

O REGISTRO ARQUEOLÓGICO NO SOLO: as ocupações humanas na Volta Grande do Xingú - Pará

Wenceslau Geraldes Teixeira¹

Wagner Fernando da Veiga e Silva²

Leticia Pimentel³

Denise Pahl Schaan⁴

RESUMO

A região do médio Rio Xingu, na parte conhecida como Volta Grande do Xingu, tem um longo histórico de ocupação humana nas suas margens. Prospecções indicaram a existência de um grande número de sítios arqueológicos, e muitos desses com a presença de camadas de solos escurecidas, com a presença de artefatos cerâmicos e líticos. Os horizontes de solos modificados pelo homem, conhecidos na Amazônia como: as Terras Pretas de Índio (TPI). Essas áreas que aparentam ser sítios de habitação, se assentam em pequenos platôs em áreas planas. Como o objetivo de analisar as alterações causadas pelo Homem nas características do solo, foram avaliadas amostras de solo coletadas em diferentes camadas em dois perfis estratigráficos no Sítio Arqueológico Bom Jesus, localizado no município de Senador Porfírio - PA. As amostras foram analisadas quanto aos valores de susceptibilidade magnética (SM), teores semi totais utilizando a técnica de Indução de Plasma Acoplado (ICP-OES) para os teores de Ca, Fe, Mn, Mg, Zn, P, Ca, Mg, Sr e Ba e os teores totais de Ti, Fe, Zn, Mn, Cu e Sr utilizando a técnica da fluorescência de raios X (pXRF). Os resultados mostraram alterações na composição química com aumentos dos teores de P, Ca, Zn, Mn, Mg, Sr, Ba e Cu em várias camadas, em comparação com os valores suprajacentes dos perfis. Os aumentos da concentração destes elementos são causados pelas adições de resíduos orgânicos e manejo do ambiente. A elevada quantidade de fragmentos cerâmicos e líticos até mais de 50 cm de profundidade permite inferir uma longa e intensa ocupação do local. O aumento da SM nos horizontes antrópicos também corrobora uma ocupação intensa dessas áreas, com a elevação dos valores de SM provavelmente como consequência do aquecimento do solo abaixo de fogueiras e fornos para queima de cerâmica (fenômeno da termoremanência). A avaliação de parâmetros físico químicos e mineralógicos do solo pode auxiliar a delimitação dos sítios arqueológicos onde os artefatos são escassos ou inexistentes. Os horizontes de solos antrópicos são um registro das atividades humanas e podem ser considerados artefatos arqueológicos. A preservação deste legado de civilizações pretéritas é dever da nossa sociedade.

Palavras-chave: Terra Preta de Índio, horizontes antrópicos, susceptibilidade magnética, ICP, pXRF.

ABSTRACT

The region of the middle Xingu River, in the part known as the Volta Grande do Xingu, has a long history of human occupation along its banks. Surveys have indicated the existence of a large number of archaeological sites, and many of these have blackened soil layers with the presence of ceramic and lithic artifacts. Soil horizons modified by man, known in the Amazon as: the Terras Pretas de Índio (Black Indian Lands). These areas, which appear to be habitation sites, sit on small plateaus in flat areas. In order to analyze the changes caused by man in soil characteristics, soil samples collected in different layers in two stratigraphic profiles at Sítio Arqueológico Bom Jesus, located in the municipality of Senador Porfírio - PA, were evaluated. The samples were analyzed for magnetic susceptibility (MS) values, semi total contents using the Induction Coupled Plasma (ICP-OES) technique for Ca, Fe, Mn, Mg, Zn, P, Ca, Mg, Sr and Ba and the total contents of Ti, Fe, Zn, Mn, Cu and Sr using the X-ray fluorescence (pXRF) technique. The results showed changes in chemical composition with increases in P, Ca, Zn, Mn, Mg, Sr, Ba and Cu contents in several layers compared to the overlying values of the profiles. The increases in the concentration of these elements are caused by organic waste additions and environmental management. The high amount of ceramic and lithic fragments up to more than 50 cm depth allows to infer a long and intense occupation of the site. The increase of the SM in the anthropic horizons also corroborates an intense occupation of these areas, with the elevation of the SM values probably as a consequence of soil heating underneath bonfires and kilns for ceramic firing (thermoremanence phenomenon). The evaluation of physical-chemical and mineralogical soil parameters can help the delimitation of archaeological sites where artifacts are scarce or

¹ Pesquisador Embrapa Solos – Rio de Janeiro - Brasil. E-mail: wenceslau.teixeira@embrapa.br

² Arqueólogo, Diretor da Inside Consultoria – Belém – Pará. E-mail: wagnerveiga67@yahoo.com.br

³ Graduada em Ciências Ambientais – Universidade Veiga de Almeida – Bolsista Pibic Embrapa Solos – CNPq. E-mail: leticia.ambient@gmail.com

⁴ Arqueóloga, Professora da UFPA – *in memoriam* –

nonexistent. Anthropogenic soil horizons are a record of human activities and can be considered archaeological artifacts. The preservation of this legacy of past civilizations is the duty of our society.

Keywords: Terra Preta de Índio, anthropogenic horizons, magnetic susceptibility, ICP, pXRF

1. INTRODUÇÃO

A região da Volta Grande do Xingu (VGX) está situada numa área de encontro de formações cristalinas com sedimentar, esta parte do rio Xingu apresenta muitas cachoeiras e corredeiras. Situa-se sobre rochas cristalinas do Pré-Cambriano do planalto Xingu-Tapajós com altitudes situadas entre 150 m e 250 m. A vegetação caracteriza-se pela ocorrência das florestas ombrófila densa e aberta, que ocorrem em solos bem drenados. A floresta aluvial (matas de várzea) que ocorrem em áreas mais baixas e com drenagem limitada e vegetação associada aos afloramentos rochosos. Na área de estudos deste trabalho, grande parte da vegetação original foi substituída por pastagens, plantios e florestas secundárias. O clima atual nesta região é classificado como clima equatorial Aw, segundo a classificação de Köppen. Apresenta temperaturas médias de 26°C e a precipitação anual gira em torno de 1.680mm. Os solos predominantes nesta região são associações de Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos a Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, com também Neossolos Litólicos Distróficos, há na região a ocorrência de áreas de Nitossolos Vermelhos eutróficos (IBGE-Embrapa, 2001; Dantas et al., 2013).

A VGX, localizada no médio curso do rio Xingu foi visitada e parcialmente descrita, incluindo os povos que ali habitavam por poucos viajantes entre os séculos XVIII e XX (Castro, 2020), a região continua sendo ocupada por diversas etnias indígenas (Faria, 2016). Karl von den Steinen percorre a VGX durante duas expedições em 1884 e 1887 (Steinen, 1886; 1894). Após Karl von den Steinen, relatam brevemente a região da VGX, Henri Coudreau que passa por ali em 1896 (Coudreau, 1977) e o príncipe prussiano Adalbert Heinrich Wilhelm que esteve nessa região em dezembro de 1842 (Adalberto da Prússia, 2002).

Figura 1 - Localização da Volta Grande do Xingu (seta) no mapa histórico de Karl van den Steinen de 187 (Steinen, 1894). O nome do rio é grafado no mapa como Schingu.



Fonte: Autores (Adaptação).

