

Ação Antrópica e Pedogênese em Solos com Terra Preta em Cachoeira-Porteira, Pará

Anthropic and Pedogenic Processes of Terra Preta Soils in Cachoeira-Porteira, Pará State, Brazil

Dirse Clara Kern¹
Nestor Kämpf²

Resumo: A variabilidade espacial de propriedades morfológicas e químicas do solo e sua relação com a topografia foi usada para interpretar a ação antrópica e a subsequente pedogênese na evolução das terras pretas (Terra Preta de Índio) em três sítios arqueológicos. A ação antrópica, por meio da adição de resíduos, reflete-se na distribuição horizontal dos componentes analisados (C orgânico, Ca, Mg, Na, K, Mn, Zn e P), cuja acumulação está relacionada com a topografia. A evolução pedogênica subsequente pode ser observada na distribuição desses elementos em profundidade, no perfil do solo. A formação e evolução de solos com Terra Preta é produto da superposição de processos antrópicos e pedogênicos.

Palavras-Chave: Terra preta. Ação antrópica. Pedogênese. Sítio arqueológico.

Abstract: The spatial variability of morphological and chemical soil properties, and their relation to the land topography was used to delineate the action of ancient anthropic activity and pedogenesis in the evolution of Terra Preta (Indian Black Earth) soils at three archaeological sites. The anthropogenic accumulation and spreading of residues (indicated by the soils content in organic C, Ca, Mg, Na, K, Mn, Zn and P) is related to the sites topography, and is followed by a subsequent pedogenic evolution of the soil profile. The formation and evolution of black earth soils is the product of superposed anthropic and pedogenic processes.

Key Words: Black earth. Anthropic process. Pedogenesis. Archaeological site.

¹ MPEG - Museu Paraense Emílio Goeldi. Coordenação de Ciências da Terra. Av. Perimetral, 1901. Cx. Postal. 399. CEP 66.077-530. Belém (PA). (kern@museu-goeldi.br)

² UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Solos. (nkampf@opovo.net)



INTRODUÇÃO

Na Amazônia, os solos com Terra Preta, também conhecidas como Terra Preta de Índio, Terra Preta Arqueológica e Antrossolos, são formações antrópicas indígenas pré-colombianas, originadas em locais de antigas aldeias através da adição de resíduos domésticos (SMITH, 1980; ANDRADE, 1986; EDEN *et al.*, 1984; SOMBROEK, 1966). Em arqueologia, o termo *Terra Preta* designa a camada de ocupação humana em um sítio arqueológico, afetada por atividade antrópica antiga, geralmente correspondendo ao horizonte A do solo (KERN, 1988). Normalmente, as áreas de terras pretas são identificadas pela cor mais escura e a maior espessura do horizonte A, em comparação às áreas adjacentes não afetadas pela ação antrópica. Destacam-se também, como indicadores dessas formações, a presença de fragmentos de cerâmica e líticos, bem como a acumulação de Ca, P e C orgânico (KERN; KÄMPF, 1989; EDEN *et al.*, 1984; FALESI, 1972; PABST, 1985). Diferenças entre terras pretas de diferentes regiões são explicadas por variações na intensidade de ocupação nas respectivas áreas (SMITH, 1980).

Há diferentes interpretações quanto à gênese das terras pretas (KERN, 1988). Além da formação antrópica indígena pré-histórica não-intencional, outra hipótese que vem sendo discutida é sua formação intencional, antropogênica, segundo o sistema de manejo (queimadas, adição de resíduos) utilizado pelos ocupantes primitivos objetivando a produção agrícola (RANZANI; KINJO; FREIRE, 1970; PABST, 1985; CORREA, 1987; GLASER *et al.*, 2001; MCCANN; WOODS; MEYER, 2001). O processo de formação das terras pretas foi, gradativamente, interrompido na fase pós-colombiana, devido ao desaparecimento das populações indígenas (MORAN, 1990). Na seqüência, teve seguimento a evolução pedogênica desses solos, eventualmente acrescida da ação humana moderna através de uma agricultura extrativista. Desta maneira, as áreas de Terra Preta

podem apresentar solos evoluídos por processos antrópicos ou antropogênicos antigos e pedogênese, além de uma eventual ação humana recente.

