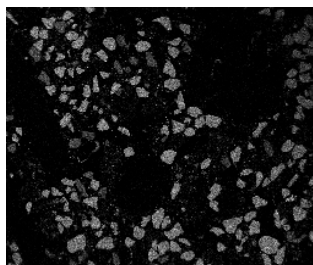
K



Na



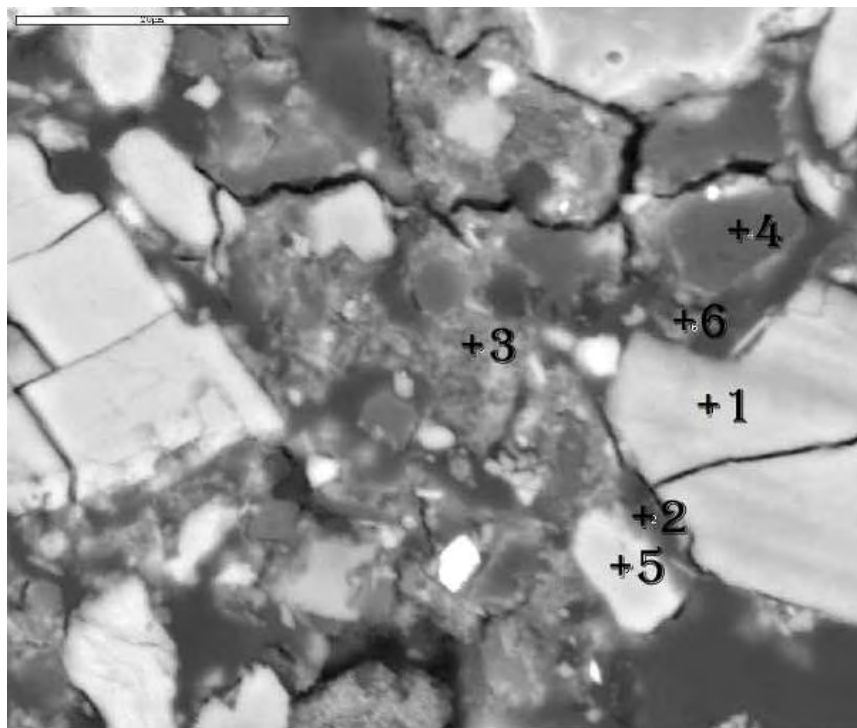
P



Si

**Mapa 7** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e mapas microquímicos de EDS do horizonte 2Au1 25 - 40 cm do perfil P4.

Como analisado nos demais perfis (P1 e P2), os remanescentes biológicos permanecem em excelente estado de conservação, não indicando ser a fonte de Ca e P que originou o plasma fosfático. A elevada diversidade de materiais de origem orgânica e a abundância com que são encontrados ao longo do perfil (Mapa 7) revelam exploração de gêneros alimentícios diversos, e a grande adaptação ao ambiente litorâneo alcançada por estes povos pré-históricos. A abundância de recursos alimentícios, cujos testemunhos foram encontrados em muitos horizontes leva a crer em longos períodos de estabilidade promovida pela segurança de farta alimentação.



**Figura 14** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS (Quadro 8). Composição pontual do solo no horizonte 2Au1 25 - 40 cm do perfil P4.

A abundância em alimentos de fácil obtenção prevaleceria sobre outros aspectos, como pouca oferta d' água doce e ventos fortes contínuos, que certamente dificultavam a vida desses povos.

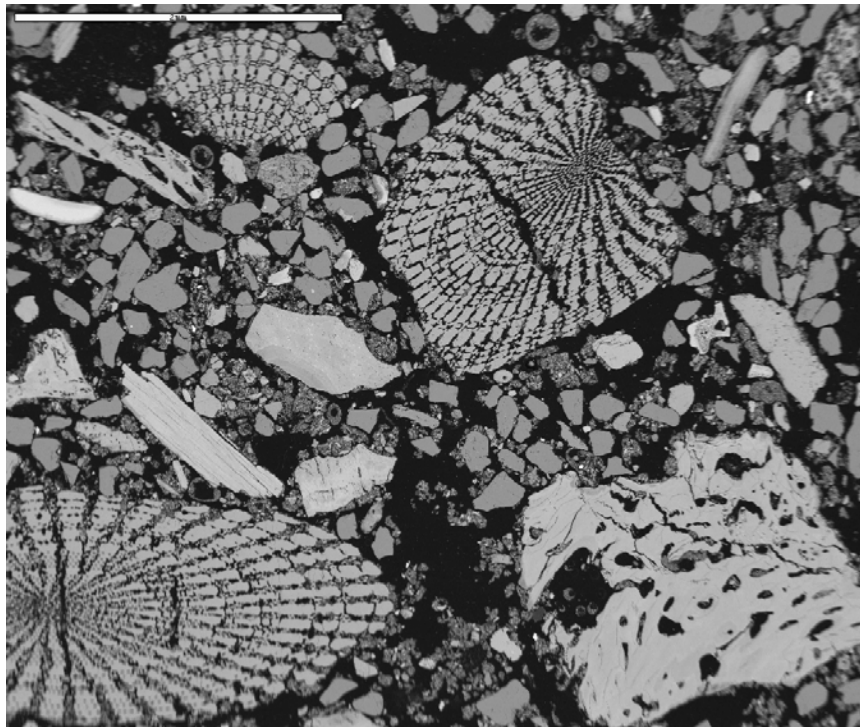
Os resultados obtidos nas análises localizadas da Figura 14 (Quadro 8) reforçam a composição variada dos Arqueo-antropossolos estudados neste capítulo.

Ocorrem fragmentos de osso em bom estado de conservação (ponto 1) em meio a um plasma muito rico em Ca e P, porém com ocorrência em menor proporção de Al, Fe, S, Na e Si (ponto 2) ou com predominância de carbono orgânico (ponto 6). Há presença de grãos de quartzo (ponto 3), carvão (ponto 4) e fragmentos de conchas (ponto 5).

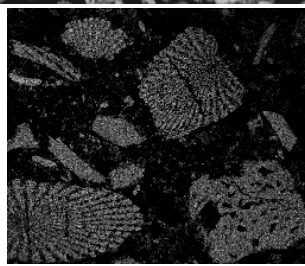
**Quadro 8** - Composição química de fragmentos biogênicos, minerais e plasma no horizonte 2Au1 25 - 40 cm do perfil P4, referente à figura 14

Análises localizadas	% Óxido									
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
1	-	-	49,35	-	-	0,36	0,38	38,09	-	-
2	3,91	-	67,73	1,53	0,50	-	1,18	15,69	7,56	1,49
3	-	-	2,90	0,77	-	0,38	-	-	95,71	-
4	0,53	90,65	5,44	0,22	0,08	0,34	-	0,82	1,12	-
5	0,35	-	97,93	-	-	0,47	-	0,62	0,64	-
6	2,40	67,99	11,47	0,88	0,84	-	0,30	9,53	5,99	0,39

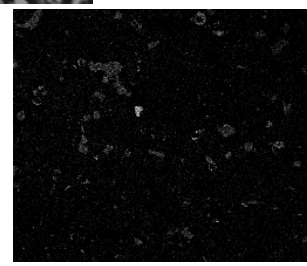
O horizonte 2Au2 do perfil P4 (Mapa 8) tem a maior parte de seu esqueleto ocupado por materiais biogênicos variados, com presença de espículas de ouriço (muito rica em Ca com um pouco de Mg em sua estrutura e em menor proporção S), espinha de peixes, ossos e fragmentos de conchas, todos muito bem conservados, permanecendo com a composição química original. Os componentes minerais não revelam diferenças significativas dos anteriormente analisados, porém com ocorrência diminuta de plagioclásio sódico.



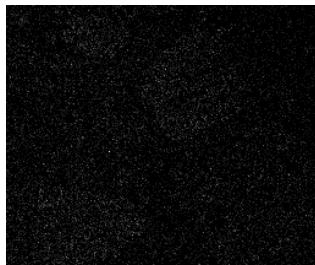
**S**



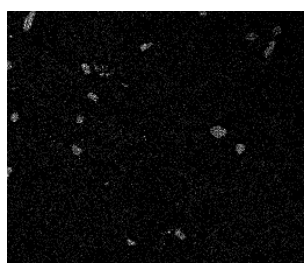
**Ca**



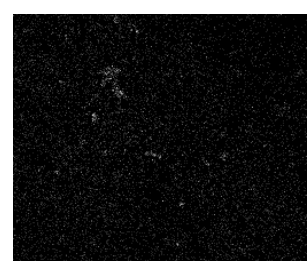
**Al**



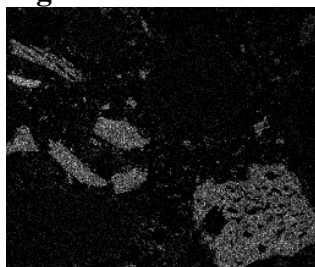
**Mg**



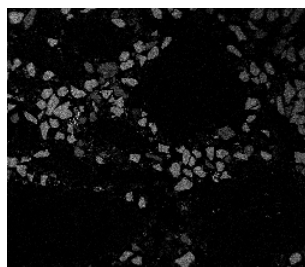
**K**



**Na**



**P**

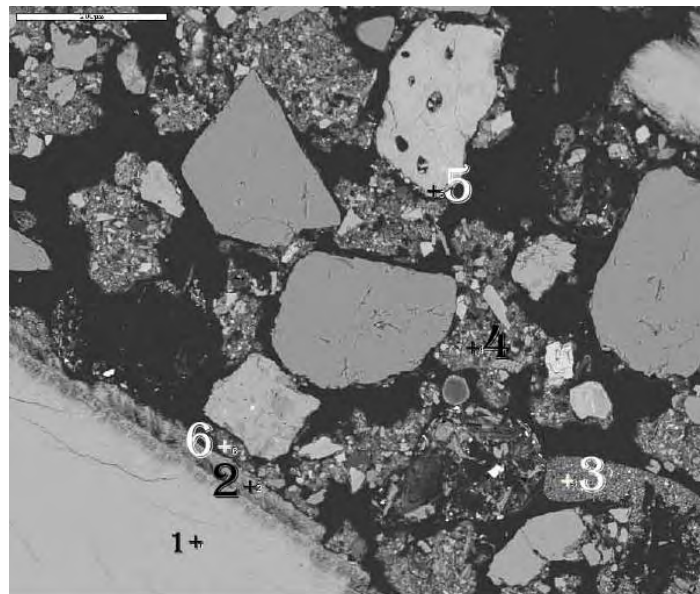


**Si**

**Mapa 8** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e mapas microquímicos de EDS do horizonte 2Au2 40 - 60 cm do perfil P4.

Os resultados obtidos nas análises microquímicas pontuais (Figura 15 e Quadro 9) revelam novamente o elevado grau de conservação de grande parte dos materiais biológicos presentes nos solos estudados. O ponto 1, fragmento de concha que repousa há milhares de anos no perfil P4, permanece com a mesma composição química original (carbonato de cálcio) da época de coleta e depositada pelos povos pré-históricos. No ponto 2, no contato do fragmento de concha com o plasma do solo, verifica-se a tendência de ligações P-Ca, embora ainda incipientes. Essa tendência (P-Ca) é responsável pela formação de estruturas microgranulares de fosfato de cálcio no plasma. Em seqüência, no ponto 6 (Figura 15 e Quadro 9), já representando o material plasmado, verifica-se a dominância de fosfato de cálcio e silicatos secundários, precipitados em formas não distinguíveis. O ponto 3 apresenta composição bem variada, diferenciando dos padrões de plasma fosfático, muito comuns nos solos estudados.

O ponto 4 retrata composição plásmica típica desse solo, corroborando com os resultados obtidos no ponto 6. O ponto 5 ilustra um fragmento ósseo em bom estado de preservação, não sendo fonte de Ca e P para o meio nas condições atuais de equilíbrio do solo, representando assim uma reserva de longo prazo, gerando valores elevados de Ca e P por prolongado período.



**Figura 15** – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS (Quadro 9). Composição pontual do solo no horizonte 2Au2 40 - 60 cm do perfil P4.

O grau de estabilidade dos variados restos faunísticos, fragmentos de apatita, de ossos e carapaças carbonáticas nos solos estudados leva a crer, como já discutido anteriormente, na existência pretérita de alimentos e resíduos ricos, especialmente em P e Ca, de mais fácil mineralização e liberação desses elementos ao solo. Esses materiais seriam responsáveis em grande parte pelos elevados valores de P e Ca atualmente encontrados no plasma argiloso e, por conseqüência, aumentaram a estabilidade da apatita biogênica mais densa e maciça, favorecida pelas condições de equilíbrio químico no solo, desfavoráveis a sua dissolução (pH elevado e baixa precipitação).

**Quadro 9** - Composição química de fragmentos biogênicos, minerais e plasma do horizonte 2Au2 40 - 60 cm do perfil P4, referente à Figura 15

Análises localizadas	% Óxido									
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
<b>1</b>	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-
<b>2</b>	-	-	94,92	-	-	-	-	5,08	-	-
<b>3</b>	29,86	1,68	14,86	7,94	0,60	-	4,37	-	39,94	0,75
<b>4</b>	9,72	1,75	33,66	6,27	1,09	-	0,76	19,88	24,89	1,97
<b>5</b>	-	-	55,35	-	-	0,39	0,49	43,78	-	-
<b>6</b>	8,54	0,63	35,15	4,22	-	2,07	0,99	21,64	23,99	2,54

Os trabalhos realizados com uso do microscópio eletrônico de varredura (MEV) acoplado a detector de dispersão de raios-X (EDS) se mostraram de grande valia na identificação dos materiais que formam o solo, bem como a determinação da composição de cada um desses componentes, possibilitando inferir sua procedência e sua contribuição nos processos pedogenéticos. As inúmeras amostragens micromorfológicas, corroboradas com as observações de campo, demonstraram a virtual ausência de processos de pedobioturbação nos perfis estudados, ao contrário de outros sambaquis estudados por Schaefer no Vale do Ribeira – SP, em 2005. Esse fato vem a contribuir juntamente com os fatores químicos supracitados na boa conservação dos testemunhos arqueológicos, de extrema importância nos estudos ensejados. A pouca presença da pedofauna e da sua intervenção limitada no solo é motivada pelas condições climáticas restritivas à

atividade biológica (ambiente mais seco) e pelos altos valores de sódio presente em todos os perfis analisados, que também restringe o estabelecimento da mesofauna (minhocas, formigas e cupins) principais responsáveis pela movimentação do material edáfico.

### **3.4. Teores totais de elementos**

A formação dos Arqueo-antrossolos nos sambaquis estudados tem característica muito distinta de pedogênese em relação às terras pretas de índio (TPI) da Amazônica, bem como em relação a outros sambaquis de concheiros do litoral brasileiro. Destaca-se, nos sambaquis da Região dos Lagos, a dificuldade de se separar, em campo ou através de análises laboratoriais, os horizontes antrópicos das camadas naturalmente constituídas do solo, motivando a impossibilidade de enquadramento no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, pois os estudos realizados indicam a prevalência da intervenção humana pré-histórica nos horizontes dos perfis estudados. Em outras palavras, os Arqueo-antropossolos (P1, P2, P3 e P4), possuem em todos os horizontes analisados intervenções decorrentes das atividades dos sambaquieiros, ao contrário de outros Arqueo-antropossolos (TPI), nos quais se distinguem claramente os horizontes pedogeneticamente formados por eventos naturais dos horizontes, influenciados direta ou indiretamente pelas atividades antrópicas. Dessa forma, os resultados da leitura do ataque total são de extrema importância para verificar o grau de influência antrópica nos solos estudados, embora os valores dos elementos aportados pela atividade antrópica sejam subestimados em decorrência da separação de materiais  $\leq 2$  mm (TFSA). Em consequência disso, são deixados inúmeros fragmentos de ossos, conchas, espículas de ouriço e espinhas de peixes, sem serem quantificados, mesmo que constituam grande reserva de elementos no solo, especialmente P, Ca e Mg.

**Quadro 10 – Teores totais de óxidos na TFSA**

Horizonte e Profund. (cm)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO
	g kg <sup>-1</sup>								
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, êutrico, textura média (P1 - Condomínio do Atalaia)</b>									
Apu 0 – 40	1,8	8,0	39,7	22,7	10,1	2,4	11,5	94,1	1,9
ABu 40 – 60	2,4	8,8	43,2	28,9	14,9	1,8	15,5	101,4	2,4
Biu1 60 - 80	2,4	8,0	40,2	28,8	15,8	2,7	13,3	107,6	3,3
Biu2 80 - 100	3,1	9,1	35,3	32,6	15,5	2,1	13,7	80,4	2,3
BCu 100 - 120	9,1	9,3	10,2	36,0	16,5	1,3	18,8	60,3	1,1
C/Ru 120 – 130 <sup>+</sup>	30,0	10,4	5,0	36,7	23,4	0,5	25,1	44,8	0,8
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico melânico, êutrico, textura média (P2 - Boqueirão)</b>									
Au 0- 35	1,2	6,9	39,2	18,7	8,8	3,2	14,0	67,8	1,1
Biu 35 – 60	7,5	11,6	9,2	31,8	12,0	1,6	16,6	36,4	0,6
BCu 60 – 80	20,4	13,1	7,5	41,6	16,8	1,3	17,7	26,2	0,8
C/Ru 80 – 100	42,2	10,3	4,2	47,6	17,8	0,5	19,1	14,8	0,3
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, arênico (P3 - Ilha do Cabo Frio)</b>									
A1u 0 – 10	1,7	10,9	50,1	12,8	6,6	2,7	8,4	17,2	0,3
ACu 10 - 33	2,5	8,7	42,5	10,4	6,4	2,3	7,7	11,2	0,2
C1 33 – 80	3,6	8,2	31,2	10,3	5,1	1,8	6,3	0,0	0,2
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico estrático, êutrico, textura média (P4-Usiminas)</b>									
Apu 0 – 10	5,4	3,3	18,1	8,3	11,3	1,6	8,0	18,0	0,1
E 10 – 25	11,1	2,2	6,5	6,2	12,3	0,9	8,4	9,5	0,1
2Au1 25 - 40	2,7	3,1	28,7	6,6	8,9	2,4	11,2	76,4	0,8
2Au2 40 - 60	1,1	3,4	19,4	7,2	5,2	2,7	9,1	115,7	0,5
2Au3 60 - 80	3,3	6,1	28,6	14,5	7,3	2,4	11,9	96,9	0,6
3ACu1 80 - 110	6,0	10,0	40,3	19,5	11,8	2,9	24,2	72,5	1,0
3ACu2 110 – 145 <sup>+</sup>	6,8	13,3	12,8	25,0	12,6	1,3	23,0	35,0	0,9

O Quadro 10 revela que a maior reserva de Al, Fe, Ti, K e Na, elementos associados a materiais minerais presentes naturalmente nos horizontes como verificado nos estudos microquímicos, possuem seus maiores valores nos horizontes mais profundos, demonstrando uma nítida influência da litologia local (sienito ou gnaiss alcalino). Tal característica é válida para os perfis P1, P2 e P4. O perfil P3 difere dos demais por estar em ambiente de duna, sendo portanto constituído quase exclusivamente por grãos de quartzo, e muito influenciado pela água do mar rica em sais.