A primeira missão religiosa na VGX foi fundada pela Companhia de Jesus, acima da VGX, onde hoje se localiza a cidade de Altamira, na segunda metade do século XVIII, com o comando do jesuíta Roque Hunderfund, com o aldeamento de índios das etnias Kuruaya, Xipaya, Arara e Juruna, entre outras. A missão é abandonada com a expulsão dos Jesuítas do Brasil em 1759, mas retomada posteriormente, com o nome de missão da Imperatriz, essa missão é relatada e descrita nos livros dos viajantes Henri Coudreau (Coudreau, 1977) e também pelo príncipe Adalbert Heinrich Wilhelm (Adalberto da Prússia, 2002). No final do século XIX e segunda metade do século XX, esta região tem uma intensificação de sua ocupação devido inicialmente a exploração das drogas do sertão (salsaparrilha, cacau e cravo) e posteriormente pela extração da borracha das seringueiras nativas (Coudreau, 1977).

Em 1909, Emília Snethlage, pesquisadora da seção de Zoologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), realizou expedições à região do Xingu, com apoios dos Xipaya e os Kuruaya (Snethlage, 1912).

Curt Nimuendajú (1948) viveu na região do médio e alto Xingu e nos afluentes Iriri e Curuá, entre 1916 e 1919, e relata dentre os povos indígenas dessa região as tribos de índios canoieiros, que viviam as margens dos rios (Juruna, Xipaya e Arupaí) e tribos que construía suas moradias afastadas das margens em áreas de floresta (Kuruaya, Arara, Asuriní, Tacunyapé).

O trecho encachoeirado do rio na VGX (Figura 2) tornava difícil a navegação (Steinen, 1886) e funcionaram com barreiras a penetração ao longo do período colonial.

Figura 2 - Naufrágio no Rio Xingu, ilustrado por Karl van den Steinen (Steinen, 1886).



O descimento de índios, a exploração, guerras, e epidemias e fim dos ciclos econômicos das drogas do sertão e da borracha são as causas da despovoação e dispersão dos grupos mencionados no baixo Xingu ao longo do tempo. Alguns grupos abandonaram a região e migraram para outras áreas parte do grupo permaneceu no Xingu, atualmente há três Terras Indígenas (TI Paquiçamba e TI Juruna do km 17 e TI Arara da VGX). Parte das etnias indígenas originais se miscigenou e vivem em comunidades e na cidade de Altamira (Faria, 2016).

1.1 Os horizontes de solos antrópicos

Os componentes orgânicos e minerais do solo registram o processo de sua gênese. O homem é um fator que pode alterar o processo de formação do solo, seja por adições de materiais orgânicos e minerais, seja pela movimentação de camadas de solo como também pelo seu aquecimento provocado pelas fogueiras e fornos. No sistema de classificação mundial de solos (WRB, 2015), solos modificados pelo homem (Anthrosols), são caracterizados pela presença de horizontes denominados antrópicos e são classificados quanto à natureza e intensidade das alterações e da sua resiliência no processo de formação do solo. No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) não há ainda uma classe específica para estes solos, sendo eles descritos como horizontes antrópicos, quando atendem determinados critérios qualitativos (presença de artefatos) e quantitativos (teores de P e espessura do horizonte) (Santos et al., 2018).

No Brasil, sítios arqueológicos, denominados de Terras Pretas de Índio (TPI), são bastante frequentes em determinadas partes da Amazônia e formados pela adição e manejo de resíduos orgânicos por populações pré-colombianas (Teixeira e Lima, 2016; Teixeira et al., 2010, Woods et al., 2009). Os horizontes (camadas) de solos antrópicos das TPI ganharam notoriedade mundial pelas suas cores escuras e elevados estoques de carbono e de alguns minerais como fósforo, cálcio, zinco, bário.

1.2 Técnicas não invasiva em avaliações de solos em geoarqueologia – Espectroscopia de Raios X e Susceptibilidade magnética

A espectroscopia de fluorescência de raios X é uma técnica analítica onde raios X são usados para excitar os átomos dos elementos presentes nas amostras em análise. O efeito da Fluorescência acontece quando os raios X primários alcançam os elementos e liberam os raios X secundários para serem detectados e analisados. O uso do pXRF apresenta vantagens como: facilidade de operação e

simplicidade no preparo das amostras realizadas em análise em laboratórios. Não há alteração das propriedades das amostras, que poderão ser utilizadas em outras análises (Weindorf et al, 2014). Na avaliação de amostras de solos, a heterogeneidade das concentrações dos elementos, as diferenças de tamanho e textura das partículas influenciam os resultados, além da presença de ar e água ocupando seus poros (Melquiades et al., 2011; Kalnicky e Singhvi, 2001).

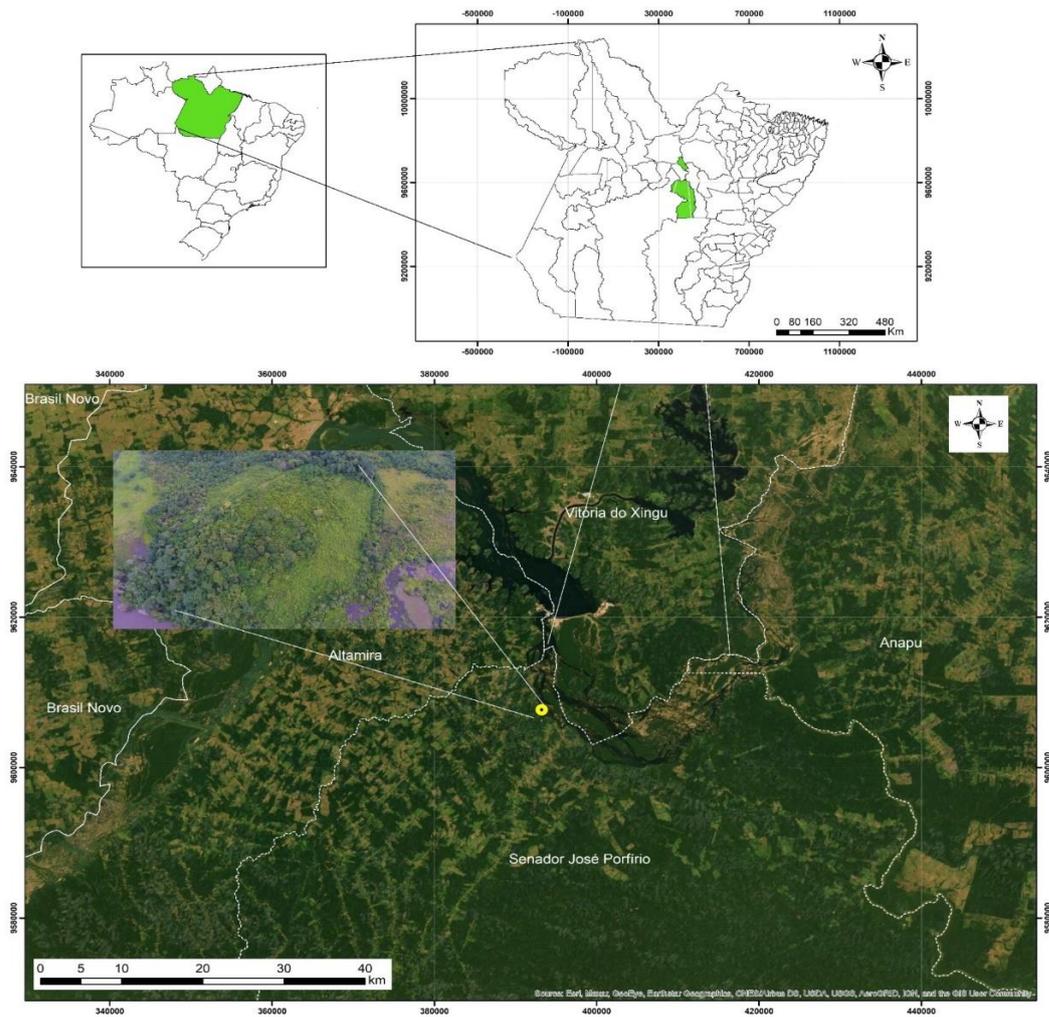
A susceptibilidade magnética (SM) é uma propriedade característica dos minerais do solo e da matéria orgânica, mostrando um grande potencial para avaliação e mapeamento da extensão de horizontes de solos antrópicos devido principalmente ao fenômeno do magnetismo remanente, aumento ou redução da SM original, que os minerais paramagnéticos apresentam quando aquecido (Resende et al., 1988; Sternberg, 2014). Os principais minerais do solo podem ser classificados, quanto ao seu comportamento magnético, em: i) ferrimagnéticos, são os que apresentam propriedades magnéticas naturalmente, e elevados valores de SM (p. ex: magnetita, maghemita, titanomagnetita, pirrotita) ii) paramagnéticos (p. ex: hematita, goethita, olivina, biotita, vermiculita, dolomita) e iii) os diamagnéticos que apresentam valores negativos de SM (calcita, quartzo, caulinita, matéria orgânica) (Teixeira et al., 2019). A SM tem também um grande potencial para avaliação e mapeamento da extensão de horizontes de solos antrópicos e a caracterização de sítios e feições arqueológicas.