Apesar do grande número de áreas com Terra Preta analisadas, as informações quanto à variabilidade das propriedades do solo são escassas, limitando-se a indicar uma maior espessura e um teor mais elevado de nutrientes no centro das mesmas (FALESI, 1972; PABST, 1985). Observações em locais de antiga atividade humana mostram que a prolongada ocupação humana das áreas tende a imprimir uma variabilidade sistemática aos solos, traduzida por mudanças graduais ou marcantes em suas propriedades (LUTZ, 1951; GRIFITH, 1980; 1981; PETTRY; BENNE, 1989). Ao ocupar um ecossistema já estabelecido, o ser humano traz consigo elementos da sua cultura (isto é, o produto do seu trabalho ou pensamento), que passam a atuar como variáveis da ação humana como fator de formação do solo (AMUNDSON; JENNY, 1991). Em decorrência é de se esperar que haja também uma variabilidade espacial das propriedades do solo nas áreas de Terra Preta, resultante do padrão de ocupação humana e que possa servir de indicadora da sua cultura na formação da mesma. Para verificar essa possibilidade, foram analisadas as características morfológicas e químicas em transeções de solos com terra preta em três sítios arqueológicos na região de Cachoeira-Porteira, município de Oriximiná, a noroeste do estado do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

Na região de Cachoeira-Porteira, no município de Oriximiná, estado do Pará, foram amostrados, em 1986, três sítios arqueológicos com Terra Preta (PA-OR-73: Colônia; PA-TR-2: Área 11; PA-MP-1: Três Ilhinhas). O sítio Colônia localiza-se na margem direita do rio Trombetas, cerca de 5 km a jusante de Cachoeira Porteira (Figura 1); ocupa cerca de 1 ha em terraço baixo pleistocênico; o solo dominante nessa superfície é um Latossolo Amarelo Distrófico,