**Quadro 11** - Estimativa do conteúdo dos materiais de origem antrópica dos solos estudados

<b>Horizonte e Profund. (cm)</b>	<b>Abundância relativa de conteúdo de origem antrópica</b>
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, êutrico, textura média (P1 - Condomínio do Atalaia)</b>	
Apu 0 – 40	Abundância de lascas de quartzo; poucos fragmentos, pequenos de conchas, poucas vértebras e espinhas de peixe.
ABu 40 – 60	Raros fragmentos de peixes.
Biu1 60 - 80	Comuns restos de peixes (vértebras de tamanho médio a pequeno).
Biu2 80 - 100	Poucos fragmentos de peixe.
BCu 100 - 120	Poucos fragmentos de peixes, muito pequenos; poucos fragmentos grandes de conchas.
C/Ru 120 - 130 <sup>+</sup>	Raros restos de peixe.
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico melânico, êutrico, textura média (P2 - Boqueirão)</b>	
Au 0- 35	Abundante quantidade de conchas terrestres e marinhas; poucos fragmentos de quartzo; abundancia de pequenos fragmentos de peixes (vértebras) e animais marinhos.
Biu 35 – 60	Comuns fragmentos pequenos de peixes e demais animais marinhos.
B/Cu 60 - 80	Poucos fragmentos pequenos de peixes.
C/Ru 80 – 100	Poucos fragmentos de conchas; poucas vértebras de peixe.
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, arênico (P3 - Ilha do Cabo Frio)</b>	
A1u 0 – 10	Poucos fragmentos grandes de conchas.
ACu 10 - 33	Poucos fragmentos pequenos de conchas; poucos restos de peixes.
C1 33 – 80	Raros fragmentos muito pequenos de peixes.
2C 80 – 100 <sup>+</sup>	Poucos fragmentos de conchas (pequenos e médios).
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico estrático, êutrico, textura média (P4-Usiminas)</b>	
Apu 0 – 10	Poucos fragmentos pequenos de conchas; raros restos de peixes.
E 10 – 25	Ausente
2Au1 25 - 40	Abundância de conchas terrestres e marinhas; abundancia em restos de peixes (vértebras, espinhas) e ossos.
2Au2 40 - 60	Comuns restos de conchas terrestres e marinhas; comuns restos de peixes (vértebras, espinhas) e ossos; poucos seixos e fragmentos grandes de ossos.
2Au3 60 - 80	Comuns fragmentos pequenos de conchas; comuns fragmentos de peixes (vértebras e espinhas).
3ACu1 80 - 110	Poucos fragmentos médios de conchas; poucos fragmentos de peixes.
3ACu2 110 – 145 <sup>+</sup>	Raros fragmentos pequenos de peixes.

Em termos quantitativos: Abundante > Comum > Pouco > Raro > Ausente

Os elementos presentes nos perfis em decorrência das atividades antrópicas (Ca, P e Mg, definidos nos estudos microquímicos), apresentam clara associação com o Quadro 11, embora muitos aspectos não estejam reportados nesse Quadro, como a presença de plasma fosfático (discutido nas análises microquímicas), que precedem na importância dos elevados teores encontrados, especialmente de fósforo (P1 e P2). Os elevados teores de P encontram-se principalmente expresso, na forma de fosfato secundário (ABu e Biu1 do perfil P1 e 2Au2 do perfil P4). O Mn apresenta tendência a acompanhar os horizontes com maior interferência antrópica (Quadros 10 e 11).

Conforme discutido anteriormente (3.2. Características químicas), existem certos micronutrientes (Zn e Cu), reconhecidamente associados às atividades antrópicas exercidas por longos períodos em um local. O Cu apresentou boa associação com os níveis de maior intervenção antrópica (Quadro 11) apenas em P1 e P2 onde o plasma argiloso fosfático é mais abundante, associado em P3 e P4, mais arenosos em subsuperfície, com possível maior mobilidade de Cu. O Zn foi o elemento apresentado no Quadro 12 com maior associação aos horizontes mais ricos em alterações humanas, acompanhando os teores de P (Quadro 10) na eficiência de indicar pretéritas ocupações. A presença de metais pesados não foi verificada nos solos estudados (Quadro 12), com exceção do horizonte BCu (P2), no qual verificou-se Cr em baixas concentrações.

**Quadro 12 – Teores totais de elementos traços na TFSA**

Horizonte e Profund. (cm)	Ba	Pb	Cd	Cr	Mo	Cu	V	Zn	Sr
	mg kg <sup>-1</sup>								
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, êutrico, textura média (P1 - Condomínio do Atalaia)</b>									
Apu 0 – 40	103,0	0,0	0,0	0,0	3,7	14,8	14,2	266,2	429,6
ABu 40 – 60	78,8	0,0	0,0	0,0	2,7	30,3	32,6	310,6	581,3
Biu1 60 - 80	106,6	0,0	0,0	0,0	2,2	26,6	43,5	242,4	562,4
Biu2 80 - 100	128,3	0,0	0,0	0,0	1,7	20,0	44,8	166,5	682,6
BCu 100 - 120	126,0	0,0	0,0	0,0	1,5	13,5	40,8	99,5	533,1
C/Ru 120 – 130 <sup>+</sup>	20,5	0,0	0,0	0,0	0,8	2,9	32,5	61,2	217,5
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico melânico, êutrico, textura média (P2 - Boqueirão)</b>									
Au 0- 35	100,1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	14,7	143,7	410,7
Biu 35 – 60	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	3,5	25,5	101,9	236,7
BCu 60 – 80	90,4	0,0	0,0	0,5	1,2	1,0	35,1	83,0	186,1
C/Ru 80 – 100	28,7	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	44,6	38,1	31,1
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, arênico (P3 - Ilha do Cabo Frio)</b>									
A1u 0 – 10	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,8	0,0	340,4
ACu 10 - 33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	4,4	0,0	347,0
C1 33 – 80	38,1	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,8	0,0	274,7
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico estrático, êutrico, textura média (P4-Usiminas)</b>									
Apu 0 – 10	135,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	232,5
E 10 – 25	144,3	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	141,4
2Au1 25 - 40	12,9	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	157,7	334,0
2Au2 40 - 60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	169,3	214,8
2Au3 60 - 80	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,6	153,7	349,9
3ACu1 80 - 110	226,5	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	16,4	129,0	638,1
3ACu2 110 – 145 <sup>+</sup>	276,7	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	25,9	80,7	725,8

A saturação de sítios de adsorção de P e de outros elementos, bem como a formação de ligantes iônicos, possibilitou a movimentação de elementos, mesmo os de pouca mobilidade, ao longo dos perfis, dificultando a separação dos horizontes antrópicos dos horizontes pedogenéticos formados sem a intervenção humana (supostamente estéreis). Tal característica leva a crer em outros fatores associados com os acima referidos: constante movimentação do terreno, com escavações, enterramentos e aterramentos nos sambaquis (no início de sua ocupação ou reocupação), provocou grande mistura de camadas; a construção dos sambaquis se iniciou sobre terreno desprovido ou com solo incipiente, cuja influência tornou-se pouco significante nas características atuais.

### 3.5. Fracionamento de substâncias húmicas e carbono orgânico total

Teores elevados de COT associados aos solos de sambaquis, como verificados no Quadro 13, são consistentes com teores de terras pretas de índio da Amazônia, conforme descrito por Kern & Kämpf (1989), Lima (2001), Kämpf et al. (2003), Woods (2003), Myers et al. (2003), Glaser et al. (2003) e no sudeste brasileiro, em sítios tupiguaranis (Prous, 1999). Isso corrobora com a tendência geral de teores mais altos de COT em Arqueo-antrossolos, assim como as decorrências dessa associação, como cores escuras (melanização), maior CTC e formação de colóides orgânicos com grande influência na estrutura do solo.

Quadro 13 - Fracionamento das substâncias húmicas e teor de carbono orgânico total do solo

Horizonte e Profundidade (cm)	COT <sup>(1)</sup>	MO <sup>(2)</sup>	FAF <sup>(3)</sup>	FAH <sup>(4)</sup>	FH <sup>(5)</sup>
	dag kg <sup>-1</sup>				
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, êutrico, textura média (P1 - Condomínio do Atalaia)</b>					
Apu 0 - 40	4,85	8,34	0,03	0,21	3,10
ABu 40 - 60	3,31	5,70	0,00	0,20	1,40
Biu1 60 - 80	2,53	4,35	0,02	0,17	3,31
Biu2 80 - 100	3,63	6,24	0,01	0,13	1,22
BCu 100 - 120	2,42	4,16	0,03	0,13	1,33
C/Ru 120 - 130 <sup>+</sup>	2,47	4,26	0,01	0,06	1,01
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico melânico, êutrico, textura média (P2 - Boqueirão)</b>					
Au 0- 35	6,28	10,81	0,00	0,05	5,56
Biu 35 - 60	3,50	6,02	0,02	0,00	4,39
BCu 60 - 80	3,66	6,30	0,00	0,00	3,57
C/Ru 80 - 100	1,78	3,06	0,01	0,00	1,20
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico crômico, arênico (P3 - Ilha do Cabo Frio)</b>					
A1u 0 - 10	1,63	2,80	0,02	0,00	1,02
ACu 10 - 33	0,90	1,54	0,00	0,01	0,41
C1 33 - 80	0,31	0,53	0,00	0,00	0,07
2C 80 - 100 <sup>+</sup>	0,32	0,55	0,00	0,00	0,49
<b>Arqueo-antrossolo Tâmbico estrático, êutrico, textura média (P4 - Usiminas)</b>					
Apu 0 - 10	2,18	3,75	0,03	0,01	1,78
E 10 - 25	1,31	2,25	0,02	0,01	0,00
2Au1 25 - 40	5,39	9,27	0,01	0,01	4,26
2Au2 40 - 60	6,69	11,51	0,02	0,03	4,99
2Au3 60 - 80	4,34	7,46	0,03	0,05	3,19
3ACu1 80 - 110	2,89	4,97	0,01	0,07	2,20
3ACu2 110 - 145 <sup>+</sup>	2,17	3,74	0,01	0,02	1,55

<sup>(1)</sup> Carbono orgânico total; <sup>(2)</sup> Matéria orgânica; <sup>(3)</sup> Fração ácido flúvico; <sup>(4)</sup> Fração ácido húmico; <sup>(5)</sup> Fração humina

O hábito cultural dos povos sambaquieiros possibilitou o acúmulo de elevado conteúdo de C-orgânico estável, com predomínio da fração humina (Quadro 13). Os abundantes restos de fogueiras encontrados nos sítios (Tenório et al., 2005) favoreceram a presença de formas muito estáveis de carbono, especialmente carvão

vegetal, muito pouco reativo e de prolongada permanência no solo, na forma de huminas herdadas, como verificado por Glaser et al. (2003) nas terras pretas de índio amazônicas.

Os teores mais elevados da fração humina possuem forte associação com os valores mais elevados de  $P_2O_5$  e Zn (Quadro 10 e 12), evidenciando o acúmulo de carbono orgânico em função das atividades antrópicas. Os menores valores de COT são verificados em P3, estando de acordo com as características do sítio (ocupação em menor intensidade que os demais sítios estudados; textura mais arenosa, o que favorece perdas de MO).

## 4. CONCLUSÕES

Os Arqueo-antrossolos de sambaquis apresentam como principais fontes de P e Ca tecido ósseo, carapaças de moluscos e espinhas de peixes, além de fontes mais prontamente disponíveis, não mais presentes no solo, como conteúdos menos densos e maciços (não ósseo) de moluscos, peixe e animais terrestres. Esses conteúdos seriam os responsáveis pela elevação inicial dos valores de Ca e P, proporcionando um bloqueio à dissolução das formas de apatita de osso mais estáveis.

O elevado pH, na faixa maior que 7,88 e fraca pedoturbação pós-deposicional possibilitaram a excepcional conservação de esqueletos e outros constituintes de apatita biogênica.

O rico ambiente litorâneo possibilitou longos períodos de ocupação de populações sedentárias, não horticultoras.

Nos horizontes mais velhos (ocupações humanas mais remotas), o plasma do solo é composto principalmente por estrutura microgranular de fosfatos de cálcio neoformados.

Os elementos Zn, Ca, Mn, Mg e especialmente P, são indicadores geoquímicos de horizontes antrópicos. Os valores de Zn e P possibilitam inferências proporcionais de intensidade de resíduos antrópicos.

Os solos ainda possuem grande reserva de apatita biogênica primária, carapaças de moluscos e espículas de ouriços, garantindo fonte de P, Ca e Mg por longo período.

Os solos de sambaquis estudados neste trabalho são os mais ricos em P, total ou disponível, até hoje descritos no Brasil.

## **Capítulo 2**

### **TERRAS PRETAS DE ÍNDIO DO BAIXO RIO NEGRO / SOLIMÕES: gênese, química e microquímica**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A condição ácida, dominante em solos tropicais, aumenta substancialmente a cinética de decomposição dos remanescentes culturais humanos (Prous, 1992), ou seja, o processo agressivo de pedogênese dos ambientes tropicais apaga em pouco tempo (centenas de anos) vestígios antrópicos da paisagem, ou no caso estudado, transforma-o em solo. Desta forma, em meio à vasta extensão de terras, em sua grande maioria extremamente pobres em nutrientes, encontram-se poucas manchas de solos de grande fertilidade na Amazônia. A área ocupada pelas Terras Pretas de Índio é diminuta em relação aos demais solos de origem não antrópica, embora possua freqüente ocorrência ao longo de grandes rios, em áreas relativamente expressivas (Kern et al., 2003). O que mais intriga nesses solos é a sua peculiar origem e evolução, tendo o homem pré-histórico como inexorável causa

da existência das terras pretas. Paradoxalmente às condições ambientais decorrentes do clima tropical chuvoso, esses solos permanecem, mesmo após dezenas de centenas de anos do abandono dos povos que os formaram, com elevada fertilidade, despertando a curiosidade científica sobre as peculiares terras pretas de índio amazônicas.

Há cerca de 2000 anos antes das intervenções dos colonizadores europeus, sociedades complexas se desenvolveram na região de várzea do rio Amazonas, associadas a um ambiente rico em solos férteis, flora e fauna, possibilitando a obtenção de variados e abundantes recursos, suficientes para que tais sociedades tenham atingido níveis muito altos de densidade populacional (Roosevelt, 1991). Essa autora considera a existência de uma fase de transição entre culturas estritamente coletoras, caçadoras e pescadoras para culturas horticultoras, evidenciada pela gradual diminuição de restos da malacofauna, e acréscimo de produtos vegetais nos sítios de períodos mais tardios. A existência de extensas áreas com solos férteis possibilitou cultivos intensivos por parte das sociedades que se sedentarizaram no curso do rio Amazonas, baseados em plantios de tubérculos, milho, amendoim, feijão, espécies frutíferas arbóreas e mandioca (Roosevelt, 1991). A capacidade de produção e obtenção permanente de alimentos conduziu a uma grande ampliação demográfica e formação de cacicados, sociedade hierarquizada com estratificações sócio-econômicas, formando grandes aldeamentos em escala urbana com arquitetura de terra, estradas, tesos para defesa, sistemas de drenagens, cerros monumentais e aterros agrícolas, apresentando domínios culturais tão grandes ou até maiores que os de muitos estados pré-industriais do Velho Mundo (Roosevelt, 1991).

Quando os europeus adentraram no rio Amazonas, no meio do século XVI, encontraram uma região densamente povoada, com áreas, como no baixo Tapajós, cujas margens eram habitadas por grandes aldeias repletas de malocas e milhares de índios guerreiros, sob comando da liderança local. A agricultura era intensamente realizada ao longo do rio Amazonas e em muitos de seus afluentes. Outros rios como o Negro e Purus também eram povoados por diferentes grupos indígenas. Carvajal citado por Roosevelt (1991) revela a existência de agrupamentos compostos por milhares de pessoas ao longo de quilômetros contínuos de aldeias às margens do rio Amazonas interrompidas por pequenas distâncias entre si (2 a 6 km). Tais sociedades mantinham grande produção de manufaturas, com cerâmicas muito

bem elaboradas, policrômicas e potes com diâmetro superior a dois metros, e canoas com capacidade de transportar mais de 60 homens. Ao que tudo indica, essas sociedades foram responsáveis pela formação das Terras Pretas, muito comuns nas margens do rio Amazonas e seus principais afluentes. Pesquisas revelam aldeias que foram ativas continuamente por mais de 800 anos (Myers et al., 2003), acreditando que esses povos eram semi-nômades, ocupando de tempos em tempos áreas distintas. Praticamente todo complexo de grupos indígenas que habitavam ao longo do rio Amazonas tiveram contato com povos europeus nos séculos XVI e XVII, acarretando na dizimação quase completa dos indígenas por doenças, enquanto os sobreviventes se abrigaram em recantos mais interioranos, tornando o grande rio despovoado.

As Terras Pretas Arqueológicas (Woods, 2003) são o resultado de pretéritas ocupações humanas, cuja atividade cotidiana gerou acúmulo e distribuição de variado material ao solo. Esse incremento originou um solo escuro e de elevada fertilidade, conhecido regionalmente como terra preta de índio. Esse Arqueo-antrossolo (Kämpf & Kern, 2005) foi, com a chegada de imigrantes não-índios a partir do século XIX, descoberto e intensamente utilizado desde então, em virtude de sua elevada produtividade, se comparado aos demais solos das terras altas (Woods, 2003). O aporte de materiais inorgânicos (cerâmicas) e orgânicos, como lenha, alimentos, material de construção (folhas de palmeiras, madeira), urina, fezes, entre outros, formam a principal contribuição para gênese das TPI (Woods, 2003).

No Brasil os estudos sobre antrossolos são praticamente restritos às chamadas Terras Pretas de Índio, comuns na região do rio Amazonas. A Terra Preta de Índio (TPI) (Lima et al., 2002; Schaefer et al., 2004) ou Terra Preta Arqueológica (Kern & Kämpf, 1989; Costa et al., 2002; Kämpf & Kern, 2005), compreende alterações do solo original, por intervenções antrópicas ocorridas em tempos pré-históricos. Essas intervenções se deram por povos cujo modo de vida incluía o costume de depositarem restos de alimentos, fogueiras, cerâmicas, artefatos líticos dentre outros, nos sítios onde moravam. Esse material incorporado ao solo e submetido aos processos de decomposição ao longo de algumas centenas de anos, disponibilizou diversos elementos químicos, modificando fisicamente e quimicamente o solo (Silveira et al., 2002). Devido a sua elevada fertilidade, são utilizados freqüentemente pelas populações tradicionais amazônicas como áreas de cultivo (Costa et al., 2002). As TPI de características anômalas em relação aos solos

naturais, exibem coloração escura, pH mais elevado e boa fertilidade, com extraordinária estabilidade no ambiente tropical úmido, mantendo elevados teores de micronutrientes e macronutrientes por mais de 500 anos após seu abandono. Os valores de pH mais elevados nas TPI são atribuídos em grande parte ao acúmulo de cinzas proveniente da queima de madeiras, material rico em carbonatos de cálcio, hidróxido e sulfato de cálcio, ferro e magnésio na forma de sais e hidróxidos, e carbonatos de potássio e sódio (Woods, 2003), e apatita biogênica, muito comum nesses solos.