O objetivo deste estudo foi avaliar amostras de solos coletadas em camadas estratificadas de solos do Sítio Arqueológico Bom Jesus, localizado na VGX, utilizando técnicas geoarqueológicas como ferramenta para interpretação arqueológica do registro arqueológico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No Sítio Arqueológico Bom Jesus, localizado as margens do rio Xingu, na região conhecida como Volta Grande do Xingu, no município de Senador Porfírio – PA (Figura 3), foram realizadas escavações arqueológicas em várias unidades de escavação sendo selecionadas duas destas para as análises que serão apresentadas neste trabalho. Das unidades de escavação UE-01 e EU-04 foram analisadas 36 amostras de solos coletas em diferentes profundidades (Tabela 1).

Figura 3 - Localização do Sítio Arqueológico Bom Jesus – Volta Grande do Xingu – Senador Porfírio – Pará.



Para avaliações com utilização do espectrômetro de fluorescência de raios x portátil (pXRF), Figura (4). As amostras foram preparadas e as avaliações realizadas no Laboratório de Avaliação e Modelagem da Água no solo (LAMAS – Embrapa Solos, Rio de Janeiro). As amostras foram secas ao ar, maceradas em gral de ágata e peneiradas em malha de 2 mm, sendo então adicionadas em recipientes plásticos enumerados, com o auxílio de um funil. Foram então prensadas e niveladas com o uso de um bastão de vidro, visando uma coesão entre as partículas e um nivelamento da superfície. Foi feita a limpeza dos materiais e equipamentos com o uso de álcool e água destilada ao finalizar o preparo de cada amostra. As amostras preparadas desta forma foram então analisadas em triplicata por 90 segundo em cada ponto de leitura com o uso do pXRF (Innov –X DP- 6000 Delta Premium Handheld XRF Analyzer, Olympus, EUA). Para identificação e quantificação dos espectrogramas gerados foi utilizado o algoritmo de calibração interno denominado “Soil”. Os elementos de interesse analisados foram Titânio (Ti), manganês (Mn), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e estrôncio (Sn). Os valores médios das concentrações e o desvio padrão entre as leituras são

apresentados em mg kg^{-1} . Foi analisada após cada 20 leituras uma amostra de solo certificada pelo *National Institute of Standards and Technology* – NIST amostra Montana 2711a), para aferição da capacidade de recuperação dos valores certificados dos elementos estudados.

Figura 4 - Espectrômetro de fluorescência de raios X portátil (pXRF) utilizado nas análises dos teores de Ti, Zn, Mn, Fe, Cu, Sn e Ba.



Fonte: Olympus.

2.1 Susceptibilidade magnética

As análises de susceptibilidade magnética (SM) foram também realizadas no Laboratório de Avaliação e Modelagem da Água no Solo (Lamas) da Embrapa Solos. Foi utilizado um susceptibilímetro magnético modelo KT 10 S/C (Terraplus, Canadá). As avaliações da SM são realizadas na faixa de $0,001 \times 10^{-3}$ SI até $1999,99 \times 10^{-3}$ SI (Figura 5).

Figura 5 - Susceptibilímetro magnético. Modelo KT 10 S/C.



Fonte: Terraplus (2010).

Para avaliação de SM, amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) foram depositadas e avaliadas numa placa de Petri de 90 mm de diâmetro e 10 mm de altura. O aparelho KT 10 S/C foi utilizado na função *sample measure* com a geometria corrigida para o diâmetro da placa (90 mm). As determinações foram feitas em triplicata, com isolamento da amostra sobre uma caixa de isopor e sem a proximidade de equipamentos com campos eletromagnéticos (por exemplo, celulares, relógios e balanças eletrônicas). Os dados apresentados são as médias aritméticas e o desvio padrão, os valores da SM são adimensionais (SI). As avaliações por espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente ((ICP – OES), que é um método tradicional, foram realizadas nos Laboratórios da Embrapa Solos, no Rio de Janeiro, com digestão das amostras tendo sido realizada com água régia invertida. As leituras foram feitas para os elementos P, Ca, Mg, Mn, Zn, Sr, Ba e Fe. Os dados são apresentados para cada camada com os teores dos elementos apresentados em mg kg^{-1} . A quantificação dos artefatos e as avaliações de cores das diferentes (feita com utilizando a carta de Munsell) foram feitas durante o período de escavação e são apresentadas em detalhes em Silva et al. (2017).

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Sítio Arqueológico Bom Jesus (SABJ), localizado na margem direita do Rio Xingu, na região denominada de Volta Grande. Fica localizado num platô de cerca 200 x 300 m, com declive para o nordeste, tem como coordenadas centrais (UTM 22 - 393215, 9607687). Essa região do rio Xingu tem um longo histórico de ocupação e a grande quantidade de artefatos líticos e cerâmicos, corrobora para ocupações de longo período. O SABJ é um típico sítio de Terra Preta de Índio, com os horizontes superficiais escurecidos em relação aos solos adjacentes e as camadas suprajacentes. Nesta área foram realizadas 97 escavações arqueológicas (Silva et al., 2017), sendo escolhida para este estudo as amostras de solos coletadas em diferentes camadas nas Unidades de Escavação 01 (UE-01) e 04 (UE-04). Detalhes das escavações, incluindo a localização, a descrição, desenhos e dados e informações sobre os artefatos cerâmicos e líticos coletados em cada camada é descrito em Silva et al., (2017), e algumas informações são brevemente descritas aqui neste estudo para fins de correlação. Nesta área se encontra um plantio de cacauzeiros (Figura 6), espécie exigente em fertilidade de solo, e seu bom desenvolvimento e produção é uma indicação de solos férteis.

