

## Caracterização Química e Mineral de Feições de Solos tipo TPA da Região do Salobo (Província Mineral de Carajás, Pará)<sup>(1)</sup>

**Iara Nobre Carmona<sup>(2)</sup>; Bruno Apolo Miranda Figueira<sup>(3)</sup>; Jucilene da Costa<sup>(4)</sup>; Marcondes Lima da Costa<sup>(5)</sup>; Maura Imazio Silveira<sup>(6)</sup>; Dirse Clara Kern<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

<sup>(2)</sup> Estudante; Universidade Federal do Oeste do Pará; Santarém-Pará; iaranobrecarmona@gmail.com; <sup>(3)</sup> Professor, Universidade Federal do Oeste do Pará; <sup>(4)</sup> Professora, Universidade Federal do Amapá; <sup>(5)</sup> Professor, Universidade Federal do Pará; <sup>(6)</sup> Pesquisadora, Museu Paraense Emílio Goeldi.

**RESUMO:** O presente trabalho descreve a química e mineralogia de solos tipo Terra Preta Arqueológica (TPA) ou Terra Preta de Índio (TPI) provenientes dos sítios Bitoca I e II, localizados na Região do Salobo (Província Mineral de Carajás, Pará). Os resultados revelaram características química e mineralógica similares a outras TPAs encontradas ao longo da Região Amazônica, tais como, teores relativamente elevados de Ca (média de 3600 ppm), P (média de 850 ppm), Mn (média de 730 ppm), Zn (média de 55 ppm) e Cu (média de 63 ppm). Nos solos relacionados às feições de ocupação por cabanas e fogueiras, a composição mineralógica está representada por quartzo, caulinita, calcita, muscovita, anatásio, hematita, goethita e gibbsita. Fases amorfas também foram identificadas principalmente como fosfatos de cálcio e matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos). As análises das feições/estruturas aqui descritas ajudaram na identificação/comprovação de áreas destinadas a diferentes atividades dentro do sítio.

**Termos de indexação:** Terra Preta, estruturas arqueológicas, Salobo.

### INTRODUÇÃO

Trabalhos referentes à Arqueologia remontam ao século XIX e mostram que a ocupação da Região Amazônica iniciou ainda no Pleistoceno Superior ou Tardio. Dentre os diversos registros das atividades dos povos, uma das principais é a presença de material cerâmico e solos antrópicos, conhecidos como terra preta arqueológica (TPA) ou terra preta de índio (TPI).

Estes solos transformados pelo homem são fundamentais para os estudos de padrão de assentamentos, pois assinalam as áreas funcionais de antigas aldeias, ao apresentarem propriedades muito distintas no seu horizonte de ocupação (Kern, 1996; Lima *et al.*, 2002; Costa *et al.*, 2009), os quais são caracterizadas pela coloração escura e teores relativamente elevados de Ca, Mg, P, Mn, Zn, Cu e C<sub>orgânico</sub>, combinados a outros materiais arqueológicos, tais como fragmentos cerâmicos e artefatos líticos.

As TPAs apresentam alta fertilidade, contrapondo-se à maioria dos solos amazônicos não perturbados pela ação humana pré-histórica, considerados ácidos e pobres em nutrientes (Kern & Kämpf, 1989; Lima *et al.*, 2002). Dessa forma, apesar de o tema despertar interesse de pesquisadores ao longo da história, a ocupação pretérita da Amazônia ainda apresenta regiões que permanecem desconhecidas ou pouco estudadas química e mineralogicamente, como por exemplo, os solos de terra preta provenientes das regiões do Oeste, Sul e Sudeste do Pará.