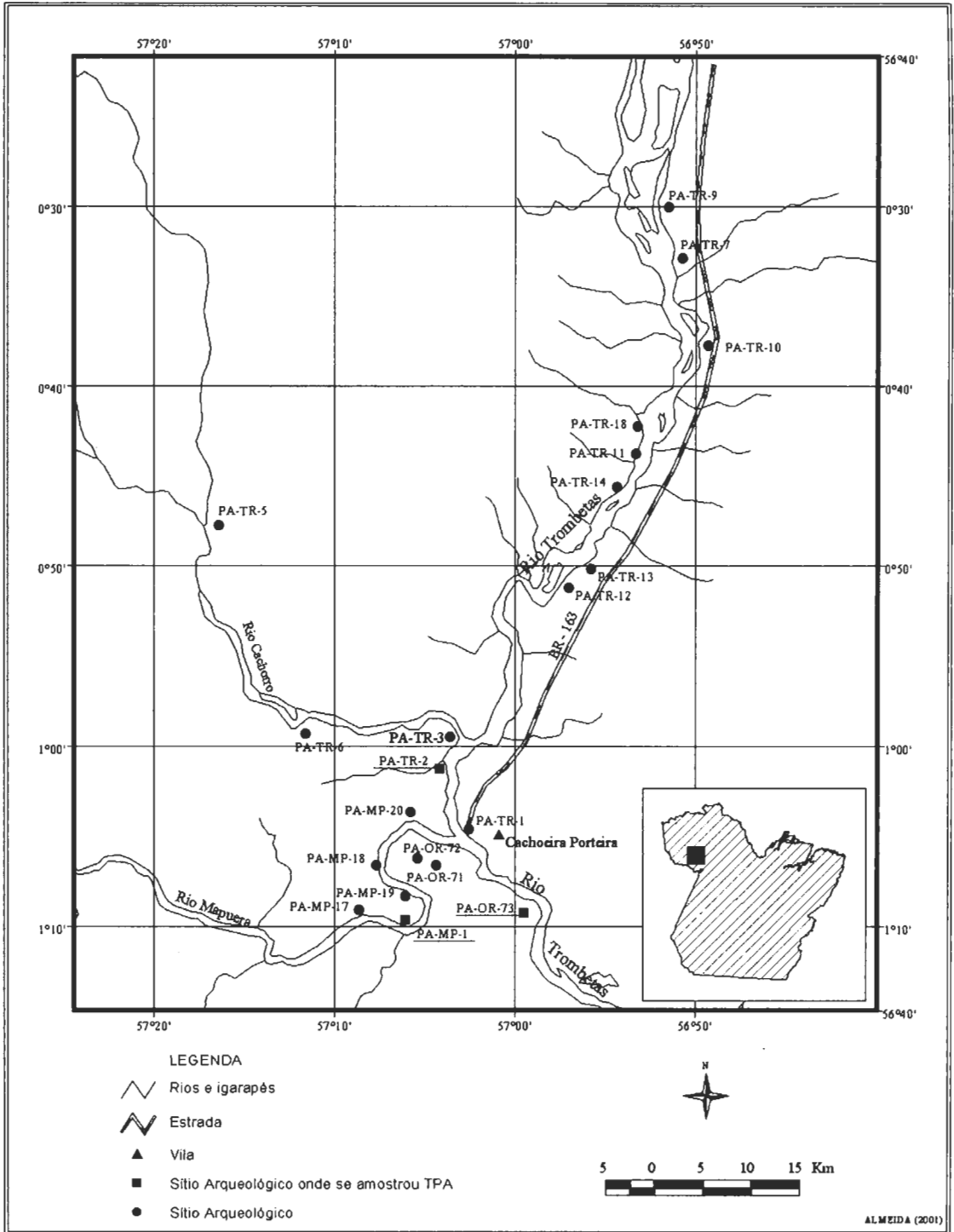


Figura 1. Mapa de localização dos sítios arqueológicos da região de Cachoeira Porteira - Oriximiná, PA.

enquanto que a planície de inundação ao sul do sítio é ocupada por um Plintossolo Argilúvico. O sítio Área 11 situa-se na margem direita do rio Trombetas, a cerca de 8 km a montante de Cachoeira Porteira; o solo local é um Plintossolo Pétrico Concrecionário Distrófico. O sítio Três Ilhinhas localiza-se na margem direita do rio Mapuera, afluente do rio Trombetas, cerca de 8 km em linha reta de Cachoeira-Porteira. Ocupa cerca de 0,7 ha em terraço elevado pleistocênico recoberto por laterita terciária. O solo local é um Latossolo Amarelo Distrófico. A pluviosidade na região é de, aproximadamente, 1.750 mm/ano, com dois meses secos (BRASIL, 1976), indicando um regime údico isoipertérmico (ESTADOS UNIDOS, 1997).

Em cada sítio foram feitas duas transeções, norte-sul (NS) e leste-oeste (EW), uma paralela e outra perpendicular ao curso d'água adjacente, além de amostras suplementares no sítio Área 11; nas transeções foram efetuadas tradagens em espaçamento constante de 10 metros, sendo identificados, morfologicamente, e amostrados os horizontes até a profundidade de 1,2 m (LEMOS; SANTOS, 1996). Para testar a viabilidade da delimitação do efeito antrópico nos solos através das suas propriedades químicas, essas transeções ultrapassam a área de Terra Preta previamente delimitada pela cor escura no levantamento arqueológico, incluindo, portanto, parte dos solos adjacentes para fins de comparação. As transeções têm extensão variável no sentido EW e NS, onde em cada sítio a transeção mais longa é sempre paralela ao curso d'água.

Na fração terra fina (> 2mm) foram determinados: os cátions trocáveis Ca, Mg, Na e K extraídos com acetato de amônio a pH 7; Al e H+Al, respectivamente com KCl N e CaOAc N pH 7; o pH(H₂O) segundo EMBRAPA (1979); o carbono orgânico foi determinado pelo método Walkley-Black (TEDESCO; VOLKWEISS; BOHNEN, 1985). O fósforo foi extraído segundo Mehlich-1 (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N), conforme Tedesco,

Volkweiss e Bohnen (1985). Os elementos Fe, Zn e Mn foram extraídos com oxalato de amônio e determinados no EAA (SCHWERTMANN, 1964). A fração argila foi analisada por difratometria de raios-x, em equipamento Philips com radiação Fe e monocromador de grafite.

RESULTADOS

A formação antrópica

As características pré-antrópicas dos solos nas áreas de Terra Preta são consideradas similares às dos solos referência vizinhos (KERN; KÄMPF, 1989). O caráter caulínico e ácido desses solos é resultado do ambiente tropical com temperatura e pluviosidade elevadas, que favorecem uma pedogênese com processos de hidrólise e lixiviação intensas. Essa condição tem-se mantido até o presente, sendo que nas áreas de Terra Preta foi acrescida da ação humana durante um período desconhecido, mas, suficientemente longo e intenso para imprimir-lhes características químicas distintas dos solos vizinhos.