Figura 6 - Cacaual e detalhe de um perfil escavado no Sítio Arqueológico Bom Jesus – Volta Grande do Xingu - Senador Porfírio – PA



Na UE-01 a coloração das camadas superficiais (0-20 cm) apresentou um predomínio de cores escuras com predomínio das cores 7,5 YR 2,5/1. Há um ligeiro clareamento nas camadas inferiores para cores amarronzadas 7,5 YR 3/2 (30-50 cm), com a presença abundante de artefatos, principalmente cerâmicos, até os 60 cm de profundidade. As cores nas camadas de 60-70, foram 7,5 YR 4/2 e não foram encontrados fragmentos cerâmicos ou líticos na camada entre 60-70, entretanto os dados de aumento da SM (Figura 8) e dos teores de P, Ca, Mg, Zn, Sr, Ba, Mn, (Figuras 9 e 11) indicam alterações antrópicas desta camada ou movimentação dos elementos químicos das camadas suprajacentes. Foram coletadas amostras com trado até a profundidade de 170 cm. As cerâmicas, que foram coletadas em as unidades de escavação, são predominantemente utilitárias (Figura 7), de manufatura roletada, tratamento de superfície alisado, bastante fragmentada, sendo a maioria de pequenas dimensões, o antiplástico na maioria dos fragmentos é areia ou rocha triturada (Silva et al, 2017).

Figura 7 - Foto ilustrando a grande quantidade de artefatos cerâmicos e líticos encontrados no Sítio Arqueológico Bom Jesus – Volta Grande do Xingu - Senador Porfírio – PA.

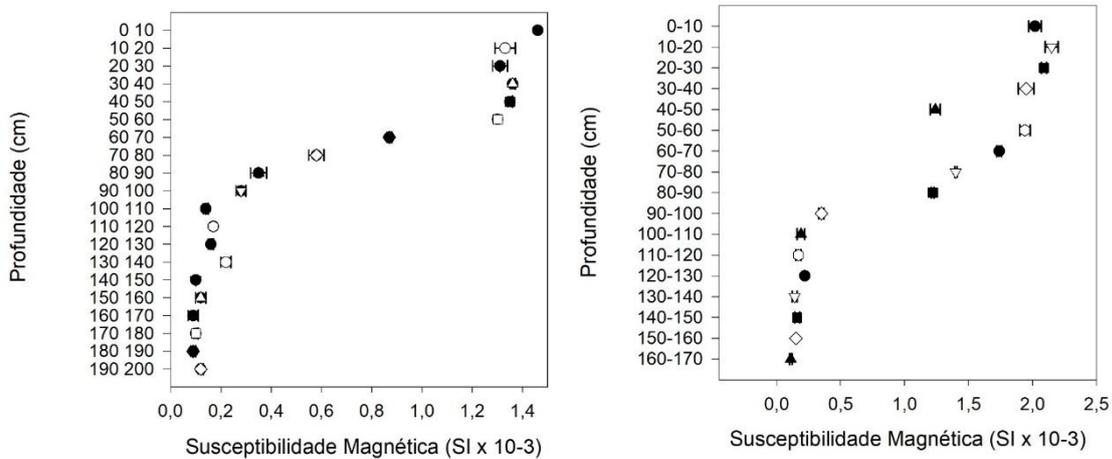


Fonte: Arquivo Pessoal.

Na UE-04 a coloração das camadas superficiais (0-20 cm) apresentou um predomínio de cores escuras com predomínio das cores 7,5 YR 2,5/1. Nas camadas entre 20-50 cm houve um predomínio das cores 7,5 YR 3/1 e nas camadas entre 40-70 cm predomina cores mais amarronzadas com valores de 7,5 YR 3/3. Na camada de 90-100 não foram encontrados fragmentos cerâmicos ou líticos, entretanto os aumentos da SM (Figura 8) e dos teores de P, Ca, Mg, Zn, Sr, Ba, Mn, (Figuras 10 e 12) indicam alterações antrópicas desta camada ou movimentação dos elementos químicos das camadas suprajacentes. Foram coletadas amostras com trado até a profundidade de 200 cm.

2.1 Avaliação da Susceptibilidade magnética em amostras de solos do Sítio Arqueológico Bom Jesus

Figura 8 – Susceptibilidade Magnética avaliadas em amostras de solos da unidade de escavação 01 (0 - 200 cm) e unidade de escavação 04 (0 - 170 cm) no Sítio Arqueológico Bom Jesus – Volta Grande do Xingu - Senador Porfirio – PA.



Fonte: Autores.

Os maiores valores SM nas camadas mais superficiais das UE 01 e 04 (Figura 8) mostra o efeito do aquecimento no aumento da SM em concordância com as cores mais escuras e também com a presença de artefatos e ou indicadores químicos de antropização (Figuras 9, 10, 11 e 12). Os valores de SM se encontram altos mesmo nas primeiras camadas sem a presença de artefatos cerâmicos e líticos, provavelmente uma consequência dos efeitos do aquecimento dessas camadas que já estiveram próxima da superfície.

Esta alteração dos valores da SM é devida, sobretudo, à transformação pelo aquecimento de hematita em magnetita ou maghemita e a quebra de grãos de minerais magnéticos. Esta elevação das SM ocorre em especial na presença de material orgânico que causa com sua combustão um ambiente anóxico (Resende et al., 1988; Anand e Gilkes, 1987). Esse fenômeno tem levado à utilização de dados da SM para avaliação e mapeamento da extensão de horizontes de solos antrópicos, por exemplo, nas Terras Pretas de Índio (Arroyo-Kalin, 2009; Oliveira et al., 2015; Söderström et al., 2016; Teixeira et al., 2018, 2019).

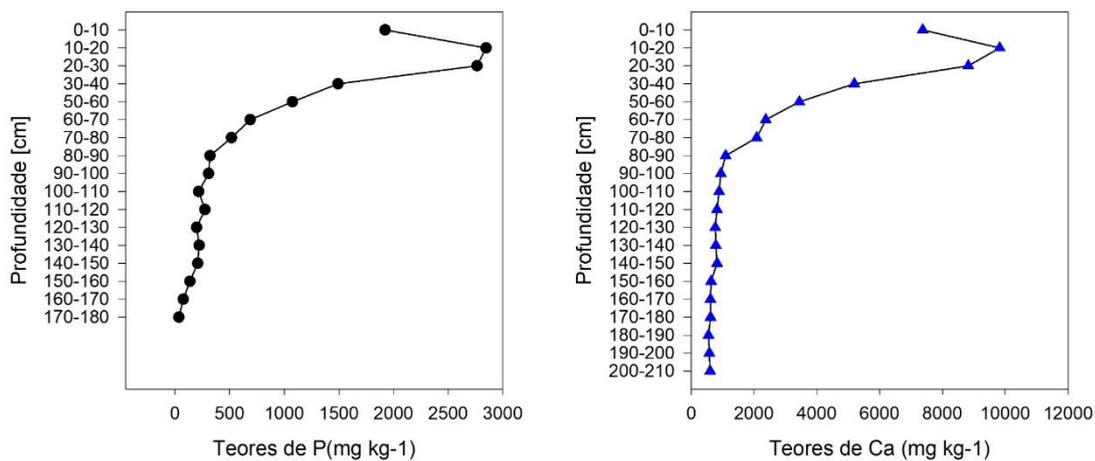
2.2 Aumento dos teores de P e Ca nas camadas de solo