Dentro deste contexto, o presente trabalho visa identificar características química e mineralógicas que auxiliem na delimitação de feições arqueológicas de solos TPA dos sítios Bitoca I e II da região Amazônica. Estas feições, também denominadas estruturas, são evidências provenientes da presença humana, tais como buracos de esteio/estaca, fogueira, fogão, piso, parede, sepultamento, entre outras. Segundo Joukowsky (1980), feições/estruturas são artefatos, geralmente construídos, que não podem ser removidos sem causar alterações no solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

Os sítios arqueológicos Bitoca I e II estão localizados no município de Marabá, sudeste do estado do Pará, cerca de 600 km da capital Belém. Estes sítios ocupam a margem esquerda do Igarapé Salobo, na baixa vertente, em um terraço com partes planas (formando patamares) e inclinação suave em direção ao Igarapé. São sítios de grandes dimensões (300m x 300m), a céu aberto do tipo habitação, cerâmico, com presença de manchas de TPA e solo marrom escuro. Essas manchas estão relacionadas, possivelmente, a áreas de habitação (cabanas e arredores), uma vez que apresentam evidências como marcas de buracos de esteios e estacas; fogueiras; cerâmicas simples e decoradas de formas diversas; material lítico variado, adornos, restos de alimentação, entre outros (Silveira *et al.* 2008; Silveira *et al.*, 2009).



As amostras foram coletadas em trabalhos de campo do Salvamento arqueológico na área do Projeto Salobo, coordenados pela Dra. Maura Silveira e Dra. Dirse Kern. Após a coleta, as amostras foram higienizadas, codificadas (Tabela 1) e armazenadas em sacos plásticos para posterior caracterização. Após secagem, as mesmas foram peneiradas e pulverizadas para análise química total em laboratório comercial (Geosol-LTDA, Universidade Federal de Viçosa-MG). A caracterização mineralógica foi feita por difração de raios-X utilizando um difratômetro XPERT PRO MPD da Panalytical, com tubo de raios-X de cobre ( $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ ). Para os estudos em espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), foi utilizado um espectrômetro da Bruker, FTIR Equinox 55, modelo IFS66.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos do sítio Bitoca I (Figura 1) apresentam composição mineralógica similar aos do sítio Bitoca II, com destaque para quartzo e caulinita. As fases calcita, muscovita, anatásio, hematita, goethita e gibbsita foram observadas em menor quantidade. Calcita, está presente apenas na amostra E3SO-1A4. A presença desta fase normalmente está relacionada a depósitos de conchas (Klokler *et al.*, 2010), também conhecido como sambaquis e pode ser associada à dieta (consumo de moluscos), ou mesmo a rituais funerários, resultado que corrobora com a hipótese levantada durante as escavações, de que se tratava de uma feição/estrutura de enterramento. A presença de goethita e hematita nas amostras E2S13SO-5 e E7T1SE-7 é um indicativo de intensa atividade da matéria orgânica na redução e decomposição destes óxidos de ferro, que estão presentes em latosolo amarelo, tipo de solo precursor às TPAs (Kern, 1996; Costa, 2011).

Os espectros de FTIR (Figura 2) na região de  $4000\text{-}2000 \text{ cm}^{-1}$  indicam que todas as amostras de solos investigadas exibem bandas de vibração Al-O-H da estrutura caulinita à  $3690, 3650$  e  $3620 \text{ cm}^{-1}$ . A banda em torno de  $3440 \text{ cm}^{-1}$  em E1S8-6, E5T1S-6, E6T1N-5 e E7T1SE-7, também são do estiramento Al-O-H, porém de gibbsita. As bandas em torno de  $3400 \text{ cm}^{-1}$  (E3SO-1A4, E2S3-4) são dos estiramentos O-H de grupos carboxílicos e anéis aromáticos de ácidos húmicos e fúlvicos (Shin *et al.*, 1999; Jayaganesh & Senthurpandian, 2010). A presença destes ácidos também foi identificada nas amostras E2S4-3 e E9T2NE-6, que apresentam vibrações C-H (ligações alifáticas) próximas a  $2922$  e  $2851 \text{ cm}^{-1}$  (Beutelspacher & van der Marel, 1976). Na amostra E3SO-1A4, as vibrações C-O do grupo

$\text{CO}_3^{2-}$  de calcita estão próximas à  $3210, 2515$  e  $2325 \text{ cm}^{-1}$ .