Os efeitos dessa ação antrópica pré-colombiana são exemplificados com a distribuição horizontal dos teores de C orgânico, Ca, Mg, P, Zn e Mn, nos locais amostrados ao longo das transeções do sítio Colônia (Figuras 2 a 6); a Tabela 1 mostra a amplitude dos teores desses elementos nos quatro primeiros horizontes mais superficiais dos três sítios; esses horizontes representam o máximo de horizontes antrópicos (Au) identificados na extensão de Terra Preta das transeções de cada sítio. Em função da sua presença comum e maior concentração nas áreas de Terra Preta em comparação aos solos adjacentes, esses elementos são os principais indicadores químicos da ação antrópica; o K, Na, e o pH são indicadores menos eficientes, conforme discutido mais adiante. A distribuição dos diversos indicadores químicos ao longo das transeções mostra a sua ocorrência

associada na composição dos resíduos. Isto se verifica, também, na seqüência dos horizontes Au no perfil dos solos, onde o decréscimo dos teores com a profundidade é comum entre os indicadores, com exceção do fósforo.

Os teores de C orgânico alcançam até 91 g. kg⁻¹ no sítio Colônia (Figuras 2 e 3), 63 g. kg⁻¹ no Área 11 e 38 g. kg⁻¹ no sítio Três Ilhinhas. A distribuição do carbono, apesar de decrescente, é relativamente difusa na transição para os solos vizinhos. Mesmo assim, a natureza do material orgânico e sua complexação com os outros elementos destacam a cor escura e a espessura da camada antrópica. Coincidindo com os locais de acumulação máxima do C orgânico, foram observados teores de Mn próximos a 1000 mg. kg⁻¹; este elemento demarca mais claramente a extensão lateral e vertical da Terra Preta, pois não foi detectado nos solos vizinhos. A mesma abrangência foi mostrada pelo fósforo (P), alcançando no horizonte Au1 teores de 448 mg. kg⁻¹ no sítio Colônia, 431 mg. kg⁻¹ no Área 11 e 276 mg. kg⁻¹ no sítio Três Ilhinhas.

Zinco, cálcio, magnésio, sódio e potássio mostram uma abrangência horizontal mais restrita nas áreas, limitando-se à zona mais próxima ao rio. Os teores de zinco alcançam até 60 mg kg⁻¹, e sua distribuição nas transeções indica, claramente, zonas de deposição preferencial (Figuras 4 e 5), confirmando os pontos de acumulação evidenciados pelos demais elementos. O cálcio e, principalmente, o magnésio têm uma distribuição horizontal ainda mais reduzida do que o Zn e o Mn. Os teores de potássio (até 92 mg. kg⁻¹) e de sódio (até 34 mg. kg⁻¹) são baixos, conforme, também, constataram Sombroek (1966), Ranzani, Kinjo e Freire (1970), Kern (1996) e Kern, Costa e Frazão (1999), em outras terras pretas; esse comportamento pode decorrer do seu baixo teor nas fontes dos resíduos ou da sua lixiviação favorecida pela elevada saturação de Ca no complexo de troca. O Al se evidencia por apresentar decréscimos coincidentes com os aumentos nos teores dos cátions

básicos (Ca, Mg, K, Na), conforme é esperado; entretanto, há locais na Terra Preta onde o Al alcança até 3,4 cmol. kg⁻¹, com ausência de Ca e até 80 mg. kg⁻¹ de P (Figura 6). Nesses casos, a cor do solo, fragmentos de cerâmica, os teores de manganês ou apenas de fósforo são os melhores indicadores de Terra Preta. Também o pH mostrou-se adequado para delimitar locais de acúmulo preferencial, dado ao fato de estar relacionado ao acúmulo de bases e diminuição do Al; os valores mais elevados alcançam pH 7,1 no sítio Três Ilhinhas. Ao contrário dos demais elementos analisados, o Fe extraído com oxalato de amônio não mostrou correlação com outras características químicas; seus teores geralmente são baixos, mas podem ser, também, superiores (até 5,9 g kg⁻¹) aos encontrados nos Latossolos Amarelos adjacentes (1 a 2 g. kg⁻¹); isto sugere algum efeito da acumulação antrópica de compostos orgânicos na cristalinidade dos óxidos de ferro.