O aumento dos teores de P e Ca foi verificada de forma contundente nas UE 01 e 04 (Figuras 9 e 10). Em áreas, em especial sítios de habitação (Woods, 2010), há um aumento dos teores de P, sendo este o principal indicador de solos antrópicos em diversos sistemas de classificação de solos (WRB, 2015; Santos et al., 2018). O P é um excelente indicador da ocupação pela sua baixa

mobilidade no ambiente, em especial nos solos tropicais, onde há este e normalmente encontrado em baixos teores e pode ser fortemente ligado aos abundantes óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

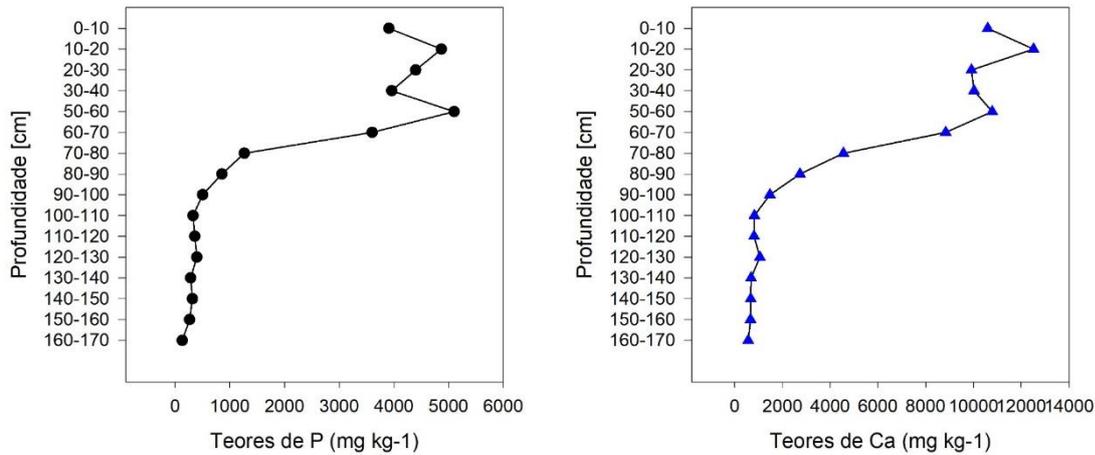
O aumento dos teores de Ca em sítios arqueológicos, geralmente associado aos aumentos dos teores de P é devido a principal fonte de enriquecimento de P ser apatita biogênica (ossos de animais e espinhas de peixes) que são basicamente fosfatos de cálcio hidratado (Schaefer et al. 2004, Woods, 2010). As cinzas provenientes da queima de material vegetal também constituem uma das principais fontes de Ca, entretanto o Ca é um elemento mais susceptível a ser removido do ambiente por processos de lixiviação para camadas mais profundas do solo. Os aumentos dos teores de P e Ca foram verificados em vários sítios de TPI na Amazônia (Kämpf e Kern, 2005; Teixeira et al. 2010; Silva et al., 2011, Macedo et al., 2017, 2019).

Figura 9 – Teores totais de fósforo (P) e cálcio (Ca) avaliados em amostras de solos diferentes camadas da Unidade de Escavação 1 – Sítio Arqueológico Bom Jesus – Volta Grande do Xingu - Senador Porfírio – PA



Fonte: Autores.

Figura 10 – Teores totais de fósforo (P) e cálcio (Ca) avaliados em amostras de solos diferentes camadas da Unidade de Escavação 4 – Sítio Arqueológico Bom Jesus – Volta Grande do Xingu - Senador Porfirio – PA.

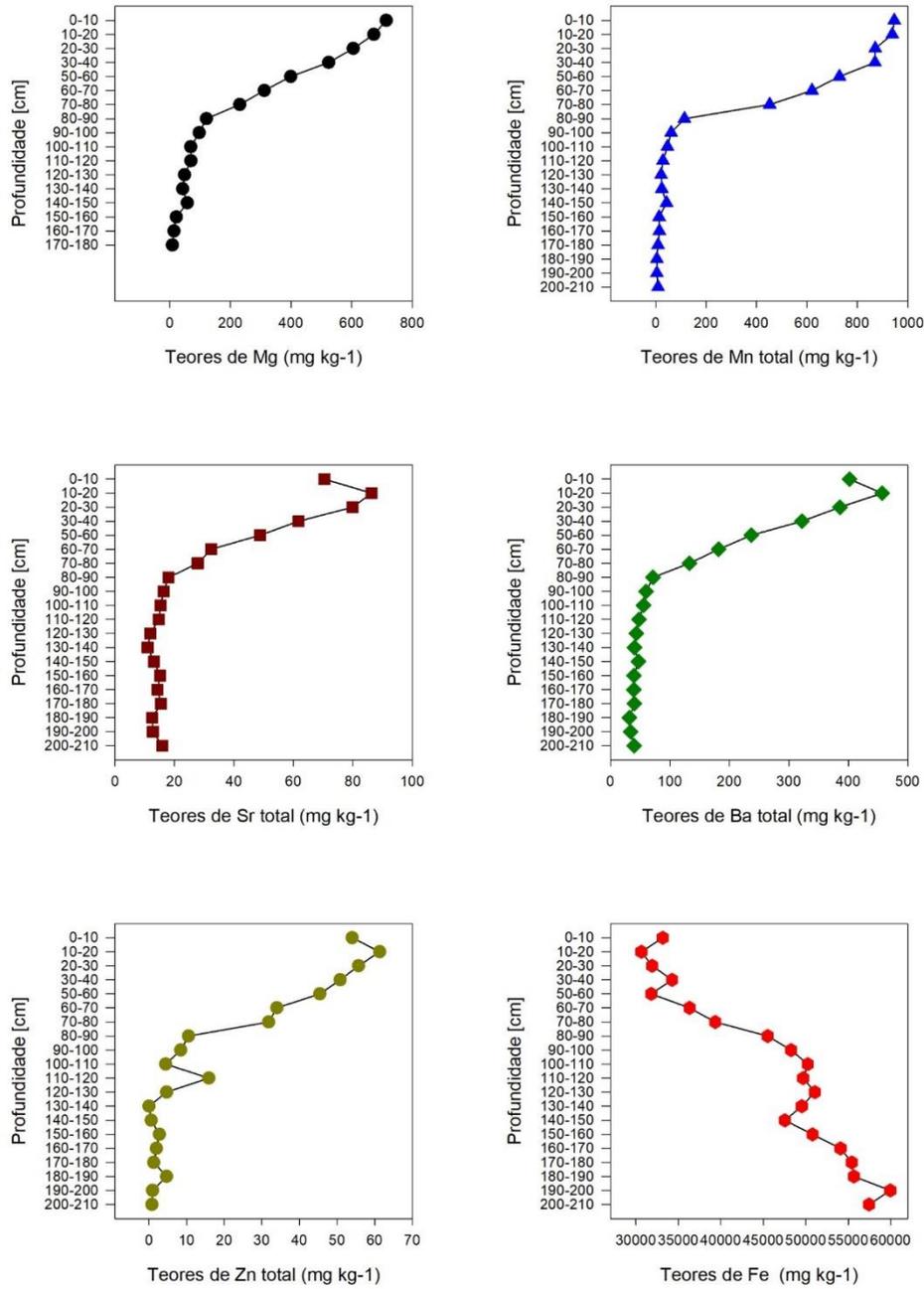


Fonte: Autores.