As Terras Pretas de Índio da Amazônia ocorrem principalmente sobre solos de baixa fertilidade, como Latossolos e Argissolos de terra firme. Segundo Pabst (1991) os critérios mais importantes para distinção entre Latossolos e Terra Preta são a estrutura diferente de seu material orgânico humificado, que em conjunto com valores de pH próximos da neutralidade, possibilitam elevada fertilidade. Diferem-se ainda dos solos adjacentes pela sua cor mais escura, pelos fragmentos de cerâmica, que podem ocupar de 10 a 25 % de volume no solo (Neves et al. 2003) e objetos líticos, ambos presentes nos horizontes superficiais e subsuperficiais, pela presença de apatita biogênica e maiores concentrações de carbono orgânico, Ca, Mg, Zn, Mn, Cl, Cu e Cr, destacando-se os teores muito elevados de fósforo nos horizontes antrópicos que comumente excedem  $500 \text{ mg kg}^{-1}$  (Lima et al., 2002; Pabst, 1991; Kern & Kampf, 1989; Kern & Costa, 1997). O fósforo é o grande indicador dos Arqueo-antrossolos, pois é especialmente encontrado na urina, tecidos vegetais e animais e, principalmente, nos ossos (Woods, 2003). Outro ponto relevante é a elevada estabilidade (pouca mobilidade) do fósforo nos solos, especialmente nos trópicos (Novais & Smyth, 1999), mesmo sobre diferentes condições pedológicas. A cor escura das TPI é associada ao conteúdo de matéria orgânica (carvão, cinzas), níveis de carbonato de cálcio e, da forma química e concentração de ferro e manganês. O grau de oxidação dos materiais presentes no solo é de grande importância na característica do croma e valor (Woods, 2003). O conteúdo orgânico nas TPI encontra-se em vários níveis de combustão, apresentando grande estabilidade frente às condições agressivas do meio, favoráveis à desestabilização dos componentes orgânicos.

As TPI geralmente apresentam horizonte antrópico de 30 a 60 cm de espessura, recobrando muitas vezes uma área de 0,5 a 3 ha, chegando a áreas superiores a 200 ha, como verificado às margens dos rios Arapiuns e Baixo Tapajós

(Smith, 1999). Possuem o horizonte A bem desenvolvido, com marcante ocorrência de bioturbação, atingindo freqüentemente o horizonte Bw (Schaefer et al., 2004). Esses solos localizam-se geralmente em platôs bem drenados do Terciário próximos aos cursos d'água, em posições estratégicas de observação da paisagem (Kern & Costa, 1997; Lima et al., 2002), tendo sido recentemente encontradas em áreas de várzea holocênica do baixo Solimões, como verificado por Lima, Corrêa & Schaefer. A sua localização nas margens do baixo platô em meio a solos de baixa fertilidade, com características físico-químicas bem distintas e a alta freqüência em que são encontrados materiais arqueológicos nos horizontes superficiais e subsuperficiais, assim como a grande quantidade de elementos aportados de sistemas próximos, que naturalmente não poderiam se correlacionar com o presente solo, indicam a origem antrópica. Entretanto, muitos aspectos sobre a gênese das terras pretas de índio permanecem não consolidados, sendo necessários estudos interdisciplinares para melhor elucidar os processos de formação desse importante testemunho, um dos poucos a possibilitar informações sobre a economia, modo de vida e territorialidade dos povos que se instalaram em períodos pré-coloniais na grande região amazônica.

Por se tratar de uma acumulação antrópica de material exógeno, alguns autores consideram possível estabelecer uma relação entre quantidade de elementos remanescentes da TPI, como P, ou tamanho e profundidade do horizonte antrópico com o número da população e o tempo em que esta permaneceu na área onde posteriormente formou-se o antrossolo (Smith, 1980; Andrade et al., 2002).

Em estudos no médio Amazonas, Lima et al. (2002) analisaram uma toposseqüência, compreendendo compartimentos da paisagem de terra firme e de várzea, sendo observados elevados índices de saturação por bases e, destacadamente, altos teores de P nos solos com ocorrência de horizonte A antrópico. Verificaram ainda nos solos de várzea a ocorrência de argilas 2:1, com teores de carbono orgânico bem menores que os registrados em solos de terra firme. Os fragmentos de cerâmica encontrados na TPI apresentavam abundante mica, indicando que a argila usada para confecção das cerâmicas era retirada dos solos de várzea, tendo essa, grande importância para a formação das características químicas e físicas das atuais TPI encontradas na porção oeste da Amazônia brasileira (Lima et al., 2002).

A decomposição de materiais de origens diversas, mas principalmente os associados à várzea, cuja área é a de maior riqueza em oferta de alimentos e matéria prima para confecção de cerâmicas, possibilitou nas terras altas a formação de um epipedon rico em carbono estável, com fontes biogênicas e minerais de nutrientes, como osso e cerâmica, que contribuíram para a fixação e manutenção de elevados níveis de nutrientes (Lehmann et al., 2003; Schaefer et al., 2004). Os valores de P encontrados nas TPI bem maiores que os observados nos solos adjacentes, a profundidades superiores a 1,5 m, demonstram que esse enriquecimento a tal profundidade pode ser atribuído ao processo de bioturbação, intenso nessas áreas (Schaefer et al., 2004).

As áreas de várzea são submetidas a um regime de hidromorfismo sazonal, ocasionado pelas cheias dos rios que continuamente depositam novos sedimentos em seu leito maior. Schaefer et al. (2000) constataram grandes variações da textura dos solos de várzea do rio Amazonas em profundidade, refletindo uma complexa sedimentação fluvial e um fraco grau de pedogênese em relação aos solos de terra firme, que passaram por um intenso processo de pedogênese. Na Amazônia Ocidental (região do médio Solimões) Corrêa (2005) analisou solos sedimentares da Ilha Tarará, no rio Solimões, em comparação com Latossolos Amarelos de áreas de terra firme no interflúvio relacionado aos rios Caiambé e Juruá, destacando a fertilidade natural muito superior dos solos desenvolvidos a partir dos sedimentos andinos depositados pelas cheias do Solimões, cuja água é, regionalmente, denominada “branca” (barrenta). Como a bacia do rio Amazonas se distribui por vários países da América do Sul, drenando áreas de diversidades geográficas bastante contrastantes, podem-se em geral, diferenciar nessa região dois tipos distintos de rios no que tange à fertilidade dos sedimentos carregados pelas águas. Parte dos rios amazônicos percorre áreas com sedimentos andinos, cujo material transportado é bastante rico em nutrientes. Em decorrência disto, o rio Solimões com suas águas barrentas que carregam grande quantidade de material em suspensão, e os lagos de várzea associados, possuem uma maior piscosidade e várzeas com solos de boa fertilidade natural. Entretanto, outro conjunto de rios, que drenam regiões de litologia cristalina, pertencentes ao Escudo das Guianas ou Escudo Brasileiro profundamente intemperizado (Bigarella et al., 1994; Schaefer et al., 2000), carregam uma quantidade muito pequena de sedimentos férteis, a exemplo do rio Negro, Urubu e Caxiuanã de águas escuras e Xingu, Tapajós e

Trombetas de águas naturalmente cristalinas. São, portanto, rios comparativamente poucos piscosos e com várzeas de baixa fertilidade em relação aos rios que carregam sedimentos de origem andina, como o Juruá, Purus, Madeira, Ji-Paraná e Amazonas.

As áreas de rios negros são do ponto de vista da capacidade de suporte populacional, os que formam ambientes mais frágeis e limitados, sendo regionalmente conhecidos “rios da fome” (Moran, 1991). Até os dias atuais essas áreas possuem uma baixa densidade populacional, se comparadas com os outros ambientes sob influência de várzeas férteis. Myers et al. (2003) também ressaltam a diferença de fertilidade dos rios sob influência andina e os demais, especialmente os que nascem nos platôs do escudo das Guianas. Os primeiros apresentam alta piscosidade e várzeas férteis o que possibilita elevada capacidade suporte, enquanto os rios de águas escuras são poucos piscosos e suas margens apresentam solos de baixa fertilidade. A diferença na capacidade de suporte populacional entre esses dois ambientes é evidente, embora todos fossem ocupados por povos pré-históricos, mas em intensidades distintas (Kern et al., 2003).

Myers et al. (2003) consideram que as TPI tenham sido formadas intencionalmente com objetivo de melhorar a fertilidade dos solos para fins agrícolas, sendo uma alternativa para o cultivo de alimentos, já que a permanência em solos férteis possibilitava longos períodos de agricultura sedentária, evitando abertura de novas áreas, o que traria grande trabalho, pois as técnicas que dispunham (machados de pedra e fogo) demandavam grande esforço. O posterior uso do fogo na mesma área com o propósito de limpeza ampliaria a área cultivada, deixando-a mais livre para plantios. Myers et al. (2003) acreditam que os povos que formaram as TPI mantinham a elevada fertilidade dos solos cultivados com a adição de lixo da aldeia, cinzas e carvão, restos de culturas, compostos, restos de vegetação, entre outros. As Terras Mulatas, em contraste, apresentam-se em áreas mais extensas e seriam resultantes do menor tempo de cultivo e menor quantidade de aportes ao solo para melhoria da fertilidade, representando cultivos semi-intensivos, não muito prolongados, enquanto as TPI, cultivos intensivos e prolongado uso de adubações. Tal trabalho alterava a paisagem, selecionando espécies vegetais nas áreas de plantios, além do abandono das coivaras que forçava uma regeneração distinta da floresta original, criando novos padrões florestais.

Permanecem ainda questionamentos sobre a intencionalidade ou não na formação das TPI, considerando o enriquecimento antrópico um fato casual, ou sob interesse agrícola. A dinâmica ambiental da Amazônia rapidamente suaviza os testemunhos humanos mais antigos, o que muitas vezes apaga os mais importantes fatos pré-históricos. As TPI, datadas geralmente de 500 a 2500 anos AP, com a chegada do colonizador europeu findou-se o período de criação desse solo, juntamente com os cacicados (Neves et al., 2003). A formação das TPI pode ser entendida ao se considerar que a pedogênese ocorra desde o início das intervenções humanas pré-históricas, resultando na deterioração e conseqüente transformação química e física dos materiais acrescentados ao solo.

O presente estudo visou comparar TPI em três contextos distintos: (1) sobre as Terras Firmes argilosas do rio Solimões em Manacapuru e Iranduba; (2) terraços arenosos do rio Negro; e (3) como solos enterrados na Várzea do rio Solimões, verdadeiros paleossolos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização geral da área de estudo

A área contemplada neste estudo compreende uma pequena porção da região Norte do país, próxima a cidade de Manaus – AM, no baixo rio Negro e Solimões, em terras situadas em altitude média de 90 m. Apresenta características de clima equatorial úmido, com temperaturas médias anuais sempre acima de 22°C, chuvas abundantes em torno de 2.500 mm, intensa radiação, elevada umidade do ar e baixas velocidades de ventos Nimer (1979). Nessa região destacam-se duas estações: período com maior precipitação pluvial, denominado “inverno regional”, compreendendo os meses de janeiro a abril; e o período mais seco denominado “verão amazônico”, de junho a novembro. Nos meses de agosto, setembro e outubro têm-se o menor índice pluviométrico, cuja precipitação não ultrapassa 4% do total (Nimer,1979).

No baixo rio Solimões e Negro, dois ambientes distintos, porém associados, foram percorridos: 1 - várzeas holocênicas, que podem alcançar dezenas de quilômetros de largura (existentes apenas no rio Solimões), formadas por depósitos sedimentares aluvionares de textura variada, que acompanham a rede de drenagem, sendo comum a presença de lagos, planícies aluviais sempre inundáveis e terraços de erosão, onde se desenvolvem nesse conjunto larga drenagem com padrão dendrítico a subdendrítico, em morfologia plana; 2 – “terras firmes” de grande distribuição e correspondendo a superfície topográfica mais elevada, com presença de arenitos e argilitos relacionados à Formação Alter do Chão (Cretáceo Superior), o que constitui o ambiente denominado Baixo Platô, com relevo plano a ondulado e drenagem de padrão dendrítico a sub-retangular, formando uma área em franca dissecação (RADAMBRASIL, 1978).

Nas áreas de Baixos Platôs predominam Argissolos e Latossolos, ocorrendo em menor proporção Plintossolos e Espodossolos, todos muito pobres, profundos e com elevado grau de intemperismo. Os minerais presentes nesses solos são influenciados pela litologia local, formada por sedimentos pré-intemperizados (sedimentos terciários). Nas várzeas são encontrados próximos ao talvegue em diques aluviais: Neossolos Flúvicos, solos eutróficos e jovens com muitos minerais

2:1 e textura mais siltosa. Em áreas de várzea mais afastada do talvegue, pode-se encontrar Plintossolos, Gleissolos e Cambissolos (Schaefer et al., 2000).

## 2.2. Seleção, coleta e preparo das amostras de solos

Com objetivo de comparar os atributos químicos, físicos e microquímicos de TPI em diferentes ambientes: (1) áreas sob influência de sedimentos andinos e (2) terras altas à margem do rio Solimões em relação à área de terra firme as margem do rio Negro, foram selecionados oito perfis em diferentes áreas. Nelas foram abertas trincheiras para descrição e coleta dos solos conforme Santos et al. (2005). Os perfis P1 e P2 localizam-se próximos ao lago de Iranduba, no município homônimo (Figura 1), à margem esquerda do rio Solimões perto de sua confluência com o rio Negro, em área sob domínio da Formação Alter do Chão. P3 está na mesma formação que os anteriores, embora esteja no platô que margeia o Lago de Manacapuru, em área pertencente ao município de mesmo nome. P4 e P5 foram amostrados em área de várzea na margem direita do rio Solimões, quase em frente à cidade de Manacapuru. P6 e P8, por sua vez, foram amostrados em área de platô com sedimentos terciários à margem direita do rio Negro, na Costa do Açutuba e P7 na mesma situação, mas na área da Costa de Paricatuba, ambos no município de Iranduba (Figura 2).



Figura 1- Vista do Lago de Iranduba (várzea), próximo aos perfis P1 e P2. Observar a diferença de cota entre a várzea e a terra firme. As TPI localizam-se principalmente nas áreas de borda do Platô.

Os solos foram classificados conforme a proposição de Arqueo-antrossolos de Kämpf et al. (2003) e no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). As cores dos horizontes foram determinadas através de comparação com as cores presentes na caderneta de cores de Munsell (1994).

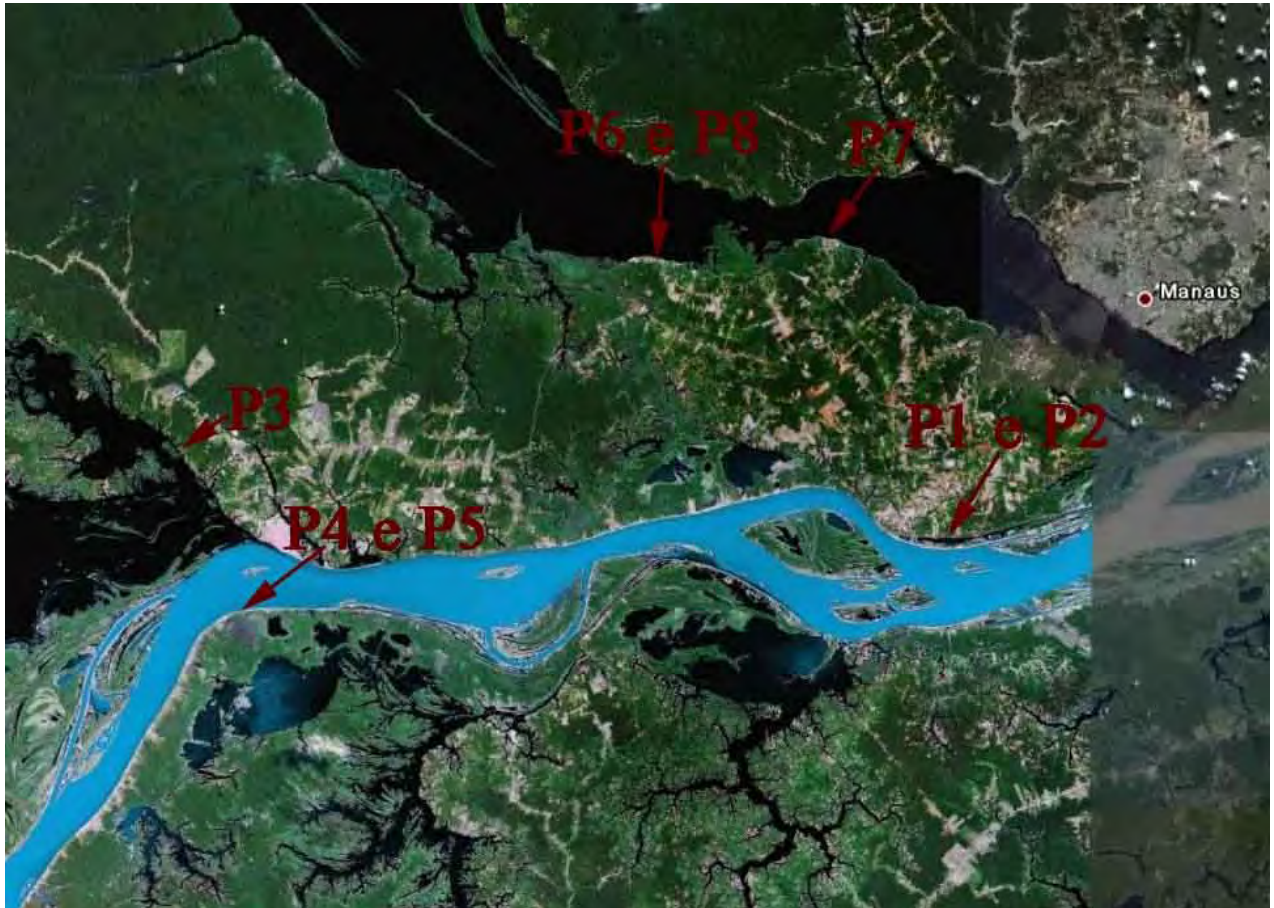


Figura 2- Área de estudo localizada no baixo rio Negro e Solimões - AM, com os respectivos pontos amostrados.

### 2.3. Análises físicas, químicas e mineralógicas

As amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha, obtendo-se desta maneira, a terra fina seca ao ar (TFSA), que foi submetida a análises de acordo com os métodos padrões descritos por EMBRAPA (1997). A análise textural foi realizada pelo método da pipeta de acordo com EMBRAPA (1997), porém, com utilização de agitação lenta de 50 rpm por 16 h (Ruiz, 2005a) e determinação de silte por pipetagem (Ruiz, 2005b), e não por diferença. A argila dispersa em água foi determinada seguindo

metodologia descrita para análise granulométrica, com agitação rápida (12.000 rpm por 15 minutos) e suprimindo-se o uso do dispersante químico (EMBRAPA, 1997). O pH foi determinado em água e solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> em suspensão solo/solução na proporção 1g para 2,5 mL. Os cátions trocáveis foram extraídos por solução de KCl a 1 mol L<sup>-1</sup> e quantificados por espectrometria de absorção atômica (Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>) e, K<sup>+</sup> extraído com solução de acetato de amônio 1,0 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e quantificado por fotometria de chama. Al<sup>3+</sup> foi extraído em solução de KCl a 1 mol L<sup>-1</sup> e determinado por titulometria com NaOH. H + Al foram extraídos por acetato de cálcio a 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e quantificados por titulometria com NaOH. P disponível foi extraído pelo extrator Mehlich-1 e quantificado pelo método do ácido ascórbico, como descrito por Kuo (1996).