No intervalo de  $2000\text{-}1100 \text{ cm}^{-1}$ , observou-se na amostra E3SO-1A4 uma banda próxima à  $1798 \text{ cm}^{-1}$ , que pode estar relacionada à vibração C-O de  $\text{CaCO}_3$ , porém da fase amorfa (Andersen & Brecevic, 1991), enquanto que à  $1445 \text{ cm}^{-1}$ , pode ser assinalada ao estiramento  $\nu_3\text{-CO}_3$  de calcita (Devarajan *et al.*, 2007). Exceto para a amostra E9T2NE-6, estiramentos de grupos O-H, COO-, C-O de fenóis e C-H (grupo metila) dos ácidos húmicos (Sakellariadou, 2006) estão presentes em quase todas as amostras na região de  $1385$  e  $1376 \text{ cm}^{-1}$ . As bandas em  $1115$  e  $1030 \text{ cm}^{-1}$  das amostras E2S13SO-5, E2S4-3, E2S3-4, E5T1S-6 e E9T2NE-6 são de estiramentos das ligações P-O de fosfatos amorfos derivados de ossos e cartilagens (Boskey & Camacho, 2008).

Bandas entre  $1100\text{-}400 \text{ cm}^{-1}$  foram observadas e correspondem principalmente às vibrações metal-oxigênio ou não-metal-oxigênio nos minerais presentes. Como por exemplo, bandas de vibração Fe-O de goethita e hematita à  $695, 539, 471 \text{ cm}^{-1}$ ; bandas de estiramento Si-O do quartzo em  $1102, 1033, 796, 471$  e  $431 \text{ cm}^{-1}$ ; vibrações Ti-O do anatásio em  $748$  e  $540 \text{ cm}^{-1}$ . Vibrações Al-O-H de gibbsita e caulinita em  $939$  e  $914 \text{ cm}^{-1}$  e Si-O-Al de caulinita a  $1010, 752, 695$  e  $539 \text{ cm}^{-1}$  (Beutelspacher & van der Marel, 1976). Há uma banda a  $877 \text{ cm}^{-1}$  (E3SO-1A4) que se refere ao estiramento  $\nu_2\text{-CO}_3$  de calcita proveniente de conchas de molusco (Compere & Bates, 1972). Estiramentos de P-O dos tetraedros  $\text{PO}_4$  de fosfato de cálcio amorfo podem ser identificados à  $940, 700$  e  $430 \text{ cm}^{-1}$  (Rokita *et al.*, 2000, Termine & Lundy, 1974).

Os teores elevados de Ca e P (Figura 3) foram encontrados em todas as amostras. Na amostra E4S7-1, os teores de Ca ( $10460 \text{ ppm}$ ) e P ( $1700 \text{ ppm}$ ) foram os mais elevados, seguida pela amostra E10S1-3, que apresentou teores em torno de  $3380$  e  $1500 \text{ ppm}$ , respectivamente. Essas amostras são provenientes de estruturas arqueológicas de cabanas, sugere-se que elas foram enriquecidas a partir das atividades do dia-dia (cozimento, descarte de resíduos de alimentos, animais e vegetais, etc.) realizadas pelo homem pré-histórico (Costa e Kern, 1999). As amostras de fogueiras (E3SO-1A4, E7T1SE-7, E7T1SE-6 e E6T1N5) também mostraram um enriquecimento por Ca e P, com variação de Ca entre  $2049$  a  $9805 \text{ ppm}$  e P de  $694$  a  $1561 \text{ ppm}$ . Com esses teores supõem-se que estas fogueiras eram utilizadas, principalmente, para cozimento de alimentos ricos em ossos e proteínas, ou até em rituais.