2.3 Análises dos elementos Mg, Mn, Zn, Sr e Ba em amostras de solo em sítios arqueológicos

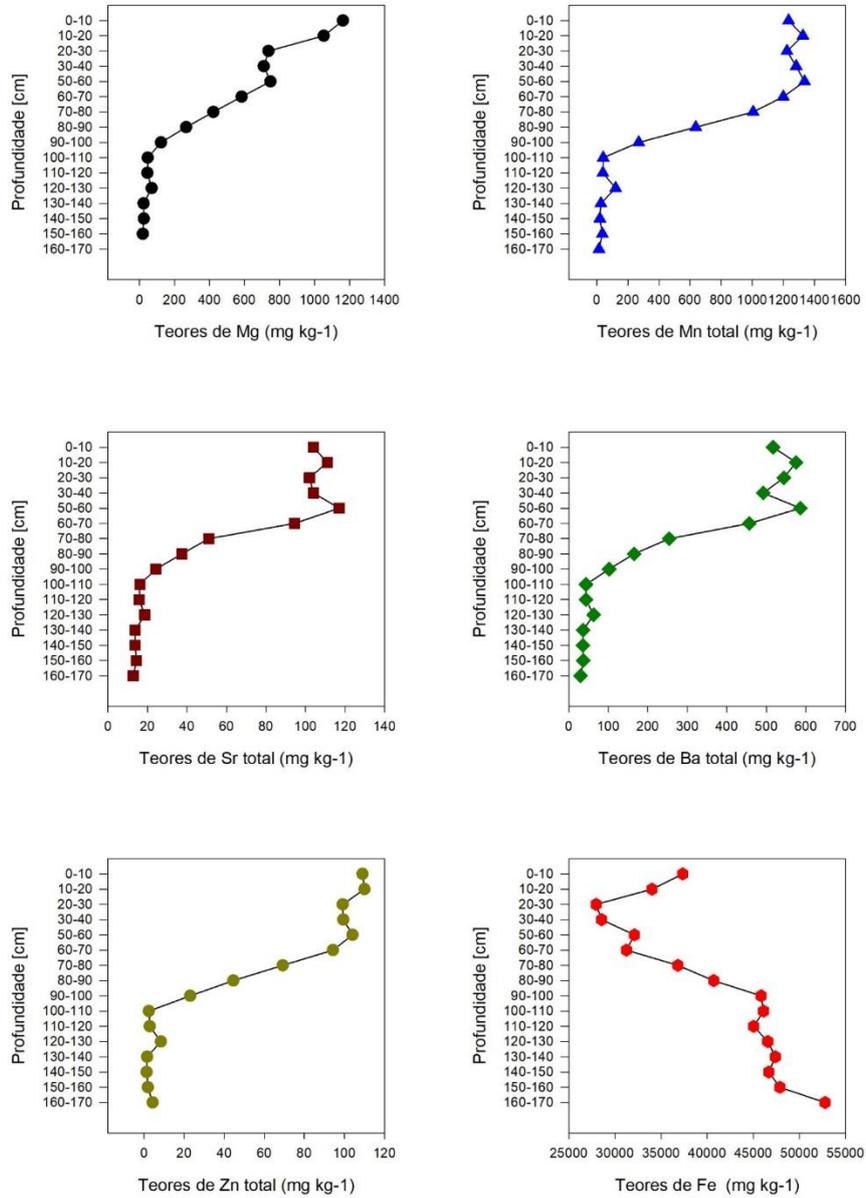
As TPI são caracterizadas por elevadas concentrações dos elementos, além dos já comentados P, Ca também de Zn, Mn, Sr, Ba e Cu (Kämpf e Kern, 2005; Silva et al., 2011) quando comparados com solos adjacentes formados do mesmo material de origem. As Figuras 11 e 12 mostram um enriquecimento destes elementos a exceção do Cu que foi analisado somente com pXRF (Tabela 1), e do Ferro que não tem seus teores aumentados em sítios de TPI. Os aumentos dos teores de Mg são atribuídos principalmente a cinzas e resíduos vegetais ricos neste elemento. As fontes para elevação dos teores dos teores de Zn, Mn, Cu, Sr e Ba encontrados em vários sítios de TPI ainda não estão completamente elucidadas, mas certamente está associada a adições de resíduos orgânicos de origem vegetal (cascas, sobras de alimentos, folhas de palmeiras utilizadas na cobertura das habitações) (Kämpf e Kern, 2005) e de origem animal (ossos, sangue, pele de animais, espinhas de peixes, carapaças de quelônios, etc.) (Lima et al., 2002; Schaefer et al., 2004) e excrementos (Birk et al., 2011; Taube et al., 2012). O aumento dos teores de Mn, Sr e Ba são indicadores de adições antrópicas em áreas de solos férteis como em algumas áreas do Marajó (Schaan et al., 2009) e em áreas de várzeas eutróficas (Macedo et al., 2019).

Figura 11 – Teores totais avaliados de Unidade de Escavação 1 – Sítio Arqueológico Bom Jesus – Volta Grande do Xingu - Senador Porfírio – PA.



Fonte: Autores.

Figura 12 – Teores totais avaliados de Unidade de Escavação 4 – Sítio Arqueológico Bom Jesus – Volta Grande do Xingu - Senador Porfírio – PA.



Fonte: Autores.

2.4 Avaliando teores de elementos químicos em amostras de sítios arqueológicos com a técnica da Fluorescência de Raios X

As análises da concentração de Ti mostram uma relativa uniformidade do material de origem das diferentes camadas de solo analisadas na EU 01 e 04, não indicando uma descontinuidade de material de origem nas camadas avaliadas (Tabela 1). O Ti é um dos elementos mais resistentes ao intemperismo, geralmente compões os minerais rutilo e anastásio. O pXRF apresenta uma boa precisão em avaliações da concentração de Ti, mesmo utilizando um preparo mínimo da amostra (Nogueira et al., 2017).

As análise dos teores de Fe mostram uma tendência contrária aos dos outros elementos avaliados com o aumento dos valores em profundidade (Tabela 1). Essa tendência também foi verificada nas avaliações dos teores de Fe com ICP-OES (Figuras 11 e 12). Este aumento dos teores de Fe, neste estudo é relacionado a um aumento dos teores de argila em profundidade, e aos minerais de Fe se encontram principalmente nesta fração (óxidos e oxihidroxidos de Fe, por exemplo hematita e goethita). Este gradiente de argila é típico dos Argissolos, os solos predominantes nesta região (IBGE-Embrapa, 2001).

O aumento dos teores de Mn, Zn e Sr nos horizontes antrópicos até a profundidade de 50 cm na EU 01 e até a profundidade 70 cm na UE -04 (Tabela 1) concorda com a tendência verificada nas avaliações com o ICP-OES (Figuras 11 e 12) e com as descrições de cores e da presença de artefatos (Silva et al., 2017). Adicionalmente um ligeiro aumento dos teores de Cu corrobora as adições antrópicas no solo.

Figura 13 – Teores totais de Titânio (Ti), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Cu (Cobre), Zinco (Zn), Estrôncio (Sr) avaliados com pXRF em amostras de solos das Unidade de Escavação 01 e 04 – Sítio Arqueológico Bom Jesus – Volta Grande do Xingu - Senador Porfirio – PA.