Foi realizado o ataque sulfúrico da TFSA, para extração de ferro, alumínio e sílica, com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1:1 (volume), aquecido até a fervura, sob refluxo, com posterior resfriamento, diluição e filtração. No resíduo, determinou-se SiO<sub>2</sub> por extração alcalina e, no filtrado, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> conforme método descrito por EMBRAPA (1997).

Foram obtidos os teores de Fe, Al, Mg, Mn, Ca, Cr, Cu, P, Sr, Ti e Zn da fração argila, extraídos por ditionito-citrato de sódio-bicarbonato de sódio e oxalato de amônio (Melo, 1998) e determinados em aparelho Perkins de leitura simultânea dos elementos (plasma). Além dos teores dos elementos acima, foram obtidos os valores de K e Na da TFSA, solubilizada por uma mistura de HF + HNO<sub>3</sub> + HCl + H<sub>2</sub>O e submetida a aquecimento e pressão por microondas (USDA, 1996), com algumas modificações. Os elementos K e Na foram quantificados por fotometria de chamas e os demais por espectrometria de absorção atômica.

Foram feitos o fracionamento das substâncias húmicas segundo Swift (1996), e a determinação do carbono orgânico total, quantificado por oxidação da matéria orgânica via úmida com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,167 mol L<sup>-1</sup> em meio sulfúrico com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988).

#### **2.4. Micromorfologia e microanálise em seções finas de amostras de solo indeformada**

Foram coletadas amostras indeformadas de solo para estudo em seções finas (lâminas de micromorfologia) de dimensão 2,5 por 5 cm, polidas sucessivamente em

disco de nylon com pasta diamantada, a partir de 60  $\mu$ , 6  $\mu$ , 3  $\mu$  e 1  $\mu$ , com posterior lavagem ultrassônica para remoção de resíduo do polimento. As características micromorfológicas foram analisadas com aumento mínimo de 10 vezes por microscópio petrográfico segundo BULLOCK et al. (1985) e FITZPATRICK (1993).

As lâminas foram recobertas por uma fina película de grafite, para formar uma superfície condutora, sendo feitas microanálises (mapas químicos e análise pontual quantitativa) em microscópio eletrônico de varredura (MEV), modelo LEO 430i com detector de retroespalhamento acoplado ao espectrômetro de dispersão de raios-X (PCXA-EDS). O aparelho foi operado a 84 eV, e a análise elementar quantitativa foi realizada através do método de normalização estequiométrica.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Classificação dos solos

Os oito perfis descritos e coletados foram classificados primeiramente pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e em seguida utilizando-se a classificação de Arqueo-antrossolos proposta por Kämpf & Kern (2005) conforme descrito a seguir: P1 (Figura 3), Latossolo Amarelo Eutrófico antrópico, textura muito argilosa (Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, méxico); P2 (Figura 4 e 5), Argissolo Amarelo Eutrófico típico antrópico (Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, méxico); P3 (Figura 6), Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico antrópico (Arqueo-antrossolo Hórtico, dístrico, méxico); P4 (Figura 7), Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico antrópico (Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, méxico); P5 (Figura 8), Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico antrópico (Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, méxico); P6, Neossolo Quartzarênico Órtico espódico antrópico (Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, escálpico, arenoso); P7 (figura 10), Latossolo Amarelo Distrófico antrópico, textura média (Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, textura média, méxico); P8 (Figura 9), Neossolo Quartzarênico Órtico espódico antrópico (Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, crômico, arenoso).

A seguir, são discutidos os resultados físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos, que embasaram as classificações supracitadas.



Figura 3- Perfil P1, em área de platô próximo ao rio Solimões



Figura 4- Perfil P2, em área de platô próximo ao rio Solimões



Figura 5- Detalhe de fragmentos de cerâmicas, com presença de restos ósseos degradados em P2



Figura 6- Perfil P3, em área de platô, próximo ao Grande Lago de Manacapuru



Figura 7- Perfil P4, na várzea do rio Solimões.



Figura 8- Perfil P5, com os horizontes antrópicos fósseis (paleossolo antrópico).



Figura 9- Perfil P8, em área de terra firme próximo ao rio Negro.



Figura 10- Perfil P7, em área de terra firme próximo ao rio Negro.

### 3.2. Análise textural e cor

As maiores variações de textura nas TPI ocorrem nas frações mais grosseiras acima das obtidas a partir da TFSA, pois são os restos de cerâmicas, alguns materiais orgânicos e restos da indústria lítica, que mais imprimem diferenças com os solos adjacentes, não antrópicos. As frações granulométricas da TFSA (Quadro 1) não permitem inferir diferenças perceptíveis que possam caracterizar os horizontes antrópicos dos não antrópicos. Ao que tudo indica o maior aporte e deposição nos sítios de TPI por parte dos povos pré-históricos eram de materiais orgânicos, que se mantiveram por curto período no solo, deixando como maior herança o enriquecimento químico-edáfico. As frações orgânicas que mais contribuíram na alteração da textura do solo são os raros fragmentos de apatita (com exceção das TPI de várzea P4 e P5), que em tamanhos menores (< 2 mm) tendem a se desestabilizar em curtos períodos. Os materiais orgânicos carbonizados e semi-carbonizados também contribuem na alteração antrópica da textura em frações menores que 2 mm (Imagens microquímicas), pois são de grande resiliência, perdurando por dezenas de centenas de anos em ambiente agressivo a materiais orgânicos, como é o caso da Amazônia (Glaser et al., 2003). Entretanto, o processo intenso de pedobioturbação que ocorre nas TPI (Schaefer et al., 2004) contribui para homogeneizar texturalmente o solo em superfície e subsuperfície, reduzindo possíveis variações granulométricas que poderiam ter existido em decorrência das pretéritas intervenções antrópicas. Nos perfis P6, P7 e P8 (solos mais arenosos) seriam ainda mais insignificantes os conteúdos de aporte antrópico presentes na TFSA, em decorrência do menor conteúdo orgânico nos horizontes antrópicos, se comparado aos solos mais argilosos (Quadro 2).

Como verificado por Lima (2001), a composição textural das TPI não possibilita diferenciação significativa dos solos sem horizonte antrópico do entorno. A distinção torna-se nítida ao se considerar o solo como um todo, contemplando seus constituintes em todas as escalas de tamanho. Nesse sentido, são comuns e por vezes abundantes fragmentos de cerâmica e restos líticos em tamanho maior que 2 mm (cascalho e calhaos), que apresentam-se como componentes marcantes das TPI, no que se refere a sua granulometria.

A cor escura dos horizontes antrópicos, de fácil percepção, é uma das suas mais significativas características, compondo as variações peculiares das TPI

amazônicas. Esse fato é atribuído aos elevados teores de carbono orgânico em diferentes composições, muito abundante nesses horizontes (Kern & Kämpf, 1989; Costa et al., 2002; Lima et al., 2002; Woods, 2003; Glaser et al., 2003; Schaefer et al., 2004; Kämpf & Kern, 2005).

Processos comuns nos solos tropicais, como os de pedobioturbação e eluviação, fazem da cor uma propriedade de aplicação variável na delimitação dos horizontes antrópicos. Esses dois processos possibilitam que haja gradação entre cores com valores e cromas mais baixos, para horizontes subseqüentes com valores e cromas mais elevados, como verificado em P1, P2, P3, P6, P7 e P8. Nos três últimos perfis a melanização em maiores profundidades é favorecida pela textura mais arenosa, que facilita o processo de eluviação dos conteúdos orgânicos coloidais, de grande capacidade de pigmentação, especialmente em se tratando de areias quartzosas. Em P4 e P5 a transição das cores dos horizontes antrópicos com os demais se dá de maneira abrupta, em decorrência da inexistência do processo de pedobioturbação nesses solos de várzea na profundidade em que se encontram, e também pela inexpressiva eluviação entre os horizontes. Tais características contribuem para reforçar os atributos particulares das TPI em áreas de várzea, onde representam verdadeiros paleossolos pré-colombianos, conservados a salvo de cultivos ulteriores.

Quadro 1 – Cor, composição granulométrica e classe textural das TPI estudadas

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (seca)	Areia Grossa	Areia Fina (dag kg <sup>-1</sup> )	Silte	Argila	Classe Textural
Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, méxico (P1)							
Apu	0 – 10	10YR 3/1	27	11	17	45	Argila
A2u	10 - 35	10YR 4/1	21	11	14	54	Argila
ABu	35 – 45	10YR 5/4	18	10	13	59	Argila
BAu	45 – 70	10YR 6/4	13	8	11	68	Muito Argilosa
Bw	70 – 80 <sup>+</sup>	10YR 7/6	10	6	14	70	Muito Argilosa
Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, méxico (P2)							
A1u	0 - 10	10YR-2,5Y 3/1	50	16	11	23	Franco-Argilo-Arenosa
A2u	10 – 40	10YR-2,5Y 3/1	20	8	19	53	Argila
ABu	40 – 50	10YR 4/1	16	8	15	61	Muito Argilosa
BA	50 – 70	10YR 6/4	15	7	12	66	Muito Argilosa
Bt	70 – 90 <sup>+</sup>	10YR 6/6 – 5/4	13	6	12	69	Muito Argilosa
Arqueo-antrossolo Hórtico, dístrico, méxico (P3)							
Ap	0 – 10	2,5Y/10YR 3/1	45	8	11	36	Argilo-Arenosa
A1	10 – 40	10YR 3/2	34	10	13	43	Argila
A/Bic	40 – 60	10YR 3/3	38	10	10	42	Argilo-Arenosa
Bic	60 – 80	10YR 4/4	38	8	8	46	Argilo-Arenosa
Arqueo-antrossolo Tipto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, méxico (P4)							
Ap	0 - 10	10YR 5/2	1	53	36	10	Areia
C1	10 – 40	10YR 6/3	0	28	56	16	Areia
C2	40 – 100	10YR 6/3	1	27	50	22	Franco-Arenosa
2Au	100 – 160	10YR 4/2	2	31	45	22	Franco-Arenosa
2C	160 - 220	10YR 6/3	1	16	60	23	Franco-Arenosa
Arqueo-antrossolo Tipto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, méxico (P5)							
2Au	110 – 140	10YR 4/1	2	25	44	29	Franco-Argilosa
3C	140 – 150	10YR 6/3	1	33	43	23	Franco
4 Au	150 - 190	10YR 4/1	5	23	41	31	Franco-Argilosa
Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, escálpico, arenoso (P6)							
Apu <sub>1+2+3</sub>	0 – 60	10YR 4/2	61	26	4	9	Areia-franca
2A u	60 – 75	10 YR 3/3	66	25	2	7	Areia
2ACu	75 – 100	10 YR 4/2	68	24	1	7	Areia
2CA	100 – 120	10 YR 4/2	68	21	2	9	Areia-Franca
2C	120 – 160 <sup>+</sup>	10 YR 4/3	62	26	3	9	Franco-Argilo-Arenosa
Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, textura média, méxico (P7)							
Ap u	0 – 40	10 YR 4/2	56	19	4	21	Franco-Argilo-Arenosa
ABu	40 – 60	10 YR 4/1	67	12	3	18	Franco-Arenosa
Bw1	60 – 100	10 YR 5/4	60	17	2	21	Franco-Argilo-Arenosa
Bw2	100 – 110 <sup>+</sup>	10 YR 5/4	52	12	2	34	Franco-Argilo-Arenosa
Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, crômico, arenoso (P8)							
Apu	0 – 80	10 YR 4/1	65	20	2	13	Areia-Franca
A2u	80 – 120	10 YR 4/1	68	18	3	11	Areia-Franca
A3u	120 – 160	10 YR 4/1	66	18	4	12	Areia-Franca
CA	160 – 180	10 YR 5/4	65	22	3	10	Areia-Franca
C1	180 – 200	10 YR 4/1	65	20	4	11	Areia-Franca
C2	200 – 240 <sup>+</sup>	10 YR 6/6	61	20	4	15	Franco-Arenosa

### 3.3. Características químicas

Em todos os perfis, os horizontes com características antrópicas foram os que apresentaram maiores CTC, soma de bases, teores de fósforo, matéria orgânica e menor saturação por  $Al^{3+}$ , com exceção das TPI em várzea (Quadro 2). As TPI não se enquadram no padrão dos solos dominantes na região, possuindo maiores valores em macronutrientes, pH mais elevado e maior conteúdo orgânico, conforme verificado por Kern & Kämpf (1989) e Lima (2001).

Os perfis analisados diferem acentuadamente entre si (Quadro 2), podendo ser definidos três grupos de TPI, de acordo com seus respectivos ambientes. Enquadram-se em um grupo os perfis P1, P2 e P3, pertencentes à área de Baixo Platô que margeia a várzea do rio Solimões (P1 e P2) ou o Grande Lago de Manacapuru (P3), que também é vinculado ao mesmo rio. Esses solos possuem o teor de argila mais elevado (Quadro 1), fato que contribui para maior estabilidade da matéria orgânica, ocorrendo interação orgâno-mineral entre os colóides inorgânicos e orgânicos, que favorecem a estabilidade do C-orgânico e conseqüente melhoria da CTC, como verificado por Glaser et al. (2003) em TPI amazônicas. Esses perfis possuem maior soma de base, CTC, saturação por bases, matéria orgânica e menor saturação por alumínio em relação aos solos de P6, P7 e P8. Estes últimos, por sua vez, enquadram-se em outro grupo, sendo todos associados a terras firmes arenosas, próximas ao rio Negro e com características físico-químicas semelhantes (Quadro 1 e 2).

Os Arqueo-antrossolos de várzea se diferem dos demais por serem naturalmente ricos (férteis), jovens, com processo muito incipiente de eluviação e iluviação. Dessa forma, esses solos, mesmo com as variações nos ciclos de deposição sedimentar aluvial, apresentam nitidamente nos horizontes antrópicos maior concentração de P,  $H^+$ ,  $Ca^{2+}$  e matéria orgânica em relação aos horizontes não antrópicos. A maior fertilidade, especialmente em relação aos teores de P muito elevados (mais de  $5900 \text{ mg kg}^{-1}$ , maior valor já registrado para TPI na literatura) se deve principalmente a dois fatores: (1) - não utilização dos horizontes antrópicos em sistemas atuais de cultivo, como verificado nas demais TPI em platô, evitando a depleção de nutrientes; (2) - baixo grau de pedogênese e pedobioturbação nas camadas antrópicas, acarretando menor nível de degradação dos remanescentes culturais pré-históricos. Em outras palavras, os horizontes antrópicos em várzea,

como os estudados, são horizontes fósseis (paleossolo) existentes em decorrência da dinâmica ambiental da várzea, que os soterraram sob sedimentos andinos muito recentes, embora o próprio rio Solimões vem atualmente destruindo esse sítio por solapamento lateral, em consequência dos processos erosivos fluviais naturais.

O P segue comportamento diferente em relação às três categorias de TPI estudadas nesse trabalho e em relação ao seu atual manejo (Quadro 2). Nas TPI em platô próximo ao rio Solimões, os maiores teores de P são encontrados em subsuperfície (P1 e P3) como verificado por Lima (2001). Entretanto, quando não cultivados, os valores de P não se diferem muito entre a camada mais superficial e as subjacentes, também antrópica (P2<sup>(1)</sup>). Nos solos mais arenosos relacionados às áreas de platô próximas ao rio Negro (P6, P7 e P8), o principal fator responsável pelos presentes valores de P parece ser a sua forte relação com a matéria orgânica (Quadro 2). Dessa forma, esses solos mais arenosos têm no conteúdo coloidal orgânico e orgâno-mineral as principais fontes “disponíveis” de macronutrientes.

Os valores de Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup> estão relacionados à desestabilização de minerais presentes nas cerâmicas. O ambiente mais superficial do solo parece ser o mais agressivo às cerâmicas, possibilitando maior liberação de Mg e K nesse nível em relação às camadas um pouco mais profundas no perfil.

---

<sup>(1)</sup> O aumento brusco de P no horizonte ABu 40 – 50 cm decorre da existência de uma urna funerária, já quebrada, neste nível, com presença de fragmentos muito degradados de osso.