Os valores dos de Mn, Cu e Zn também estão relativamente elevados. O Mn varia de 340 a 1030 ppm, Zn de 26 a 75 ppm e Cu de 48 a 93 ppm. No caso das amostras referentes as fogueiras (E3SO-1A4, E7T1SE-7, E7T1SE-6 e E6T1N5) e cabanas (E4S7-1 e E10S1-3), esses valores podem refletir a queima de folhas de palmeiras normalmente empregadas na construção ou queima destas estruturas arqueológicas (Kern, 1999).

## CONCLUSÕES

I. Os solos TPA estudados apresentam mineralogia comum às já reportadas na literatura, com a presença majoritária de quartzo e caulinita. Em menor quantidade, calcita, muscovita, anatásio, gibbsita, hematita e goethita.

II. Pode-se confirmar, através do emprego de espectroscopia de infravermelho, a presença dos minerais identificados por DRX, assim como a presença de matéria orgânica (ácido húmico e fúlvico), fosfato amorfo e carbonato amorfo, derivados de conchas de molusco.

III. As amostras das feições relacionadas as fogueiras e cabanas apresentaram valores elevados de Ca, P, Mn, Cu e Zn, na ordem de grandeza encontrada em solos TPA.

IV. As análises das feições/estruturas ajudaram na identificação/comprovação de áreas destinadas a diferentes atividades dentro do sítio.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ, UFPA, Museu Paraense Emílio Goeldi e UFOPA pelo apoio concedido.

## REFERÊNCIAS

ANDERSEN, F. A. & BRECEVIC, L. Infrared Spectra of Amorphous and Crystalline Calcium Carbonate. *Acta Chemica Scandinavica*, 45:1018-1024, 1991.  
BEUTELSPACHER, H. & VAN DER MAREL, H. W. Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and their admixtures. 1.ed. Amsterdam: Elsevier, 1976. 379p.  
BOSKEY, A. & CAMACHO, N. P. FT-IR imaging of native and tissue-engineered bone and cartilage. *Biomaterials*, 28:2465-2478, 2008.  
COMPERE, E. L. & BATES, J. M. Determination of calcite: aragonite ratios molusc shells by infrared spectra. *Limnol. Oceanogr*, 18:326-331, 1973.  
COSTA, M. L. & KERN, D. C. Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon. *Journal of Geochemical Exploration*, 66:369-385, 1999.  
COSTA, J., KERN, D. C., COSTA, M. L., RODRIGUES, T., KAMPF, N., LEHMANN, J. & FRAZÃO, F. J.

Geoquímica das terras pretas Amazônicas. In: TEIXEIRA *et al.*, ed. As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. 1.ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p.162-171.

COSTA, J. A. Mineralogia e geoquímica de terra preta Arqueológica para identificação de padrão Ocupacional pré-histórico no vale do baixo rio Amazonas (Juruti, Pará). Belém, PA, Universidade Federal do Pará, 2011. 124p. (Tese de Doutorado)

DEVAJARAN, A.; KHADAR, M. A.; CHATTOPADHYAY, K. Effect of ball milling on chemically synthesized nanoparticles of CaCO<sub>3</sub>. *Materials Science and Engineering A*, 452: 395-400, 2007.

JAYAGANESH, S. & SENTHURPANDIAN, V. K. Extraction and Characterization of Humic and Fulvic Acids from Latosols under Tea Cultivation in South India. *Asian Journal of Earth Sciences*, 3:130-135, 2010.

JOUKOWSKY, M. A complete manual of field archaeology. Tools and techniques of field work for archaeologists. 1 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1980. 630 p.

KERN, D. C. Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com terra preta na floresta nacional de Caxiuanã (Portel-Pa). Belém, PA, Universidade Federal do Pará, 1996. 128 p. (Tese de Doutorado)

KÄMPF, N. & KERN, D. C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In Torrado-Vidal, P.; ALLEONI, L. R. F. COOPER, M. & SILVA, A. P. eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade brasileira de ciência do solo, 2005. p. 277-320.