Espessura - cm -	Ti	Mn	Fe mg kg ⁻¹	Cu	Zn	Sr
Unidade de Escavação – 01						
0-10	6.987 ±179	1.399±82	48.808 ±3.987	48±2	115±6	114±9
10-20	7.035 ±889	1.192±221	45.961 ±8.629	50±10	113±4	106±20
20-30	7.905 ±299	1.216±68	54.506 ±756	41±2	99±1	106±3
30-40	7.961±101	1.141±32	50.756 ±894	37±4	91±4	85±1
40-50	8.314±1.232	948 ±193	49.834 ±11.236	46±16	109±27	70±16
50-60	8.484±602	701 ±76	56.001±8.343	43±8	98±35	57±7
60-70	8.955±132	486 ±23	63.775±3.949	37±10	64±7	47±3
70-80	8.702±1.012	71 ±29	75.393±9.769	30±15	45±14	36±5
80-90	9.018±848	-	78.380 ±8.604	21±6	53±31	34±4
90-100	8.616±457	14±1	87.184 ±8.480	23±9	34±6	33±5
100-110	9.198±202	-	89.663 ±7.481	15±7	35±15	35±4
110-120	9.740±362	65±5	97.238 ±2.916	12±2	29±8	34±1
120-130	8.949±157	-	102.361±2.401	13±3	28±2	34±2
130-140	8.536±517	16±2	95.213 ±16.132	34±16	43±15	32±4
140-150	9.096±166	-	114.225±3.387	12	28±9	33
150-160	8.955±283	-	103.898±16.616	19±12	64±59	32±4
160-170	9.240±160	-	118.122±5.555	11±1	31±12	34±2
170-180	8.372±930	-	110.418±17.946	24±9	47±26	28±4
180-190	9.280±393	-	128.280±4.440	14±3	26±10	30
190-200	9.350±392	-	125.773±4.651	11±2	19±1	34±3
Unidade de Escavação – 04						
0-10	5.851±142	1.630±88	37.984±2.181	47±1	154±2	139±8
10-20	6.558±389	1.741±149	41.688±3.390	53±5	168±11	153±9
20-30	6.977±314	1.808±131	44.759±4.495	62±5	171±19	142±13
30-40	7.188±285	1.776±68	44.530±565	57±5	166±23	143±3
40-50	9.695±336	759±18	74.778±3.131	32±2	88±13	52±1
50-60	6.685±760	1.545±241	37.558±3.985	71±8	161±11	126±16
60-70	7.718±136	1.722±79	45.41±2.778	53±8	158±21	128±10
70-80	8.947±282	1.360±55	54.509±3.580	39±5	128±27	80±6
80-90	9.242±366	786±64	61.853±5.532	36±12	103±31	61±5
90-100	9.499±432	263±6	67.300±7.678	34±16	65±27	45±4
100-110	10341±851	-	78.555±6.376	13±6	35±16	37±3
110-120	10.092±384	-	78.070±2.194	12±1	32±11	39±1
120-130	9.860±103	113±2	76.648±4.270	16±2	44±16	43±3
130-140	9.082±679	-	85.673±9.005	18±10	25±4	34±4
140-150	9.603±615	-	82.349±11.675	19±12	42±28	37±4
150-160	9.514±270	-	112.660±17.897	16±3	28±2	35±2
160-170	9.687±350	-	105.313±9.593	22±4	32±16	35±2

Nota: "-" = abaixo do limite de detecção. Os dados apresentados são médias aritméticas de três avaliações ± os valores do desvio padrão.

Fonte: Autores.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O grande número de sítios arqueológicos, a espessura e a intensidade das camadas antropizadas do solo, indicam uma área de intensa e prolongada ocupação humana na área da Volta Grande do Xingu.

Os indicadores químicos, aumento dos teores de P, Ca, Mn, Zn, Cu e Sr em camadas de solos se correlacionaram intimamente com as descrições das cores mais escuras e da presença de artefatos nos dois sítios estudados, indicado formação de horizontes de solos antrópicos.

Os teores de Sr e Ba pouco utilizados nas análises químicas tradicionais se mostraram excelentes indicadores das alterações humanas nos solos.

A elevação da susceptibilidade magnética, em decorrência do aquecimento do solo abaixo das fogueiras, é um indicador muito robusto para a delimitação horizontal e vertical das alterações antrópicas no solo.

A avaliação qualitativa e semi-quantitativa com pXRF, equipamento ainda pouco utilizado na arqueologia brasileira se mostra bastante robusta para a avaliação de alterações químicas nas amostras de sedimentos e solos em especial de teores de Ti, Fe, Mn, Cu, Sr, com a vantagem de ser não destrutiva da amostra analisada

Os horizontes de solos antrópicos são um registro das atividades humanas e podem ser considerados artefatos arqueológicos. A preservação deste legado de civilizações pretéritas é dever da nossa sociedade.

5. AGRADECIMENTOS

Escavações feitas com autorização do IPHAN, através da portaria nº 158 (06/05/2016), publicada no Diário Oficial da União (DOU) nº 87 em 09/05/2016. Em continuação a trabalhos anteriores na área. Agradecimentos ao contratante do trabalho a empresa Belo Sun Mineração Ltda. e a parceria com a Inside Consultoria Científica. Aos estagiários do Laboratório LAMAS, Gabriela Dias e Ana Sara pelo auxílio na análises das amostras.