Quadro 2 – Características químicas das TPI

Horizonte e Profund. (cm)	pH (1:2,5) H <sub>2</sub> O	P mg dm <sup>-3</sup>	Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							V <sup>(3)</sup> %	m <sup>(4)</sup> %	MO <sup>(5)</sup> dag kg <sup>-1</sup>
			K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB <sup>(1)</sup>	(T) <sup>(2)</sup>			
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, mésico (P1)</b>												
Apu 0 – 10	6,17	163,2	0,23	4,87	2,47	0,00	1,9	7,57	9,47	79,9	0,0	10,30
A2u 10 – 35	6,16	205,6	0,10	8,11	1,08	0,00	3,3	9,29	12,59	73,8	0,0	4,90
ABu 35 – 45	6,11	156,9	0,06	4,59	0,62	0,00	3,2	5,27	8,47	62,2	0,0	2,76
BAu 45 – 70	6,04	82,2	0,02	2,61	0,30	0,00	1,9	2,93	4,83	60,7	0,0	1,51
Bw 70 – 80 <sup>+</sup>	6,24	90,5	0,01	2,40	0,28	0,00	1,4	2,69	4,09	65,8	0,0	1,26
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, mésico (P2)</b>												
A1u 0 – 10	6,11	301,8	0,16	5,59	0,69	0,00	3,3	6,44	9,74	66,1	0,0	5,52
A2u 10 – 40	5,90	308,1	0,06	5,33	0,74	0,00	6,5	6,13	12,63	48,5	3,0	6,65
ABu 40 – 50	6,00	1377,4	0,04	8,23	0,82	0,00	4,0	9,09	13,09	69,4	1,1	3,89
BA 50 – 70	5,88	297,8	0,01	3,84	0,62	0,00	3,0	4,47	7,47	59,8	4,1	2,13
Bt 70 – 90 <sup>+</sup>	5,87	289,1	0,01	2,76	0,55	0,10	2,5	3,32	5,82	57,0	2,9	1,38
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico, dístrico, mésico (P3)</b>												
Ap 0 – 10	5,72	100,3	0,14	6,29	1,44	0,00	9,7	7,87	17,57	44,8	0,0	11,30
A1 10 – 40	5,34	181,8	0,05	1,75	0,33	0,19	14,6	2,13	16,73	12,7	8,2	9,29
A/Bic 40 – 60	5,23	224,5	0,01	0,07	0,04	0,39	13,5	0,12	13,62	0,9	76,5	5,27
Bic 60 – 80 <sup>+</sup>	5,08	231,8	0,01	0,08	0,09	0,29	11,3	0,18	11,48	1,6	61,7	4,14
<b>Arqueo-antrossolo Tipto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, mésico (P4)</b>												
Ap 0 – 10	6,30	73,2	0,20	6,97	2,39	0,00	1,1	9,56	10,66	89,7	0,0	3,26
C11 0 – 40	6,40	33,4	0,11	4,63	3,38	0,00	1,4	8,12	9,52	85,3	0,0	1,13
C2 40 – 100	6,40	88,5	0,16	6,42	2,90	0,00	1,4	9,48	10,88	87,1	0,0	0,75
2Au 100 – 160	6,20	3696,7	0,18	10,04	2,22	0,00	3,3	12,44	15,74	79,0	0,0	2,64
2C 160 – 220 <sup>+</sup>	6,44	339,2	0,15	9,81	2,83	0,00	1,6	12,79	14,39	88,9	0,0	0,50
<b>Arqueo-antrossolo Tipto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, mésico (P5)</b>												
2Au 110 – 140	6,11	2978,2	0,21	10,52	2,50	0,00	3,3	13,23	16,53	80,0	0,8	2,64
3C 140 – 150	6,31	1072,4	0,16	10,30	2,08	0,00	1,7	12,54	14,24	88,1	0,8	1,00
4Au 150 – 190	6,50	5910,3	0,09	9,25	1,77	0,00	4,1	11,11	15,21	73,0	0,9	3,39
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, escálpico, arenoso (P6)</b>												
Ap <sub>u1+2+3</sub> 0 – 60	5,71	90,5	0,03	0,00	0,00	0,10	4,1	0,03	4,13	0,7	76,9	1,13
2A u 60 – 75	5,35	66,3	0,00	0,32	0,00	0,10	5,4	0,32	5,72	5,6	23,8	0,88
2AC <sub>u</sub> 75 – 100	5,50	88,8	0,01	0,32	0,00	0,10	4,3	0,33	4,63	7,1	23,3	1,26
2CA 100 – 120	5,38	83,9	0,00	0,00	0,00	0,10	5,4	0,00	5,40	0,0	100	1,38
2C1 20 – 160 <sup>+</sup>	5,62	99,0	0,00	0,00	0,00	0,10	4,3	0,00	4,30	0,0	100	1,13
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, textura média, mésico (P7)</b>												
Ap u 0 – 40	4,81	9,2	0,01	0,00	0,00	0,19	4,6	0,01	4,61	0,2	95,0	2,13
ABu 40 – 60	4,90	8,9	0,01	0,00	0,00	0,19	3,8	0,01	3,81	0,3	95,0	1,26
Bw 160 – 100	4,73	9,5	0,00	0,00	0,00	0,19	3,8	0,00	3,80	0,0	100	1,13
Bw2 100 – 110 <sup>+</sup>	4,89	6,5	0,00	0,00	0,00	0,19	1,7	0,00	1,70	0,0	100	0,88
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, crômico, arenoso (P8)</b>												
Apu 0 – 80	5,19	159,1	0,04	1,17	0,15	0,19	4,9	1,36	6,26	21,7	12,3	3,26
A2u 80 – 120	5,37	130,7	0,01	0,54	0,07	0,19	4,6	0,62	5,22	11,9	23,5	1,76
A3 <sub>u</sub> 120 – 160	5,55	126,3	0,00	1,03	0,00	0,10	4,9	1,03	5,93	17,4	8,8	1,76
CA 160 – 180	5,60	22,7	0,00	0,00	0,00	0,10	1,4	0,00	1,40	0,0	100	0,63
C1 180 – 200	5,53	172,9	0,01	0,46	0,00	0,10	4,9	0,47	5,37	8,8	17,5	1,76
C2 200 – 240 <sup>+</sup>	5,53	29,5	0,00	0,00	0,00	0,10	1,7	0,00	1,70	0,0	100	0,50

(<sup>1</sup>) Soma de bases; (<sup>2</sup>) CTC a pH 7; (<sup>3</sup>) Índice de Saturação por Bases; (<sup>4</sup>) Índice de Saturação por Alumínio; (<sup>5</sup>) Matéria Orgânica – Walkley-Black

A riqueza das TPI associadas ao rio Solimões são superiores às do rio Negro. As causas aparentes (Quadro 1 e 2) são as propriedades físico-químicas dos solos onde se procederam as ocupações pré-históricas, e a própria dinâmica destas. Os solos do platô próximo ao rio Solimões são argilosos e os de várzea possuem elevados teores de silte (com minerais primários ricos em bases), sendo ambos ambientes edáficos de maior conservação química se comparado aos solos de platô próximos ao rio Negro, muito mais arenosos, apresentando menores condições de retenção de elementos (nutrientes), acarretando em maiores perdas por lixiviação. Outro fator a ser considerado seria uma ocupação pré-histórica mais ocasional ou menos densa nas áreas próximas ao rio Negro, em decorrência da menor sustentabilidade intrínseca do ambiente. Essa característica é reforçada pelo menor conteúdo em cerâmica e material lítico encontrado nos sítios desse ambiente. Entretanto, somente trabalhos arqueológicos poderão confirmar essa constatação.

Em consistência com o verificado por Kern & Kämpf (1989) e Lima (2001) os micronutrientes que revelam maior associação com as intervenções antrópicas pré-históricas são o Zn e Mn (Quadro 3). Os valores extraídos de Zn são um excelente indicador da permanência humana, apresentando-se com maior precisão na diferenciação de horizonte antrópico, que os valores de P extraído. Entretanto, o extrator Mehlich-1 pode não estar sendo suficientemente adequado para balizar os teores de P nas TPI, o que torna os valores totais presentes em cada horizonte um dado muito mais seguro para interpretações de Arqueo-antrossolos, especialmente os menos evoluídos, com muitos constituintes primários presentes no solo.

Quadro 3 – Resultados dos micronutrientes extraídos por Mehlich-1

Horizonte e Profund. (cm)	Zn	Fe	Mn	Cu
	mg dm <sup>-3</sup>			
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, méxico (P1)</b>				
Apu 0 – 10	11,50	4,1	32,3	0,00
A2u 10 - 35	9,26	2,8	18,4	0,13
ABu 35 – 45	4,86	3,9	11,5	0,16
BAu 45 – 70	2,11	4,8	4,0	0,01
Bw 70 – 80 <sup>+</sup>	1,10	6,0	3,3	0,00
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, méxico (P2)</b>				
A1u 0 - 10	11,22	10,3	34,8	0,17
A2u 10 – 40	23,25	6,1	35,6	0,26
ABu 40 – 50	17,61	11,9	27,2	0,62
BA 50 – 70	7,77	6,8	12,2	0,29
Bt 70 – 90 <sup>+</sup>	4,28	7,4	7,0	0,21
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico, dístrico, méxico (P3)</b>				
Ap 0 – 10	7,12	16,0	22,4	0,16
Au1 10 – 40	4,37	31,9	7,2	0,06
A/Bic 40 – 60	0,70	28,4	2,0	0,42
Bic 60 – 80 <sup>+</sup>	0,95	31,6	2,8	0,41
<b>Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, méxico (P4)</b>				
Ap 0 - 10	4,16	29,7	26,5	0,65
C11 0 – 40	1,67	38,7	22,3	1,63
C2 40 – 100	3,66	42,1	20,0	2,13
2Au 100 – 160	33,80	160,5	27,4	3,10
2C 160 – 220 <sup>+</sup>	4,77	105,6	16,9	2,41
<b>Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, méxico (P5)</b>				
2Au 110 – 140	17,25	151,2	25,6	3,26
3C 140 – 150	8,57	90,3	18,1	2,58
4Au 150 - 190	33,10	58,4	13,8	1,59
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, escálpico, arenoso (P6)</b>				
Apu <sub>1+2+3</sub> 0 – 60	0,64	9,4	3,3	0,02
2A u 60 – 75	2,05	9,5	6,2	0,07
2ACu 75 – 100	1,63	11,4	5,0	0,00
2CA 100 – 120	0,34	13,3	2,0	0,00
2C 120 – 160 <sup>+</sup>	0,28	6,8	1,2	0,00
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, textura média, méxico (P7)</b>				
Ap u 0 – 40	1,35	25,9	1,5	0,00
ABu 40 – 60	0,78	18,9	1,9	0,00
Bw1 60 – 100	0,65	11,1	1,2	0,00
Bw2 100 – 110 <sup>+</sup>	0,90	8,8	0,9	0,38
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, crômico, arenoso (P8)</b>				
Apu 0 – 80	2,75	7,7	13,3	0,11
A2u 80 – 120	2,97	7,0	8,2	0,14
A3u 120 – 160	1,53	6,2	5,5	0,27
CA 160 – 180	0,40	3,7	2,0	0,23
C1 180 – 200	1,04	6,6	4,8	0,21
C2 200 – 240 <sup>+</sup>	0,30	4,2	1,1	0,11

Os teores mais elevados de Mn nos perfis estão também associados aos horizontes com maior intervenção antrópica (P1, P2, P3, P6, P7 e P8), indicando o fator humano como responsável pelo acréscimo desse elemento ao solo (Quadro 3). A riqueza natural em Mn (“trocável”) nos solos de várzea (P4 e P5), faz com que este elemento, extraído por Mehlich-1, não sirva como indicador de atividades antrópicas pré-históricas em área ricas em sedimentos andinos de natureza fluvial.

Os resultados obtidos no Quadro 4 conferem aos solos P1, P2, P3, P6, P7 e P8 características típicas de elevado processo de pedogênese, com predominância de argilo-minerais maduros do processo de intemperismo, especialmente caulinita e óxidos de Fe e Al. Em P4 e P5, solos localizados em ambiente de várzea, retratam o baixo grau de pedogênese desse ambiente. Os elementos extraídos por ataque sulfúrico indicam minerais ainda com predominância de Si em sua estrutura, evidenciando índices de Ki e Kr mais elevados, em comparação aos solos de platô.

As TPI presentes no platô próximo ao rio Negro possuem plasma mais pobre em  $P_2O_5$ , Cu, Mn e Zn em relação às TPI próximas ao rio Solimões, indicando menor influência das atividades antrópicas pré-históricas no estado atual desses solos. Esses são os principais elementos diretamente associados a fatores antrópicos, acarretando alterações pouco significativas na composição da matriz mineralógica dos solos estudados, fato igualmente verificado por Lima (2001) em trabalho mineralógico de TPI na região de Iranduba – AM. No trabalho deste autor não foram constatadas diferenças relevantes na constituição mineralógica destes solos em relação aos solos adjacentes não antrópicos.

Os solos de várzea apresentam naturalmente teores já elevados de  $P_2O_5$ , Cu, Mn e Zn se comparado aos solos de terra firme, embora quando submetidos a ocupações humanas (P4 e P5) os valores desses elementos aumentem substancialmente (Quadro 4), enquanto os valores de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  e  $TiO_2$  permanecem estáveis mesmo sob prolongada ocupação pré-histórica. Em decorrência dessa situação os índices de Ki e Kr não sofrem influência significativa em decorrência das intervenções antrópicas que possibilitaram a formação das TPI em áreas de várzea e terra firme, como era de se esperar.

Quadro 4 - Resultado da análise de ataque sulfúrico feita na TFSA

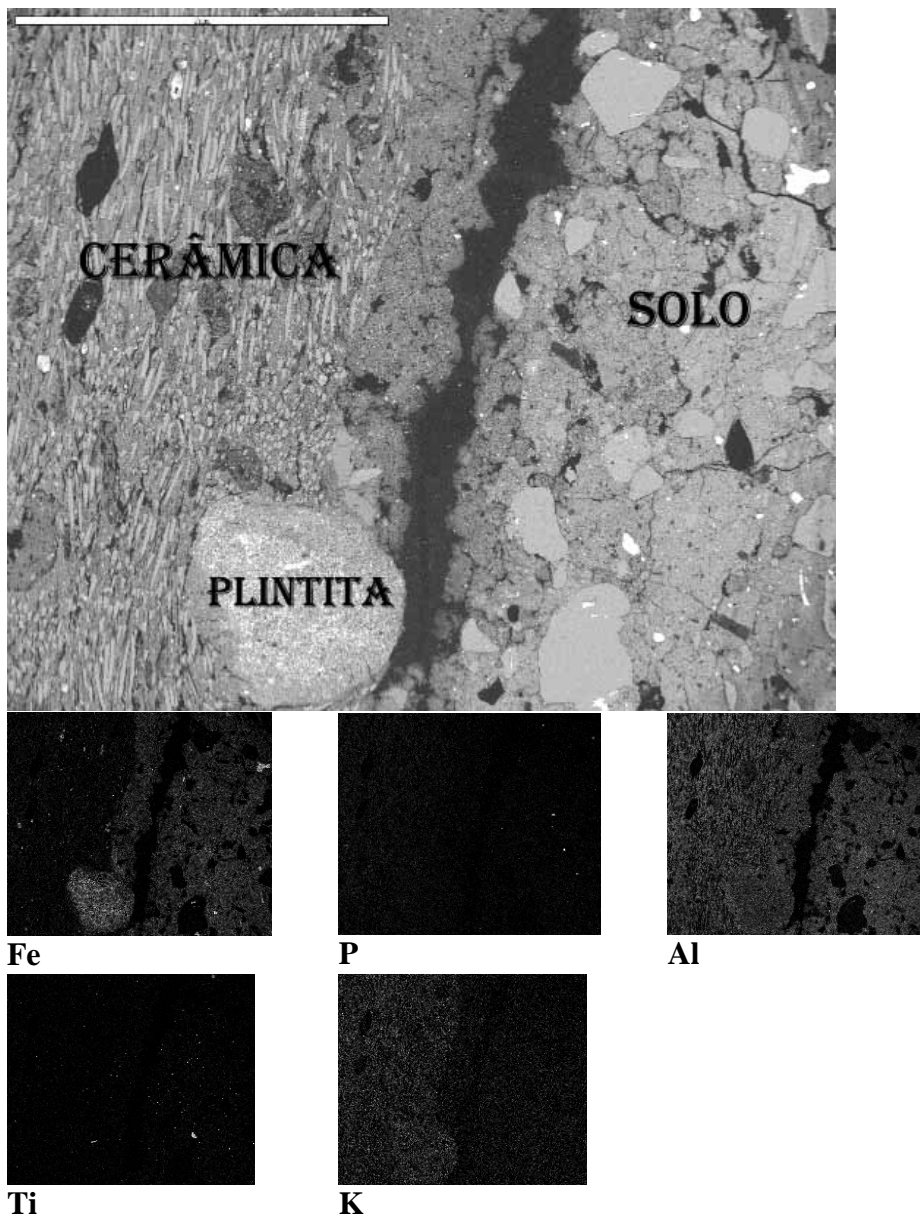
Horizonte e Profund. (cm)	Cu	Mn	Zn	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Relações Moleculares	
	mg kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>					Ki	Kr
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, mésico (P1)</b>										
Apu 0 – 10	8,75	393	61,3	90	135	47	9,8	2,8	1,13	0,93
Bw 70 – 80 <sup>+</sup>	-	103	21,8	196	244	79	13,2	1,8	1,37	1,13
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, mésico (P2)</b>										
A2u 10 – 40	17,3	583	107	120	164	61	10,2	8,0	1,24	1,01
Bt 70 – 90 <sup>+</sup>	-	147	31,8	184	240	76	13,7	0,5	1,30	1,08
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico, dístrico, mésico (P3)</b>										
Au1 10 – 40	-	323	52,5	70	130	141	6,8	7,6	0,92	0,54
Bic 60 – 80 <sup>+</sup>	-	265	48,0	80	151	183	10,9	1,3	0,90	0,51
<b>Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, mésico (P4)</b>										
Ap 0 - 10	7,5	325	60,0	62	48	35	4,9	1,5	2,20	1,50
C2 40 – 100	13,3	478	92,8	96	87	48	4,7	1,9	1,88	1,39
2Au 100 – 160	27,3	638	131	72	60	34	4,4	19,4	2,04	1,50
2C 160 – 220 <sup>+</sup>	14,8	488	86,3	98	90	49	4,5	4,6	1,85	1,37
<b>Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, mésico (P5)</b>										
2Au 110 – 140	30,0	703	164	86	78	44	4,2	18,6	1,87	1,38
3C 140 – 150	17,8	438	102	92	82	44	4,5	8,3	1,91	1,42
4Au 150 - 190	35,0	720	245	93	75	41	3,9	65,5	2,11	1,56
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, escálpico, arenoso (P6)</b>										
Apu <sub>1+2+3</sub> 0 – 60	-	191	16,3	12	23	41	8,7	2,0	0,89	0,42
2A u 60 – 75	0,750	173	19,3	7	16	35	7,0	1,9	0,74	0,31
2C 120 – 160 <sup>+</sup>	-	133	14,3	13	21	32	6,7	1,5	1,05	0,53
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, textura média, mésico (P7)</b>										
Ap u 0 – 40	-	132	14,0	53	63	30	6,2	0,6	1,43	1,10
Bw2 100 – 110 <sup>+</sup>	-	131	17,8	93	111	55	7,6	0,8	1,42	1,08
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, crômico, arenoso (P8)</b>										
Apu 0 – 80	2,25	263	21,0	20	30	32	10,1	2,0	1,13	0,67
CA 160 – 180	-	176	13,3	20	35	29	10,2	1,0	0,97	0,64

### **3.4. Aspectos microquímicos**

Os horizontes antrópicos das TPI possuem constituição poligenética com presença de variados componentes de diferentes áreas-fonte, além dos elementos já presentes no solo antes da ocupação pré-histórica. Observa-se, no Mapa 1, a composição do plasma e esqueleto do solo, bem como os variados materiais que compõem a cerâmica, em geral feita a partir de argila retirada do ambiente de várzea, como verificado por Lima (2001) e detalhado em Schaefer et al. (2004). A principal fonte de K nas TPI estudadas é proveniente da cerâmica, rica em micas e feldspato potássico.

Nas cerâmicas verifica-se abundantes espículas de esponjas, corpos formados por sílica biogênica de grande resistência perdurando por longos períodos nos fragmentos de cerâmica e no solo, após terem sido submetidos a elevada temperatura, necessária para se forjar os utensílios cerâmicos. Essas espículas ocupam expressivo volume do antiplástico em meio ao material argiloso (plástico) nas cerâmicas, sendo facilmente perceptíveis por sua morfologia nos trabalhos em MEV e pelo seu conteúdo rico em Si. Espículas de esponja, regionalmente conhecidas como caiuxi, são extremamente comuns nos lagos de várzea.

Os constituintes minerais das cerâmicas são em geral ricos em Al, pertencentes às estruturas dos aluminossilicatos (argilas 2:1), muito abundantes em áreas de várzea do rio Solimões como observado por Lima et al. (2002). A principal contribuição de P observada no Quadro 1 é proveniente do fragmento de cerâmica, provavelmente em decorrência do uso de cinzas de ossos com substancial conteúdo de P, empregada como antiplástico na confecção das mesmas. Dessa forma há um enriquecimento mais significativo da composição química desta manufatura pré-histórica, muito abundante nos sítios de TPI próximos ao rio Solimões.



Mapa 1 – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e mapas microquímicos de EDS do horizonte Au/Bc 40 – 60cm do perfil P3. Foto ilustra detalhe de um fragmento de cerâmica em interface com plasma do solo.