Resumindo, dos elementos analisados, verifica-se que o P e o Mn ocupam a maior extensão nas transeções e sua abrangência concorda com a delimitação arqueológica das terras pretas baseada na cor do horizonte A. Os demais elementos têm uma abrangência espacial mais restrita, notadamente Na, K, Zn e Mg. Os baixos teores dos elementos nas extremidades das transeções (Figuras 2, 3 e 4) correspondem aos observados em perfis dos solos adjacentes às áreas de Terra Preta (KERN; KÄMPF, 1989), e que na Amazônia estão normalmente presentes nestas classes de solos (SOMBROEK, 1966, SILVA *et al.*, 1970; FALESI, 1970; BRASIL, 1976).

Nas transeções perpendiculares aos cursos d'água (Figuras 2, 3 e 4) os elementos indicadores de Terra Preta ocorrem numa extensão ligeiramente menor do que nas transeções paralelas (Figuras 5 e 6), concentrando-se nas proximidades dos cursos d'água. A disposição das áreas de acumulação preferencial, segundo a topografia do terreno, bem como a distribuição dos elementos indicadores em profundidade no solo (ver adiante) não permitem inferir que sejam originadas simplesmente por

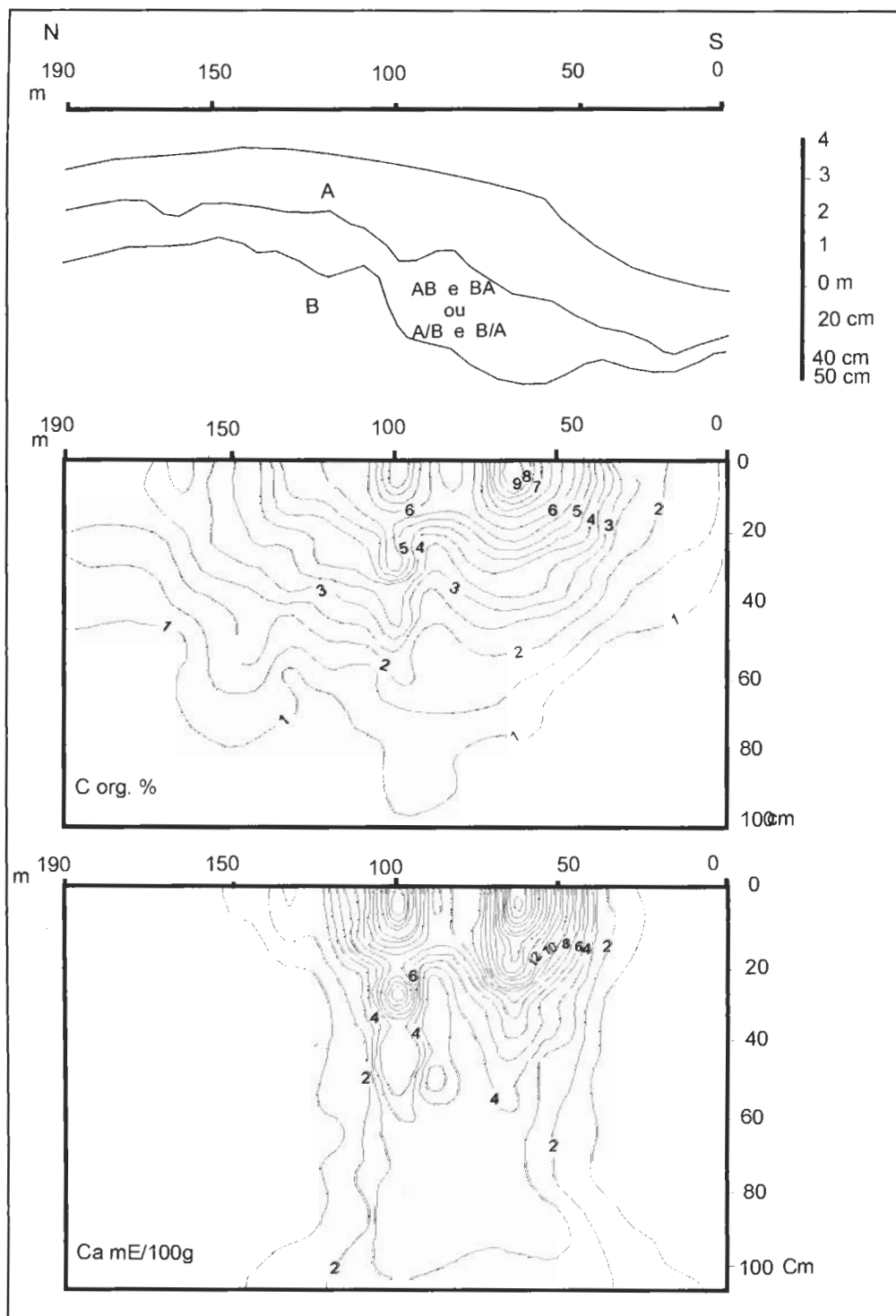


Figura 2. Distribuição dos elementos C orgânico e Ca na transversal. N-S do sítio PA-OR-73: Colônia.



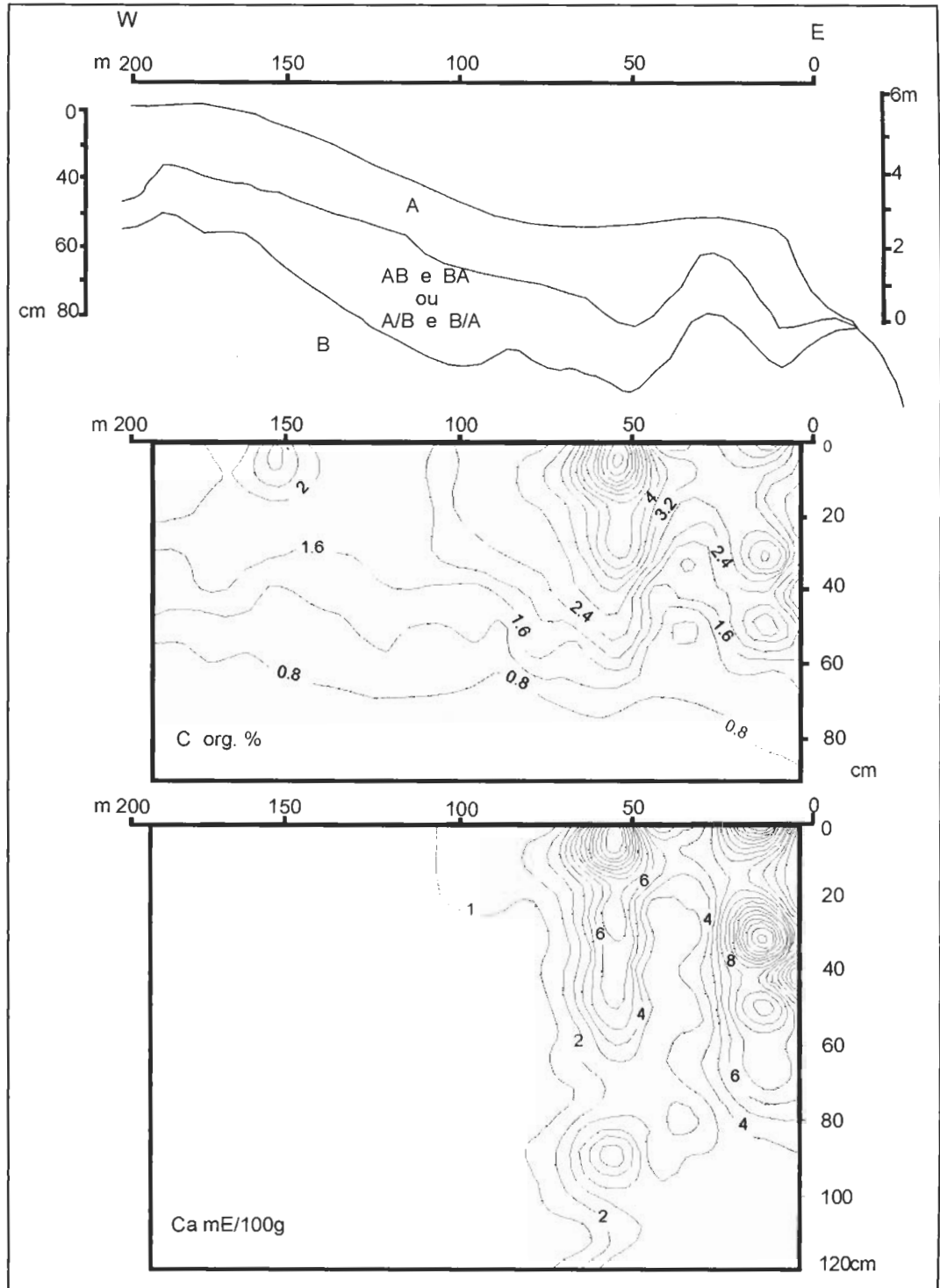


Figura 3. Distribuição dos elementos C orgânico e Ca na transversal, E-W do sítio colônia.