REFERÊNCIAS

- Adalberto, P. d. P. 2002. *Brasil: Amazônia Xingu. Brasília: Senado Federal.*
- Anand, R. R.; Gilkes, R. J. 1987. Iron oxides in lateritic soils from Western Australia. *Journal of Soil Science*, 38(4): 607-622.
- Arroyo-Kalin, M. 2009. Steps towards an ecology of landscape: the pedo-stratigraphy of anthropogenic dark earths. In: Woods, W.; Teixeira, W. G.; Lehmann, J.; Steiner, C.; Winklerprins, A.; Rebellato, L. (ed.). *Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's vision.* Dordrecht: Springer. pp. 33-83.
- Birk, J.; Teixeira, W. G.; Neves, E. G.; Glaser, B. 2011. Faeces deposition on Amazonian Anthrosols as assessed from ^{51}Cr -stanols. *Journal of Archaeological Science*. 38: 1209-1220.
- Castro, A. 2020. Um regime de opulência: grupos ceramistas da Volta Grande do rio Xingu. Dissertação de Mestrado. Departamento de Antropologia, UFPA, Belém.
- Coudreau, H. 1977. *Viagem ao Xingu.* Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Edusp. 166 p.
- Faria, E. da S. S. 2016. *Viagem Etno-histórica e Arqueológica ao Médio Xingu: Memória e História Indígena na Amazônia.* Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Antropologia, Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Belém.
- IBGE - EMBRAPA. 2001. Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE/EMBRAPA, mapa, color., 107 x 100 cm, escala 1:5.000.000.
- Kalnicky, D. J.; Singhvi R. 2001. Field portable XRF analysis of environmental samples. *Journal of Hazardous Materials* 83: 93-122.
- Kämpf, N.; Kern, D. C. 2005. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: Vidal-Torrado, P., Alleoni, L. R. F.; Cooper, M.; Silva, A. P. D.; Cardoso, E. J. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo.* Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Pp. 277-320.
- Kern, D. C.; Costa, M. L. D.; Ruivo, M. D. L. P. 2008. Métodos e técnicas geoarqueológicas para caracterização de solos com Terra Preta na Amazônia: contribuições para a arqueologia. In: Rubin, J. C. de; Silva, R. T. (Ed.) *Geoarqueologia: teoria e prática.* Goiânia: UCG. Pp. 133-152.
- Lima, H. N.; Shaefer, C. E. R.; Mello, J. W. V.; Gilkes, R. J.; Ker, J. C. 2002. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of Western Amazonia. *Geoderma* (110): 1-17.
- Macedo, R. S.; Teixeira, W. G.; Corrêa, M. M.; Martins, G. C.; Vidal-Torrado, P. Pedogenetic processes in anthrosols with pretic horizon (Amazonian Dark Earth) in Central Amazon, Brazil. *PLoS One*, v. 12, p. e0178038, 2017.
- Macedo, R. S.; Teixeira, W. G.; Lima, H. N.; Souza, A. C. G. de; Silva, F. W. R.; Encimas, O. C.; Neves, E. G. 2019. Amazonian dark earths in the fertile floodplains of the Amazon River, Brazil: an example of non-intentional formation of anthropic soils in the Central Amazon region. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências Humanas*, pp. 207-227.
- Melquiades, F. L.; Bastos, R. O.; Biasi, G. E.; Parreira, P. S.; Appoloni, C. R. 2011. Granulometry and moisture influence for in situ soil analysis by portable EDXRF. In V. R. Vanin (Ed.). *AIP Conference Proceedings*. 1351(1):317-320.
- Nimuendaju, C. 1948. Tribes of the lower and middle Xingu river. In: Julian H. Steward (ed.). *Handbook of South American Indians.* New York. 3: 213-243.
- NIST - National Institute of Standards & Technology. Certificate of Analysis Standard Reference Material® NIST 2710a, NIST 2711a, NIST 2709a. Disponível em: <https://www.nist.gov/>. Acesso em: 10 mai. 2017.
- Nogueira, J. N.; Teixeira, W. G.; Vasques, G de M. 2017. Uso de espectrômetro de fluorescência de raios X portátil (pXRF) para avaliação de teores de titânio (Ti) em amostras de solo. In *Anais do Seminário Pibic Embrapa Solos - 2016-2017.* Rio de Janeiro: Embrapa Solos, pp. 32-35, 3p.
- Resende, M.; Santana; Franzmeier, D. P.; Coey, J. M. D. 1988. Magnetic Properties of Brazilian Oxisols. IN *International Soil Classification Workshop, 8.,* Rio de Janeiro: Proceedings.
- Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. dos; Oliveira, V. A. de; Lumberras, J. F.;

- Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Araújo Filho, J. C. de; Oliveira, J. B. de; Cunha, T. J. F. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa
- Schaan, D. P.; Kern, D. C.; Frazao, F. J. 2009. An assessment of the cultural practices behind the formation (or not) of amazonian dark earths in Marajó island archaeological sites. In: Woods, W.; Teixeira, W.; Lehmann, J.; Steiner, C.; Winklerprins, A. Amazonian Dark Earths: wim sombroecks vision. Berlin: Springer, pp. 127-141.
- Schaefer, C. E. G. R.; Lima, H. N.; Gilkes, R. J.; Mello, J. W. V. 2004. Micromorphology and electron microprobe analysis of phosphorus and potassium forms of an Indian Black Earth (IBE) Anthrosol from Western Amazonia. *Australian Journal of Soil Research* 42: 401-409.
- Silva, F. W. R.; Lima, H. N.; Teixeira, W. G.; Motta, M. B.; Macedo, R. S. 2011. Caracterização química e mineralogia de solos antrópicos (Terras Preta de Índio) na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35: 673-681.
- Silva, W. F. do V., Barbosa, L. A. de S., Santos, M. F. da S. 2017. Programa de Estudos Arqueológicos e Educação Patrimonial da área de influência do Projeto Volta Grande, Senador José Porfirio, Pará. 1ed. Belém: Inside Consultoria Científica, 635 p.
- Snethlage, E. 1912. A travessia entre o Xingú e o Tapajoz. *Boletim do Museu Goeldi, Belém* 7: 49-92.
- Söderström, M.; Eriksson, J.; Christian, I.; Schaan, D. P.; Stenborg, P.; Rebellato, L.; Piikki, K. 2016. Sensor mapping of Amazonian Dark Earths in deforested croplands. *Geoderma*, 281(1): 58-68.
- Steinen, K. 1886. von den. *Durch Central-Brasilien: Expedition zur Erforschung des Schingú im Jahre 1884*. F. A. Brockhaus, Leipzig, 440 p.
- Steinen, K. 1894. von den. *Unter den Naturvölkern Zentral-Brasiliens. Reiseschilderungen und Ergebnisse der zweiten Schingú-Expedition 1887–1888*. Geographische Verlagsbuchhandlung von Dietrich Reimer, Berlin, 572 p.
- Sternberg. 2014. Magnetic properties and archaeomagnetism. In: Brothwell, D. R.; Pollard, A. M. *Handbook of Archaeological Sciences*. New Jersey: Wiley.
- Taube, P. S.; Hansel, F. A.; Madureira, L. A. D. S.; Teixeira, W. G. 2012. Organic geochemical evaluation of organic acids to assess anthropogenic soil deposits of Central Amazon, Brazil. *Organic Geochemistry*, 58: 96-106.
- Teixeira, W. G., Lima, R. A. de. 2016. O solo modificado pelo homem (solo antrópico) como artefato arqueológico. In: *Seminário Preservação de Patrimônio Arqueológico*. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 4:123-147.
- Teixeira, W. G.; Kern, D. C.; Madari, B. E.; Lima, H. N.; Woods, W. 2010. *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas (EDUA): Embrapa Amazônia Ocidental. 420 p.
- Teixeira, W. G.; Lumbreras, J. F.; Nogueira, J. do N. P.; Shinzato, E. 2019. A susceptibilidade magnética e a condutividade elétrica aparente em amostras de solos da XII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Rondônia. In: Lumbreras, J. F.; Silva, L. M. da; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Wadt, P. G. S.; Pereira, M. G.; Delarminda-Honoré, E. A.; Burity, K. T. L. (ed.). *Guia de campo da XII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Rondônia*. Brasília, DF: Embrapa. E-book. cap. 9.
- Teixeira, W. G.; Shinzato, E.; Lumbreras, J. F.; Nogueira, J. do N. P. 2018. A susceptibilidade magnética e a condutividade elétrica aparente de amostras dos solos da XI Reunião de Classificação e Correlação de Solos (RCC de Roraima). In: Batista, K. D.; Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; Oliveira, V. A. de; Vale Júnior, J. F. do (ed.). *Guia de campo da XI Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Roraima*. Brasília, DF: Embrapa, E-book. cap. 8.
- Terraplus. 2010. Conductivity meters. Disponível em: <https://terraplus.ca/product-details/conductivity-meters>. Acesso em: 4 nov. 2020.
- Weindorf, D.C.; Bakr, N., Zhu, B. 2014. Advances in portable X-ray fluorescence (PXRF) for

environmental, pedological, and agronomic applications. *Advances in Agronomy* 128:1-45.

Woods, W. 2010. O solo e as ciências humanas: interpretação do passado. In: Teixeira, W. G.; Kern, D. C.; Madari, B. E.; Lima, H. N.; Woods, W. *As terras pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: EDUA: Embrapa.

WRB USS Working Group. 2015. *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.