KERN, D. C.; COSTA, M. L. & FRAZÃO, F. J. L. Geoquímica de sítio arqueológico com Terra Preta no centro da cidade de Quatipuru-PA. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA 6., Manaus, 1999. Anais. Manaus: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000. p. 408-409.

KLOKLER, D.; VILLAGRÁN, X. S.; GIANNINI, P. C. F.; PEIXOTO, S. & DEBLASIS, P. Juntos na Costa: zooarqueologia e geoarqueologia de sambaquis do litoral sul catarinense. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, 20:53-75, 2010.

LIMA, H., SCHAEFER, C.; MELLO J.; GILKES R.; KER J. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of Western Amazônia. *Geoderma*, 110: 1-17, 2002.

ROKITA, M.; HANDKE, M. & MOZGAWA, W. The AIPO<sub>4</sub> polymorphs structure in the light of Raman and IR spectroscopy studies. *Journal of Molecular Structure*, 555:351-356, 2000.

SILVEIRA, M. I.; RODRIGUES, M C L. F.; OLIVEIRA, E. R., LOSIER, LOUIS-MARTIN. Sequência cronológica de ocupação na área do Salobo (Pará). *Revista de Arqueologia*, 21:61-84, 2008.

SILVEIRA, M. I.; RODRIGUES, M. C. L. F.; OLIVEIRA, E. R., LOSIER, LOUIS-MARTIN. Prospecção arqueológica em áreas de floresta-contribuição metodológica da pesquisa na área do Projeto Salobo (Pará). *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, 19:155-178, 2009.

SHIN, H. S.; MONSALLIER, J. M.; CHOPPIN, G. R. Spectroscopic and chemical characterizations of



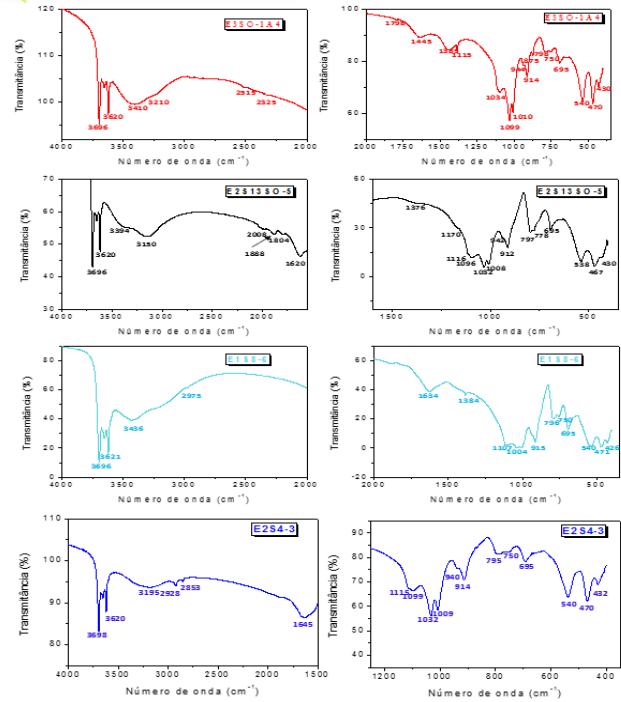
molecular size fractionated humic acid. *Talanta*, 50:641-647, 1999.

TERMINE, J. D. & LUNDY, D. R. Vibrational spectra of some phosphate salts amorphous to X-ray diffraction. *Calcified Tissue Research*, 15:55-70, 1974.