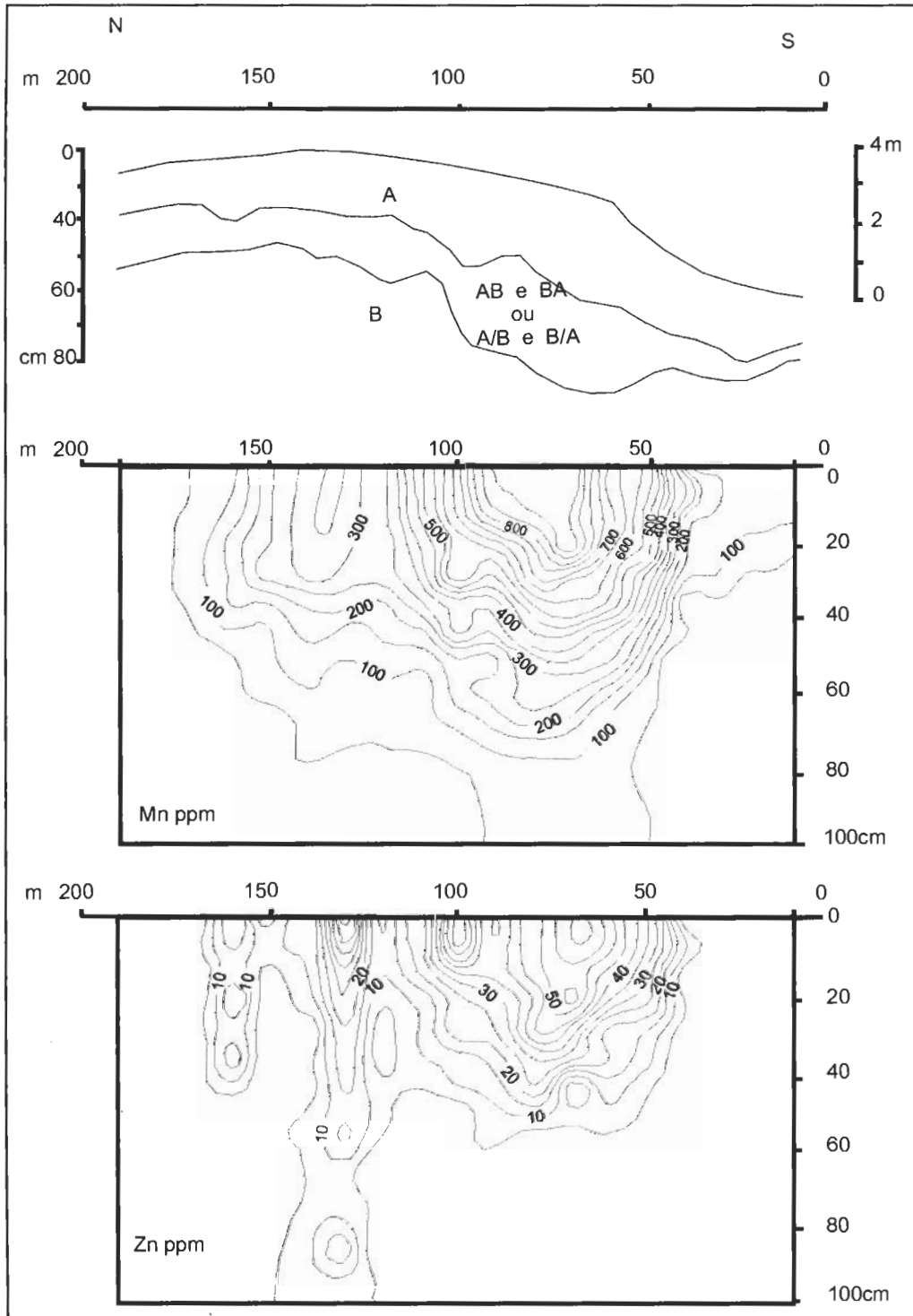


Figura 4. Distribuição dos elementos Mn e Zn na transversal. N-S do sítio PA-OR-73: Colônia.