O Al, Ti e Fe são elementos presentes em maior concentração no solo (Figura 1), em comparação ao fragmento de cerâmica. Esse fato se deve ao avançado estado de pedogênese do Plintossolo (P3), ocupado preteritamente por povos pré-históricos, responsáveis pelas atuais características físico-químicas peculiares desse solo em relação aos padrões regionais. Elementos como Al, Ti e Fe tendem a se concentrar em solos mais intemperizados devido a sua maior resistência ao processo de lixiviação, além de formarem óxidos de grande estabilidade no solo.

Nessa condição, verificada em (P3), o plasma do solo apresenta-se composto por material argiloso rico em caulinita e óxidos de ferro.

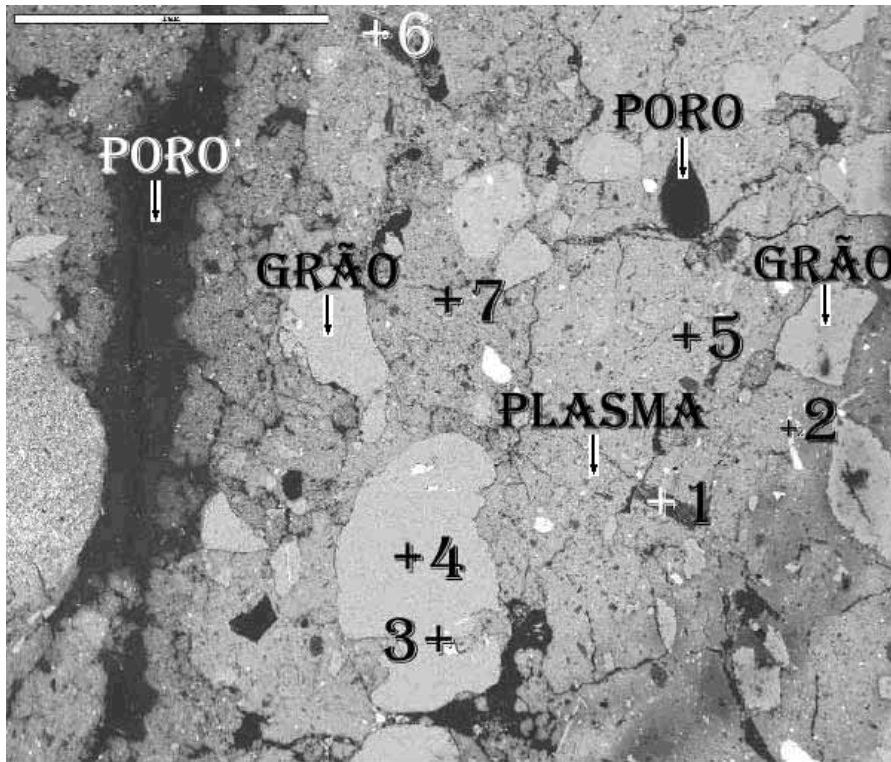


Figura 11 – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS (Quadro 5). Horizonte A/Bc 40 – 60 cm do perfil P3.

Na Figura 12 pode-se observar a composição variada do esqueleto e plasma do solo, com presença de componentes orgânicos e minerais, formando uma matriz não muito rica em relação aos padrões de horizontes antrópicos (TPI) presentes nas áreas de terras firmes próximas ao rio Solimões. Há a presença de pequenos fragmentos de carvão (Ponto 1 e 6), fragmentos arestados de quartzo (Ponto 4), pontuações angulosas ricas em Fe (Ponto 2 e 3) diferentes das concreções de petroplintita também comuns nesse horizonte. Esse conjunto de fragmentos constitui o esqueleto do solo, não representando reserva importante de nutriente (Quadro 5). O plasma possui composição variada em elementos, embora a herança mineralógica natural do solo é a que predomina, sendo composta por minerais residuais do processo de intemperismo, apresentando valores de  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  e  $SiO_2$  (Ponto 5 e 7) típicos de solos compostos por óxidos de Fe e Al, e com predominância de caulinita.

Quadro 5 - Composição química do plasma próximo a um fragmento de cerâmica no horizonte A/Bc 40 – 60 cm do perfil P3, referente à Figura 11

Análises localizadas	Óxido (%)						
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>
1	8,05	0,62	1,34	0,00	0,00	1,49	0,62
2	10,09	0,00	37,67	0,00	0,48	1,65	1,28
3	9,19	0,00	41,86	0,00	0,90	1,90	0,83
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74,84
5	17,29	0,11	13,01	0,16	1,30	0,78	14,17
6	5,05	0,35	0,44	0,00	0,00	1,12	0,15
7	17,03	0,10	14,77	0,00	1,49	0,89	12,95

A forma como os materiais antropicamente depositados (visíveis na Figura 11) se encontram cominuídos e coalescidos ao plasma do solo, de estrutura granular bem desenvolvida, indica um longo e eficiente período de pedoturbação desse material exógeno. A distribuição dos fragmentos no solo a esta profundidade (40 a 60 cm), já próximos ao horizonte Bic (perfil P3), não apresentando nenhuma anomalia decorrente da atividade antrópica que descaracterize sua morfologia de um típico perfil de Plintossolo, imputa à atividade biológica por meio do processo de pedoturbação a distribuição dos microfragmentos.

A Figura 12 apresenta de maneira mais detalhada a micromorfologia e composição pontual de um fragmento de cerâmica em bom estado de conservação, porém em sua borda, onde se encontra a face mais alterada, há uma mescla com o plasma do solo (Ponto 4). A composição do material empregado na manufatura de cerâmicas por parte dos povos pré-históricos é muito variada, envolvendo materiais orgânicos e inorgânicos (Quadro 6).

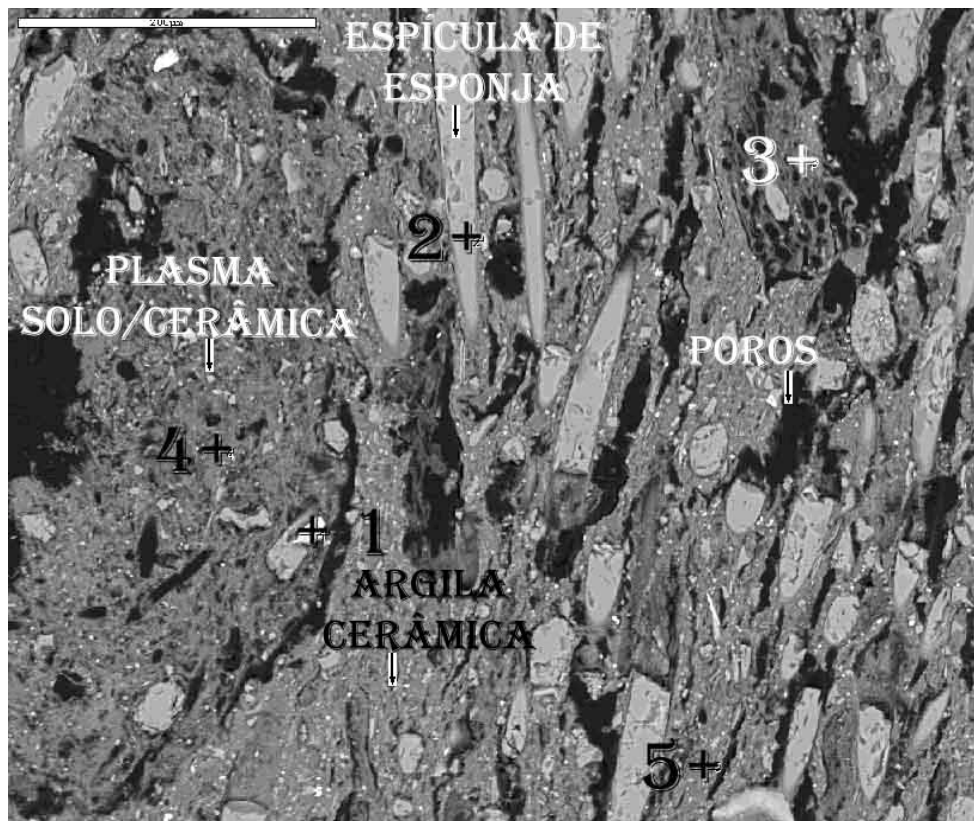


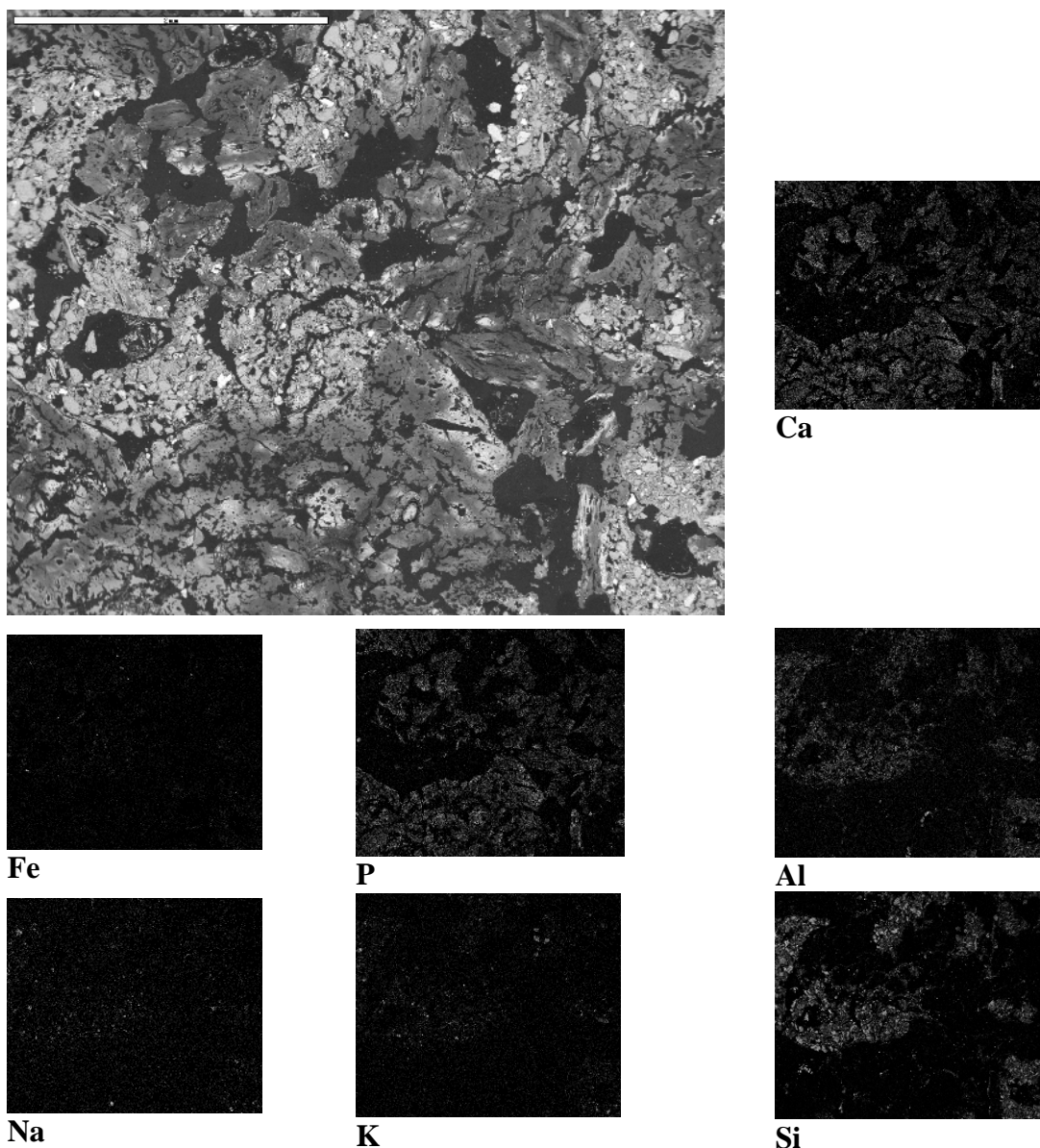
Figura 12 – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS (Quadro 6). Horizonte A/Bc 40 – 60 cm do perfil P3. Fragmento de cerâmica em detalhe.

Há a presença de minerais silicatados ricos em Ca, Mg e Fe (Ponto 1); espículas de esponjas, constituídas exclusivamente após a queima da cerâmica, por  $\text{SiO}_2$ . Em decorrência das elevadas temperaturas no cozimento da argila, esse material biogênico sofreu processo de vitrificação conservando em parte sua forma original (Ponto 2). Os Pontos 3, 4 e 5 indicam o acréscimo de material proveniente de queima, ao que tudo indica, de restos de fogueiras utilizadas para preparo de alimento ou cerimonial de cremação, em decorrência dos elevados teores de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , especialmente no Ponto 3, que apresenta conter maior proporção em “cinzas”, comparado aos Pontos 4 e 5 (Quadro 6). Os valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{SiO}_2$  indicam uma composição predominante de argilominerais tipo 2:1 na matéria prima utilizada para a fabricação de cerâmica.

Quadro 6 - Composição química do plasma próximo a um fragmento de cerâmica no horizonte A/Bc 40 – 60 cm do perfil P3, referente à Figura 13

Análises localizadas	Óxido (%)								
	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>
1	13,31	3,27	0,22	15,67	10,12	0,00	1,40	0,00	46,03
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
3	0,00	19,75	3,46	0,20	0,00	1,21	1,24	8,38	18,25
4	0,00	19,07	0,00	0,24	2,97	1,50	0,57	5,56	20,65
5	0,00	19,24	0,00	0,29	3,35	1,28	0,48	4,72	24,74

O Mapa 2, obtida em trabalho de MEV acoplado a EDS, em lâmina de micromorfologia feita de amostra indeformada de horizonte antrópico em área de várzea, revela a riqueza desse ambiente em minerais primários ricos em K (feldspatos), Na (plagioclásio), Al e Si (aluminossilicatos neoformados, principais elementos constituintes do plasma) e Si provenientes de grãos de quartzo. O esqueleto do solo tem nos restos de apatita biogênica seu principal componente e, em menor proporção, minerais primários de pequeno tamanho provenientes do próprio ambiente deposicional da várzea. Os abundantes fragmentos de apatita biogênica fazem parte de uma vértebra de peixe em processo de degradação, embora ainda mantenha sua constituição à base de Ca e P, tendendo a se desestabilizar e formar compostos preferencialmente formados por P ligado a Al e Fe, como verificado por Lima (2001).



Mapa 2 – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e mapas microquímicos de EDS do horizonte 2Au 100 – 160 cm do perfil P4. Detalhe de um fragmento ósseo em interface com plasma do solo.

Nas áreas de TPI de várzea, os testemunhos materiais de culturas pré-históricas que foram incorporados ao solo permanecem em estágio de menor degradação bem inferiores comparados às TPI das áreas de terra firme, especialmente aquelas mais arenosas. Entretanto, o nível de degradação deve ser melhor avaliado de acordo com o período de abandono, ainda pouco conhecido de cada sítio. Sem esses trabalhos de datação, algo complicado pela pedoturbação, não será possível obter conclusões certas a esse respeito, mesmo que em termos pedológicos se espere maior conservação dos remanescentes antrópicos nas áreas

de várzea, posteriormente nas terras firmes mais argilosas e por último nos solos de platô mais arenosos.



Figura 14 – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS (Quadro 7). Horizonte 2Au 100 – 160 cm do perfil P4. Fragmento de cerâmica em interface com o solo.

A Figura 14 ilustra a composição variada e poligenética característica dos horizontes antrópicos em várzea do rio Solimões. Os maiores componentes são de origem antrópica, destacando a apatita biogênica e fragmentos de cerâmica, ambos em sua maioria, em bom estado de conservação.

No fragmento de cerâmica (Figura 14 e Quadro 7) é possível identificar abundante estrutura vítrea proveniente das espículas de esponjas (Ponto 1). Os Pontos 2, 3 e 4 possuem teores de  $\text{SiO}_2$  semelhantes, com predomínio de aluminossilicatos nos Pontos 2 e 3, sendo estes os principais materiais empregados na fabricação de cerâmicas, embora os resultados do Quadro 7 indiquem grande variação elementar do material mineral contido na cerâmica. Os teores mais

elevados em  $\text{TiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nos Pontos 5, 6 e 11 indicam que a formação do plasma do solo (P4) procede *in situ* com a desestabilização de minerais primários e posterior neoformação de argilas silicatadas tipo 2:1, sendo essas predominante na fração coloidal dos solos de várzea do rio Solimões, como reportado por Schaefer et al. (2000) e Lima (2001).

Quadro 7 - Composição química do solo e fragmento de cerâmica no horizonte 2Au 100 – 160 cm do perfil P4, referente à Figura 14

Análises localizadas	Óxido (%)										
	MgO	Na <sub>2</sub> O	BaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>
<b>1</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,51
<b>2</b>	0,00	0,00	0,56	10,79	0,00	2,74	2,29	0,00	0,00	13,08	67,56
<b>3</b>	0,00	7,33	0,00	18,35	0,00	0,00	0,54	4,06	0,00	0,00	63,96
<b>4</b>	0,00	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	66,75
<b>5</b>	0,00	0,00	0,00	37,33	0,00	2,62	5,89	2,40	0,70	3,82	71,71
<b>6</b>	0,00	0,00	0,00	22,76	0,00	1,04	4,25	1,34	0,52	1,10	78,88
<b>7</b>	0,00	0,00	0,00	6,31	0,00	31,68	3,68	0,00	0,00	35,13	0,00
<b>8</b>	0,00	0,26	0,00	3,14	0,00	34,85	4,42	0,00	0,00	35,95	0,00
<b>9</b>	0,00	0,35	0,00	2,44	0,00	38,00	5,18	0,00	0,00	38,47	0,00
<b>10</b>	17,67	0,00	0,00	1,10	0,17	11,70	8,62	0,00	0,00	0,00	53,54
<b>11</b>	0,00	1,05	0,00	36,63	0,00	2,06	7,36	2,22	0,45	0,00	75,18

O contraste entre a área em que o fragmento de cerâmica encontra-se mais conservado em relação à sua borda e posteriormente ao plasma do solo (Figura 14) demonstra que o principal material utilizado para produção oleira, a argila, era proveniente de lugares de acumulação específica na várzea. Nesse sentido, a cerâmica é composta de material diferente do solo onde se procedeu a ocupação e se formou o horizonte antrópico, embora a riqueza química dos dois materiais sejam ambas elevadas, e pertencentes ao mesmo ambiente (argila das cerâmicas e solo de P4). Em decorrência do processo de pedogênese nas cerâmicas há a degradação dos argilominerais silicatados presentes nos fragmentos e uma neoformação de aluminossilicatos argilosos presentes no plasma do solo. Esse processo possibilita a liberação de variados elementos como Na, Mg, P, Ca e

especialmente K no solo, fato de extrema importância nos solos pobres de terra firme, naturalmente escassos nos nutrientes acima.