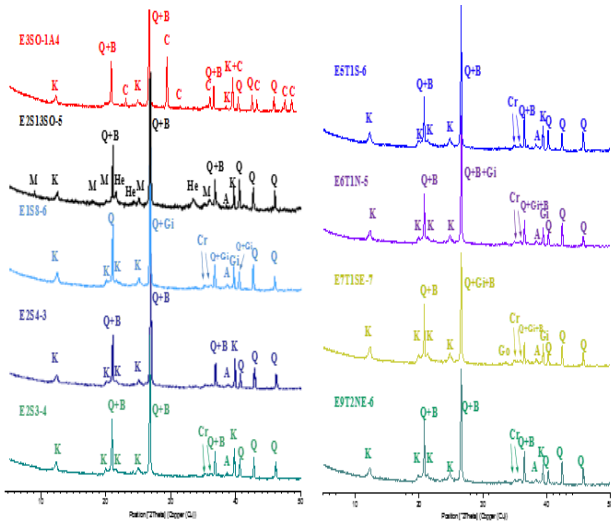
**Tabelas e Figuras**

**Tabela 1 – Origem e nomenclatura das amostras deste trabalho.**

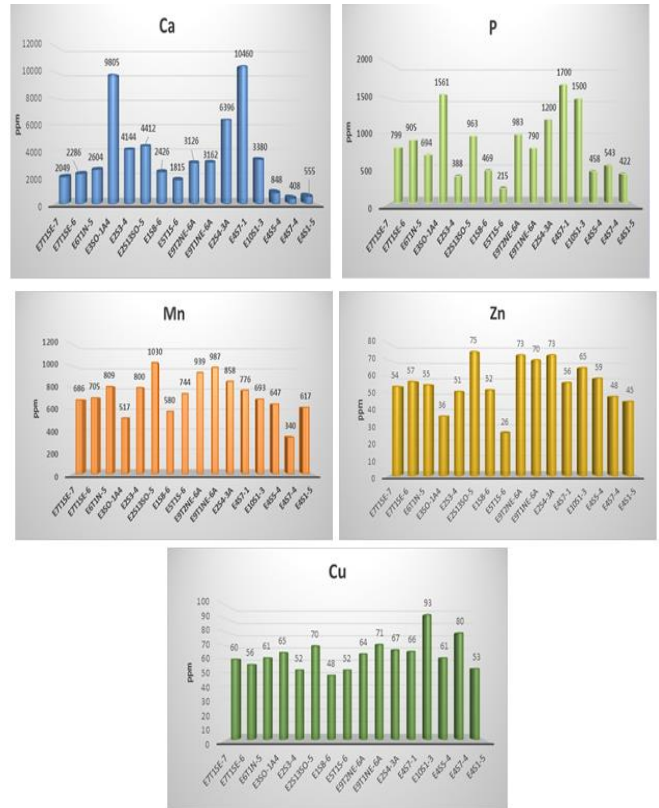
Sítio	Sigla	Proveniência
<b>Bitoca 1</b>	E7T1SE-7	Fogueira
	E7T1SE-6	Fogueira
	E6T1N-5	Fogueira
	E3SO-1A4	Sedimento com cinzas e argila da fogueira
	E2 S3- 4	Sedimento de buraco de estaca, topo de nível
	E2S13SO-15	Bloco da área central
	E1S8-6	Cerâmica e solo impregnados
	E5T1S-6	Sedimento de buraco de estaca
	E9T2NE-6A	Feição mancha escura, parede s
	E9T1NE-6A	Mancha 2, feição da mancha escura
<b>Bitoca 2</b>	E4S7-1	Cabana
	E10S1-3	Cabana
	E4S5-4	Buraco de estaca
	E4S7-4	Buraco de estaca escuro
	E4S1-5	Interior de buraco



**Figura 2 – Espectros FTIR das amostras do sítio Bitoca I e II.**



**Figura 1 – Padrões de difração de raios-X das amostras do sítio Bitoca I. (A = anatásio, C = calcita, Gi=gibbsita, Go=goetita, He = hematita, K=caulinita, M = muscovita, Q = quartzo).**



**Figura 3 – Distribuição dos teores totais de Ca, P, Mn, Zn e Cu nas amostras de Bitoca I e II.**