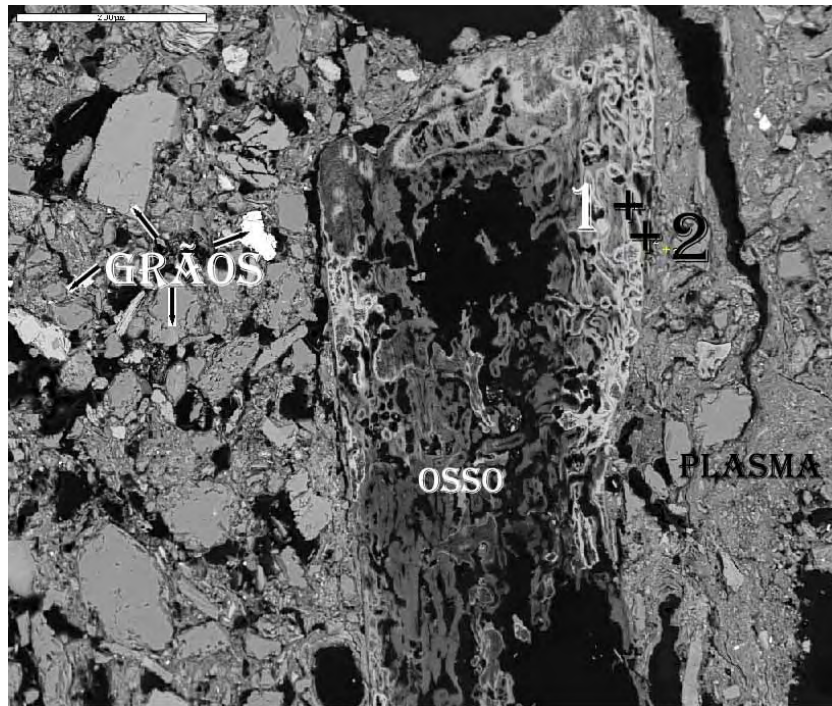


Figura 15 – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS (Quadro 8). Horizonte 2Aant 100 – 160 cm do perfil P4. Fragmento ósseo em interface com o solo.

Em horizontes antrópicos de várzea (P4 e P5) são encontrados abundantes restos de ossos de variado tamanho e estado de conservação. A Figura 16 apresenta um exemplo de fragmento ósseo em processo de degradação em interface ao plasma do solo. No ambiente de várzea a atividade do  $Al^{3+}$  é mais reduzida, havendo permanência de um pH naturalmente mais elevado e menor processo de pedobioturbação, se comparado às áreas de terra firme, acarretando um ambiente edáfico menos favorável à dissolução de apatita biogênica.

Quadro 8 - Composição química pontual de um fragmento ósseo no horizonte 2Aant 100 – 160 cm do perfil P4, referente à Figura 15

Análises localizadas	Óxido (%)									
	MgO	Na <sub>2</sub> O	BaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>
1	0,00	0,48	0,00	2,41	44,75	7,14	0,00	0,00	45,22	0,00
2	1,07	0,45	0,56	9,27	26,83	11,51	1,29	0,31	33,71	15,54

Os pontos 1 e 2 (Figura 15 e Quadro 8) apresentam níveis de degradação diferentes no fragmento ósseo. A parte mais interna do osso permanece pouco alterada (Ponto 1) com valores ainda elevados de Ca e P, principais elementos constituintes das apatitas biogênicas. O processo de degradação das apatitas se inicia nas bordas, onde há a dissolução e neoformação de formas de P ligadas a Al e Fe (Ponto 2), compondo estruturas mais estáveis às condições tropicais.

Em horizontes antrópicos de várzea (P4 e P5) pode-se observar fragmentos ósseos ainda em bom estado de preservação, com composição exclusivamente apatítica (P-Ca), ainda com faces arestadas (Figura 16), em meio a um solo rico em minerais primários, como plagioclásio sódico e feldspato potássico, além da presença de pequenos grãos de quartzo e concentrações de titânio. O esqueleto do solo apresenta constituintes minerais e orgânicos e plasma rico em argilas silicatadas (Figura 16).

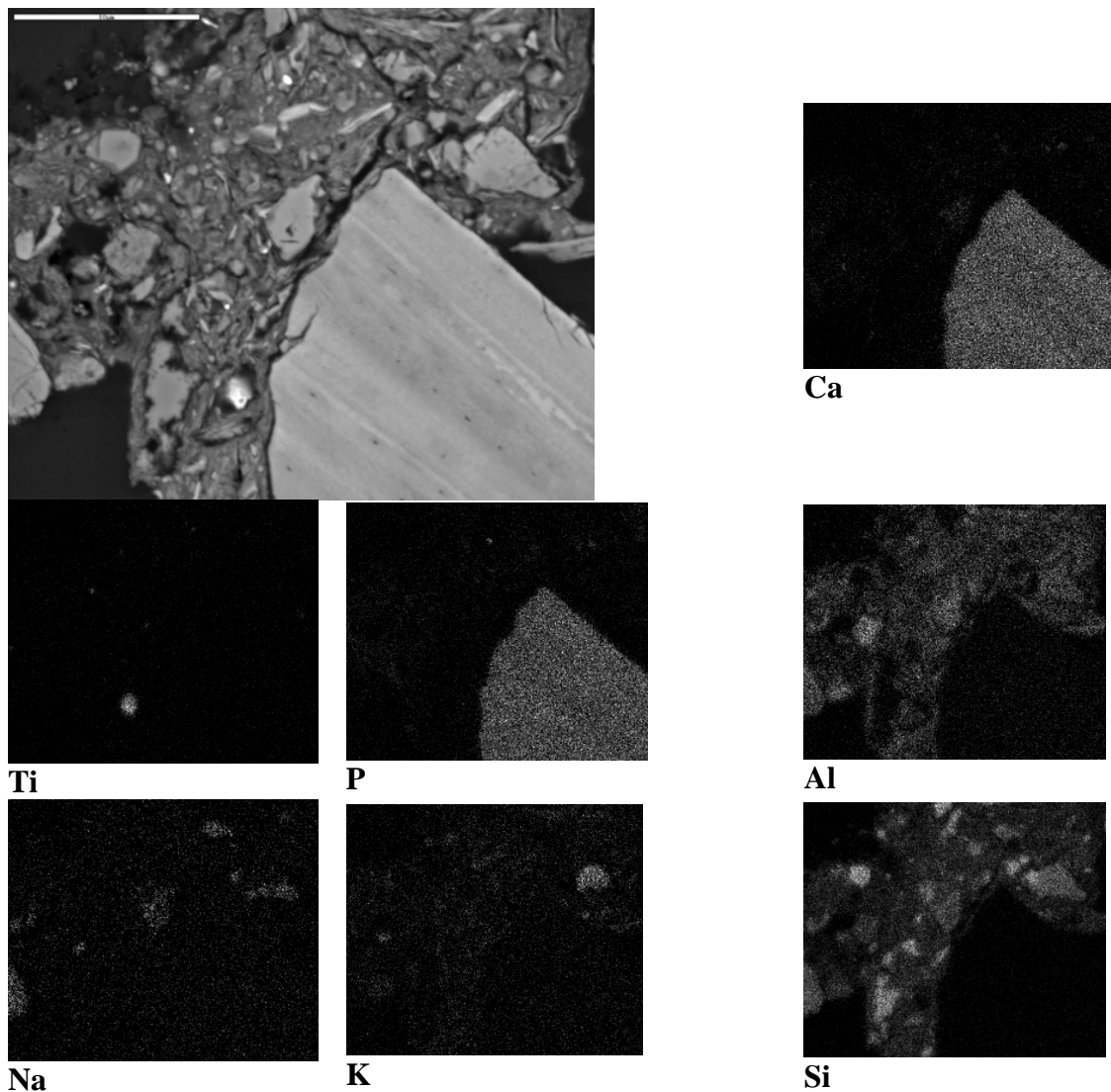


Figura 16 – Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e mapas microquímicos de EDS do horizonte 2Aant 100 – 160 cm do perfil P4. Detalhe de um fragmento ósseo em interface com plasma do solo.

### 3.5. Teor total de elementos

Os resultados provenientes do ataque triácido apresentam a totalidade da composição elementar dos solos antrópicos (TFSA), sendo de extrema importância no estudo das TPI. Esse tratamento possibilita anular inadequações de métodos de extração, principalmente do P. Outro aspecto relevante é a diminuição da interferência da mobilidade dos elementos ao longo do perfil, ao contrário dos processos de extração dos elementos trocáveis ou disponíveis, que são métodos

muito mais susceptíveis a esse tipo de interferência, impedindo por vezes, precisar a origem do elemento.

A várzea é o ambiente com solos mais ricos em reservas de nutrientes, em relação aos ambientes estudados (Quadro 9). É nítido que muitos dos elementos que enriqueceram os solos de terra firme (P1, P2, P3, P6, P7 e P8) são provenientes do transporte e acúmulo de materiais minerais (cerâmica principalmente) por parte de grupos pré-históricos que habitaram a região. Elementos como Na e K provêm de conteúdos minerais da várzea, que nos processos de degradação das cerâmicas, vem transferindo estes nutrientes aos solos de TPI das áreas de platô, naturalmente pobres nesses elementos. Em TPI de várzea (P4 e P5) não há alteração nos valores de K e Na em decorrência das atividades antrópicas, corroborando para a origem autóctone desses elementos, ou seja, o próprio material mineral da várzea.

Os valores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , compostos que tendem a se concentrar em solos intemperizados e bem drenados, apresentam os maiores valores nas TPI mais argilosas de terra firme (P1, P2 e P3). Os teores de Fe e Al não possuem relação significativa às atividades antrópicas (Quadro 9).

Quadro 9 – Teores totais de óxidos na TFSA, obtidos por ataque total

Horizonte e Profund. (cm)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO
	g kg <sup>-1</sup>								
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, méxico (P1)</b>									
A2u 10 - 35	78,9	33,2	1,7	75,0	1,4	0,4	0,7	5,3	0,4
Bw 70 – 80 <sup>+</sup>	100,9	29,8	1,6	87,9	1,0	0,4	0,2	2,1	0,0
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, méxico (P2)</b>									
A2u 10 – 40	75,0	29,9	1,5	76,5	1,7	0,3	0,7	6,9	0,5
Bt 70 – 90 <sup>+</sup>	95,4	31,5	0,9	90,1	1,0	0,2	0,2	2,8	0,1
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico, dístrico, méxico (P3)</b>									
A1 10 – 40	69,3	28,8	2,9	152,8	1,1	0,6	0,4	8,1	0,4
A/Bic 40 – 60	70,8	28,7	1,8	188,9	0,9	0,4	0,8	11,4	0,4
Bic 60 – 80 <sup>+</sup>	80,9	29,7	1,9	198,4	0,7	0,4	0,5	11,9	0,4
<b>Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, méxico (P4)</b>									
Ap 0 - 10	46,0	11,0	4,1	44,6	16,6	1,1	11,5	2,0	0,5
C11 0 – 40	36,8	11,6	3,7	53,0	17,5	0,9	10,7	0,9	0,5
C2 40 – 100	50,4	10,9	3,2	54,7	16,3	0,9	9,3	2,1	0,6
2Au 100 – 160	40,3	9,5	6,0	46,9	14,9	1,4	11,0	14,9	0,9
2C 160 – 220 <sup>+</sup>	44,7	11,2	2,7	54,1	16,7	0,9	10,9	3,8	0,6
<b>Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, méxico (P5)</b>									
2Au 110 – 140	44,0	9,9	4,6	50,0	14,4	1,1	10,1	14,3	1,0
3C 140 – 150	40,7	10,4	3,6	51,9	15,3	0,9	11,0	6,2	0,6
4Au 150 - 190	17,0	8,5	6,6	44,4	14,0	1,4	8,1	42,3	1,2
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, escálpico, arenoso (P6)</b>									
Apu <sub>1+2+3</sub> 0 – 60	23,3	17,1	2,4	44,5	0,3	0,6	0,9	2,1	0,2
2Au 60 – 75	15,6	10,3	1,7	41,0	0,6	0,4	0,5	1,8	0,1
2C1 20 – 160 <sup>+</sup>	20,4	12,4	2,0	39,2	0,6	0,5	0,4	1,6	0,1
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, textura média, méxico (P7)</b>									
Apu 0 – 40	60,1	13,4	1,0	35,9	0,6	0,2	0,3	1,0	0,1
Bw 160 – 100	58,3	13,0	1,4	36,9	0,3	0,4	0,7	1,2	0,1
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, crômico, arenoso (P8)</b>									
Apu 0 – 80	26,3	16,0	1,9	29,5	0,3	0,4	0,5	1,8	0,2
CA 160 – 180	36,0	20,0	2,4	34,2	0,3	0,5	0,4	1,2	0,2

O TiO<sub>2</sub>, elemento residual do processo de intemperismo, tende a se concentrar em decorrência de fatores naturais, como material de origem (não antrópico) e intensidade da taxa de pedogênese, não estando, portanto associado às atividades antrópicas. Sua concentração ocorre em maior proporção nos solos mais argilosos, especialmente os localizados nos platôs próximos ao rio Solimões (Quadro 9).

Os teores de CaO, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e MnO estão relacionados diretamente às atividades antrópicas, proveniente do acúmulo de materiais orgânicos nos sítios de TPI. Mesmo sendo naturalmente ricos os solos de várzea (P4 e P5) nesses

elementos, o acréscimo deles em decorrência da ação humana, aumentou sensivelmente os teores desses elementos, especialmente o P, sendo nítidos os acréscimos nos horizontes antrópicos (Quadro 9), identificados pela morfologia.

Os elementos presentes em menores proporções nos solos são apresentados no Quadro 10, sendo de grande utilidade na interpretação dos Arqueo-antrossolos, em decorrência da associação de alguns deles às atividades antrópicas. Os solos de várzea (Quadro 10) apresentaram naturalmente, alguns elementos específicos como o Ba e Sr, não sendo esses encontrados nos solos de TPI nos platôs.

Os elementos Cu e Zn são reconhecidamente bons indicadores da influência de prolongadas atividade antrópica pré-histórica em solos (Woods, 2003). Entretanto o comportamento desses dois elementos ocorre de maneira diferente no solo. O Cu é mais móvel que o Zn e, conseqüentemente, seus valores influenciados pela atividade humana extrapolam os horizontes antrópicos (Quando 10). O Zn, menos móvel, apresenta seus valores mais expressivos apenas nos horizontes antrópicos, distinguindo-os nitidamente dos demais, embora nas TPI próximas ao rio Negro (P6, P7 e P8), os valores de Zn e Cu não possibilitaram leitura, corroborando com os demais resultados que indicam a menor riqueza química dessas TPI. Nos solos em várzea (P4 e P5) há naturalmente teores significativos de Cu e Zn, entretanto, nos horizontes antrópicos, esses valores se elevam sensivelmente (Quadro 10).

Quadro 10 – Teores totais de elementos na TFSA

Horizonte e Profund. (cm)	Ba	Pb	Cd	Mo	Cu	V	Zn	Sr
	mg kg <sup>-1</sup>							
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, méxico (P1)</b>								
A2 10 - 35	0,0	0,0	0,0	7,0	22,0	126,8	55,7	0,0
Bw 70 – 80 <sup>+</sup>	0,0	0,0	0,0	3,4	17,8	158,2	0,0	0,0
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, méxico (P2)</b>								
A2ant 10 – 40	0,0	0,0	0,0	3,8	62,1	115,8	112,5	0,0
Bt 70 – 90 <sup>+</sup>	0,0	0,0	0,0	1,6	30,3	151,0	0,0	0,0
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico, dístrico, méxico (P3)</b>								
A1 10 – 40	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	141,9	44,1	0,0
A/Bic 40 – 60	0,0	0,0	0,0	0,0	52,6	179,1	42,7	0,0
Bic 60 – 80 <sup>+</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	51,0	195,9	17,1	0,0
<b>Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, méxico (P4)</b>								
Ap 0 - 10	43,2	0,0	0,0	1,1	0,0	76,3	35,2	46,9
C11 0 – 40	77,8	0,0	0,0	1,1	5,7	87,5	59,8	22,1
C2 40 – 100	80,4	0,0	0,0	0,0	3,0	86,6	80,5	15,0
2Aant 100 – 160	99,6	0,0	0,0	3,0	21,0	66,8	148,5	66,3
2C 160 – 220 <sup>+</sup>	86,8	0,0	0,0	1,4	9,4	90,3	72,4	20,4
<b>Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, méxico (P5)</b>								
2Aant 110 – 140	93,7	0,0	0,0	0,0	26,5	76,9	182,8	55,0
3C 140 – 150	66,4	0,0	0,0	1,3	5,0	78,2	91,2	25,0
4Aant 150 - 190	34,0	0,0	0,0	0,2	32,8	67,5	284,3	140,6
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, escálpico, arenoso (P6)</b>								
Apant <sub>1+2+3</sub> 0 – 60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,6	0,0	0,0
2A ant 60 – 75	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	25,6	0,0	0,0
2C1 20 – 160 <sup>+</sup>	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	32,2	0,0	0,0
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, textura média, méxico (P7)</b>								
Ap ant 0 – 40	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	25,6	0,0	0,0
Bw 160 – 100	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	34,9	0,0	0,0
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, crômico, arenoso (P8)</b>								
Apant 0 – 80	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	24,1	0,0	0,0
CA 160 – 180	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	36,2	0,0	0,4

## 2.6. Fracionamento de substâncias húmicas e carbono orgânico total

Os maiores conteúdos em COT estão relacionados aos horizontes antrópicos (Quadro 11). O padrão de assentamento dos povos pré-históricos que geraram as TPI acumulava grande quantidade de material orgânico, embora em sua maioria, os conteúdos orgânicos tenham sofrido mineralização, liberando expressivas

quantidades de nutrientes ao solo. Parte dos materiais orgânicos são naturalmente mais recalcitrantes permanecendo por longos períodos no solo. Entretanto o grande diferencial nas TPI foi prática constante de queima, muito comum nas sociedades indígenas, que possibilitou a geração de elevada quantidade de elementos orgânicos carbonizados a semi-carbonizados, de grande estabilidade no solo. Atualmente, o conteúdo orgânico das TPI é formado em maior parte por frações mais estáveis como humina e ácidos húmicos (Quadro 11).

Apenas no tratamento mais drástico de quantificação do C-orgânico total é que foi possível quantificar um percentual maior de carbono, em decorrência de seu elevado grau de estabilidade. Tal fato vem a confirmar a expressiva participação de material orgânico muito recalcitrante, como carvão vegetal.

Nos horizontes antrópicos dos solos de várzea (P4 e P5), o aumento brusco na quantidade de COT (Quadro 11) é verificada, evidenciando o fator humano na acumulação de resíduos orgânicos ao solo.

Quadro 11 - Fracionamento das substâncias húmicas e teor de carbono orgânico total do solo

Horizonte e Profundidade (cm)	COT <sup>(1)</sup>	MO <sup>(2)</sup>	FAF <sup>(3)</sup>	FAH <sup>(4)</sup>	FH <sup>(5)</sup>
	dag kg <sup>-1</sup>				
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, mésico (P1)</b>					
A2 10 - 35	2,68	4,60	0,03	0,14	1,59
Bw 70 – 80 <sup>+</sup>	1,10	1,89	0,00	0,00	0,96
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico cinzento, argiloso, eutrófico, mésico (P2)</b>					
A2ant 10 – 40	4,20	7,23	0,03	0,26	1,77
Bt 70 – 90 <sup>+</sup>	1,69	2,90	0,00	0,02	0,40
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico, dístrico, mésico (P3)</b>					
A1 10 – 40	5,69	9,79	0,05	0,66	1,73
A/Bc 40 – 60	3,07	5,28	0,06	0,46	0,65
Bic 60 – 80 <sup>+</sup>	2,42	4,17	0,06	0,20	0,49
<b>Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, mésico (P4)</b>					
Ap 0 - 10	1,99	3,43	0,04	0,02	1,30
C11 0 – 40	0,98	1,69	0,02	0,00	0,73
C2 40 – 100	0,70	1,20	0,02	0,01	0,40
2Aant 100 – 160	1,52	2,62	0,00	0,09	0,75
2C 160 – 220 <sup>+</sup>	0,59	1,01	0,01	0,00	0,59
<b>Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico flúvico, franco, eutrófico, mésico (P5)</b>					
2Aant 110 – 140	1,56	2,68	0,02	0,15	0,58
3C 140 – 150	0,84	1,44	0,05	0,01	0,21
4Aant 150 - 190	2,12	3,65	0,02	0,14	1,14
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, escálpico, arenoso (P6)</b>					
2A ant 60 – 75	0,95	1,63	0,00	0,05	0,06
2C1 20 – 160 <sup>+</sup>	0,65	1,11	0,00	0,05	0,00
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, textura média, mésico (P7)</b>					
Ap ant 0 – 40	1,37	2,36	0,00	0,07	0,39
Bw 160 – 100	0,78	1,34	0,00	0,02	0,12
<b>Arqueo-antrossolo Hórtico dístrico, crômico, arenoso (P8)</b>					
Apant 0 – 80	1,72	2,97	0,04	0,08	0,74
CA 160 – 180	0,44	0,76	0,03	0,00	0,00

<sup>(1)</sup> Carbono orgânico total; <sup>(2)</sup> Matéria orgânica; <sup>(3)</sup> Fração ácido flúvico; <sup>(4)</sup> Fração ácido húmico; <sup>(5)</sup> Fração humina

## 4. CONCLUSÕES

As TPI representam um testemunho não intencional dos povos pré-históricos, evidenciado pela existência de TPI fósseis em solos de várzea (solos naturalmente férteis, não havendo necessidade de acréscimos de nutrientes) e TPI formadas em Plintossolos Pétricos, solos de aproveitamento agrícola mais difícil com certo impedimento físico, indicando que a formação do horizonte antrópico não possuía fins agrícolas.

Há diferenças entre as TPI do rio Solimões (platô e várzea) e rio Negro. As últimas possuem menor concentração de P total, Zn, Cu, Mn e K total, ainda que os teores disponíveis sejam comparáveis. Ambientes mais pobres e menores aportes explicam as diferenças. Certas características químicas das TPI refletem bem as características do meio onde estão inseridas, ou seja, tendem a ser mais ricas nos ambientes de maior capacidade de suporte populacional (margens do rio Solimões) e mais pobre nas áreas de menor capacidade de suporte populacional (margens do rio Negro).

Elementos como Ca, Mn, C-orgânico e especialmente P e Zn, são bons indicadores de horizontes antrópicos.

Nas TPI de várzea, muitos elementos de horizontes não antrópicos se sobrepõem aos antrópicos, ao contrário do que foi verificado nas TPI de terra firme, mesmo sem processo significativo de pedobioturbação e eluviação nas áreas de várzea, evidenciando a associação de materiais aportados da várzea na formação das TPI em área de terra firme.

O processo de pedobioturbação aliado à mobilidade de MO (eluviação) no perfil, causa redistribuição vertical de elementos, mesmo os considerados menos móveis como o P, contribuindo para o enriquecimento do solo em subsuperfície.

A principal fonte de P nas TPI é de origem biogênica (apatita), que posteriormente se associa progressivamente em minerais de Fe e Al.

A manutenção de elevados valores de nutrientes por longos períodos no solo de TPI, contrariando os padrões de fertilidade regionais esperados, deve-se à existência de reservas em diferentes compartimentos ainda não totalmente degradados: Ca e P presentes nas apatitas biogênicas, ainda encontradas no solo; K e Na presentes nos abundantes fragmentos de cerâmicas; Cu, Mn e Zn com boa

estabilidade em associação a colóides orgânicos, abundantes em horizontes antrópicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMENOMORI, S. N. **Potencial analítico de Sedimento e Solo aplicado à arqueologia**. Dissertação de mestrado (mestrado em arqueologia). Universidade de São Paulo, 1999.

ANDRADE, A. Investigacion arqueologica de los Antrosoles de Araracuara. **Fundacion de Investigaciones Arqueológicas Nacionales**. Bogotá, v.31, p.19-64, 1986.

BARBOSA, D.B. & DUDA, J. Sistematização e Cartografia dos Testemunhos Pré-Históricos dos Pescadores, Coletores e Caçadores do Estado de Santa Catarina: um estudo de caso. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, sér. ciências da terra**, Belém. 8:80-8, 1996.

BARBOSA, M. Reconstituição espacial de um assentamento de pescadores-coletores-caçadores: pré-história do Rio do Janeiro. In: TENÓRIO, M. C. (org.). **Pré-história da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1999.

BIGARELLA, J. J. Os sambaquis na evolução da paisagem litorânea sul-brasileira. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. Curitiba, n.9, 1954. p. 199-221.

BIGARELLA, J. J. ; BECKER, R. D. & SANTOS, G. F. dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianopolis : Ed. UFSC, 1994.

BULLOCK, P., FEDEROFF, N, JONGERIUS, A. **Handbook for soil thin section description**. Wolverthampton: Waine Research publications, 1985.

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

CORRÊA, G. F. Sistemas de produção de mandioca na região de Tefé (AM) e a questão da sustentabilidade. In: Tefé - AM: o município, a(s) cidade(s), a comunidade e suas realidades. **Relatório Técnico: Diagnóstico e Proposições**. Uberlândia, MG. Projeto Rondon - UFU/PROEX/DIREC/DIVCO, 2005. p.72-87.

COSTA, M.L.; KERN D.C.; BEHLING, H. & BORGES, M.S. Geologia. In: LISBOA, P.L.B. (org.). **Caxiuanã, Populações Tradicionais, Meio Físico & Diversidade Biológica**. Belém, Pará. 2002. 734p.il.

GEROS, R.Z. Le & Geros, J.P. Le. Phosphate minerals in human tissues. In: J.O. Nriagu and P.B. Moore, Editors, **Phospahte minerals**, Springer-Verlag, Berlin, 1984. p. 351–385.

DUARTE, P. O sambaqui visto através de alguns sambaquis. **Pré-história Brasileira**. São Paulo: IPH-USP, 1968. p. 45-142.

EDEN, M. J.; BRAY, W.; HERRERA, L., & MCEWAN, C. Terra Preta soils and their archaeological context in the Caqueta Basins of southeast Colombia. **American Antiquity**, v.49, 125-140, 1984.

REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 2., 1983, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro : EMBRAPA-SNLCS, 1983. 138p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 5).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**: 6ª aproximação. Brasília: EMBRAPA: Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FIGUTI, L. Economia/alimentação na pré-história do litoral de São Paulo. In: TENÓRIO, M. C. (org.). **Pré-História da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1999.

FITZPATRICK, E. A. **Soil microscopy and micromorphology**. New York, John Wiley & Sons. 1993. 304p.

GASPAR, M. D. Os ocupantes Pré-Históricos do Litoral Brasileiro. In: TENÓRIO, M. C. (org.). **Pré-História da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1999.

GASPAR, M. D. & IMAZIO, M. Os pescadores-coletores-caçadores do litoral norte brasileiro. In: TENÓRIO, M. C. (org.). **Pré-história da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1999.

GLASER, B.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. & RUIVO, M. L. Soil organic matter stability in Amazonian Dark earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. **Amazonia Dark earths**: Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003a. p. 141-158.

HOLLIDAY, V. T. **Soils in Archaeology: landscape evolution and human occupation**. Washington D.C., Smithsonian Institution Press, 1992.

IBRAIMO, M.M.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LANI, J.L.; ROLIM-NETO, F.C.; ALBUQUERQUE, M.A. & MIRANDA, V.J. Gênese e Micromorfologia de solos sob vegetação xeromórfica (caatinga) na Região dos Lagos (RJ). **R. Bras. de Ci. do Solo**, 28:695-712, 2004.

KÄMPF, N.; WOODS, W.I.; SOMBROEK, W.; KERN, D. C. & CUNHA, T.J.F. Classification of Amazonian Dark Earths and other ancient antropic soils. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. **Amazonia Dark earths**. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 77-102.

KÄMPF, N. & KERN, D. C. O Solo como Registro da Ocupação Humana Pré-Histórica na Amazônia. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J. eds. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 4. 2005. p.277-320.

KERN, D. C. **Caracterização Pedológica de Solos com Terra Preta Arqueológica na Região de Oriximiná, Pará**. (Unpublished Master Thesis). Porto Alegre: UFRGS, 1988.

KERN, D. C. & KÄMPF N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará. **R. Bras. Ci. Solo**, v.13, p.219-225, 1989.

KERN, D.C. & COSTA, M.L. Composição química de solos antropogênicos desenvolvidos em Latossolo Amarelo derivado de lateritos. **Geociências**, v.16 n.1, 1997. p.141-156.

KERN, D., D'Aquino, G., Rodrigues, T.E., Frazdo, F.J.L., Sombroek, W., Myers, T.P. & Neves, E.G. The distribution of Amazonian dark earths in the Brazilian Amazon. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. **Amazonian dark earths: origins, properties, and management**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 51–71.

KNEIP, L. M. Pré-história de Saquarema, RJ. In: TENÓRIO, M. C. (org). **Pré-História da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1999.

KRÖNE, R. "Informações etnográficas do Vale do Rio da Ribeira de Iguape". **Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo**, 1914. 33 p. il.

KUO, S. Phosphorus. In: SPARKS, D. L. et al. (ed.). *Methods of soil analysis. Part 3, Chemical methods*. **Soil Science Society of American**, 1996. p.869-919.

LATHRAP, D. W. **O Alto Amazonas**. Lisboa: Editorial Verbo, 1975.

LEHMANN, J. S. Jr.; STEINER, C. P.; NEHLS, T.; ZECH, W. & GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, v.249, 2003. p.343 – 357.

LEMOS, R. C. & SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002.

LEONARDOS, O. H. **Concheiros Naturais e Sambaquis**. Departamento Nacional da Produção Mineral; Serviço de Fomento da Produção Mineral. Avulso nº 37, 1938.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 176p. (Tese de Doutorado)

LIMA, H. N., SCHAEFER, C. E. G. R., MELLO, J. W. V., GILKES, R. J., KER, J. C. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthrosol" ("Indian black earth") of Western Amazonia. **Geoderma**, v.100, p.1 – 17, 2002.

LIMA, T. A. Em busca dos frutos do mar: os pescadores-coletores do litoral centro-sul do Brasil. In: NEVES, W. A. (org). **Revista USP**, v.44. São Paulo: USP, 1999-2000.

MATTOS, A. **O homem das cavernas de Minas Gerais**. BH, Itatiaia, 1961.

MELO, V. F. **Potássio e magnésio em minerais de solo e relação entre propriedades da caulinita com formas não trocáveis destes nutrientes**. 1998. 205f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

MORAN, E. F. O estudo da adaptação humana em ecossistemas amazônicos. In: NEVES, W., ed. **Origem, adaptações e diversidade biológica do homem nativo da Amazônia**. 1991. (Coleção Emília Sneathlage, Museu Paraense Emílio Goeldi)

MUNSELL. **Soil color charts**. Baltimore: Munsell Color Company, 1994. 28p.

MYERS, T. P.; DENEVAN, W. M.; WINKLERPRINS, A. & PORRO, A. Historical perspectives on Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. **Amazonia Dark earths**. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 15-24.

NEVES, E. G. Duas interpretações para explicar a ocupação pré-histórica na Amazônia. In: TENÓRIO, M. C. (org.). **Pré-História da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1999.

NEVES, E. G.; PETERSEN, J. B.; BARTONE, R.N. & SILVA, C.A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. **Amazonia Dark earths**. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 29-50.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NORRISH, K.; TAYLOR, M. The isomorphous replacement of iron by aluminum in soil goethites. **J. Soil Sci.**, v.12, p.294-306, 1961.

NOVAIS, R. F. & SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, DPS, 1999.

PABST, E. Critérios de distinção entre Terra Preta e Latossolo na região de Belterra e os seus significados para a discussão pedogenética. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série antropologia, v.7, n.1, p.5-19, 1991.

PARFITT, R.L. Parfitt, Anion adsorption by soils and soil materials, **Advances in Agronomy** 30, 1978. p. 1–50.

PENNA, D. S. F. Apontamentos sobre os Cerâmios do Pará. **Arquivos do Museu Nacional**, v.2, p.47-76, 1877.

PENNA, D. S. F. Breve Notícia Sobre os Sambaquis do Pará. In: Conselho Estadual de Cultura Belém-Pará. **Obras completas de Domingos Soares Ferreira Penna**. Belém, PA: [s.n.], 1973

PESSIS, A-M. Pré-história da região do Parque nacional da Serra da Capivara. In: TENÓRIO, M. C. (org.). **Pré-história da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1999.

PROUS, A. **Arqueologia Brasileira**. Brasília: Editora da UnB, 1992.

PROUS, A. Arqueologia, pré-história e história. In: TENÓRIO, M. C. (org.). **Pré-história da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1999a.

PROUS, A. As primeiras populações do estado de Minas Gerais. In: TENÓRIO, M. C. (org.). **Pré-história da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1999b.

PROUS, A. **O Brasil antes dos brasileiros: pré-história do nosso país**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006.

RADAMBRASIL. **FOLHA SA20 MANAUS. Vol. 18**. Rio de Janeiro. Ministério das Minas e Energia – Departamento Nacional de Produção Mineral. Levantamento de Recursos Naturais, 1978.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos Naturais. V. 32**. Rio de Janeiro: MME/SG. Folhas Sf 23/24. Rio de Janeiro/Vitória. 1983. 775 p.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa/NEPUT, 2002. 338p.

ROOSEVELT, A. C. Determinismo ecológico na interpretação do desenvolvimento social indígena da Amazônia. In: NEVES, W., ed. **Origem, adaptações e diversidade biológica do homem nativo da Amazônia**. 1991. p.103-159. (Coleção Emílie Snethlage, Museu Paraense Emílio Goeldi)

ROOSEVELT, A. C. Moundbuilders of the Amazon: Geophysical archaeology on Marajo Island, Brazil. San Diego, **Academic Press**, 1991.

ROOSEVELT, A. C. O povoamento das Américas: o panorama brasileiro. In: TENÓRIO, M. C. (org.). **Pré-história da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1999.

RUIZ, H.A. Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 30., 2005, Recife - PE. CD-ROM. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005a.

RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **R. Bras. Ci. Solo**, v.29, p.297-300, 2005b.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa: SBCS, 2005. 92p.

SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, H. N.; VALE Jr. & MELLO, J.W.V. Uso dos solos e alterações na paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série Ciências da Terra, v.12, p.63-104, 2000.

SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, H.N.; GILKES, R. J. & MELLO, J.W.V. Micromorfology and electron microprobe analysis of phosphorus and potassium forms of an Indian Black Earth (IBE) Anthrosol from Western Amazonia. **Australian Journal of Soil Research**, v.42, p.401 – 409, 2004.

SCHEEL-YBERT, R. Os vegetais na vida dos sambaquieiros. **Ciência Hoje**, v. 28, n. 165, p. 26-31, 2000.

SCHMITZ, P. I. A questão do paleoíndio. In: TENÓRIO, M. C. (org.). **Pré-história da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1999.

SILVEIRA, I. M. da; KERN, D.C. & QUARESMA, H. D. Populações Tradicionais. In: LISBOA, P.L.B. (org.). **Caxiuanã, Populações Tradicionais, Meio Físico & Diversidade Biológica**. Belém, Pará, 2002. 734p.il.

Simas, F.N.B. Schaefer, C.E.G.R. Melo, V.F. Albuquerque-Filho, M.R. de. Michel, R.F. Pereira, V.V. e Gomes, M.R.M. Ornithogenic Cryosols from Maritime Antarctica: phosphatization as a soil forming process, **Geoderma 138** (2007), pp. 191–203

SMITH, N. J. H. Anthrosols and human carrying capacity in Amazonia. **Annals Association of American Geographers**, v.70, 553-566,1980.

SMITH, N. J. H. **The Amazon River forest: a natural history of plants, animals, and people**. Oxford University Press, New York, 1999.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys of Soil Taxonomy**, eighth ed. USDA, 1998.

SOUZA, A. A. C. M. de . Povoamento Pré-Histórico do Litoral do Rio de Janeiro: Repensando um Modelo. In: Maria Beltrão (org.). **Arqueologia do Estado do Rio de Janeiro**. Niterói: Arquivo Público do Estado do Estado do Rio de Janeiro, 1995. 136p. il.

SWIFT, R. S. Organic Matter characterization. In: SPARKS, D. L. et al. (eds.). **Methods of Soils Analysis. Part 3, Chemical Methods**. Madison, **Soil Science Society of American**, 1996. p.1011-1069.

TENÓRIO, M. C. A contribuição da Arqueologia na compreensão do desenvolvimento do mangue. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série Ciências da Terra, Belém, v. 8, p. 123-136, 1996.

TENÓRIO, M. C. Os fabricantes de machados na Ilha Grande. In: TENÓRIO, M. C. (org). **Pré-História da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1999.

TENÓRIO, M. C. Identidade cultural e origem dos sambaquis. In: **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, v.14, São Paulo: USP, 2004.

TENÓRIO, M. C.; AFONSO, M. C.; SAVI, D. C.; PINTO, D. C.; GONZALEZ, M.; NAMI, S; ÂNGULO, R. & REIMER, P. J. O sítio ou os sítios de Ilha do Cabo Frio: primeiros resultados. **Anais do XIII Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira**. Campo Grande. Ed Oeste: Cdrom. 2005.

USDA. **Soil Survey Laboratory Methods Manual**. Lincoln, Nebraska: National Soil Survey Center, 1996.

WALTER, H.V. **Arqueologia da região de Lagoa Santa (Minas Gerais)**. Rio de Janeiro: Sedegra, 1958.

WOODS, W. I. The Quantitative Analysis of Soil Phosphate. **American Antiquity**, v.42, 248-252, 1977.

WOODS, W. I. Comments on the Black Earths of Amazonia. In: Schoolmaster, F.A. (Ed.) **Papers and Proceedings of the Applied Geography Conferences**. Applied Geography Conferences, Inc., Denton, Texas. v.18, 1995. p.159-165.

WOODS, W. I. & McCANN, J. M. The Anthropogenic Origin and Persistence of Amazonian Dark Earths. **Yearbook Conference of Latin Americanist Geographers**, v.25, 1999. p.7-14.

WOODS, W. I. Development of anthrosol research. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. **Amazonia Dark earths**. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M.. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Commun. Soil. Sci. Plant Anal.**, v.19, p.1467-1476, 1988.