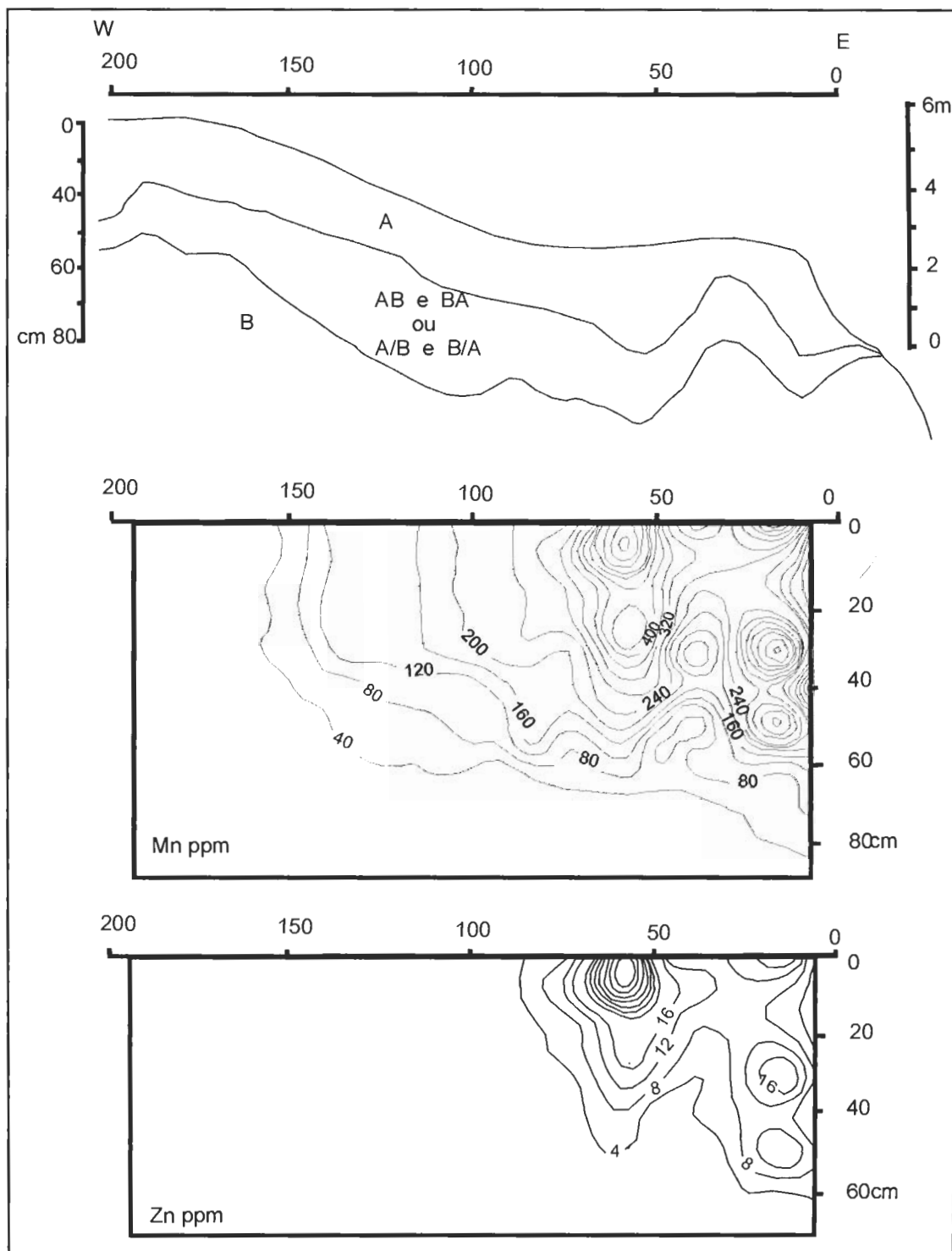


Figura 5. Distribuição dos elementos Mn e Zn na transversal. E-W do sítio PA-OR-73:Colônia.



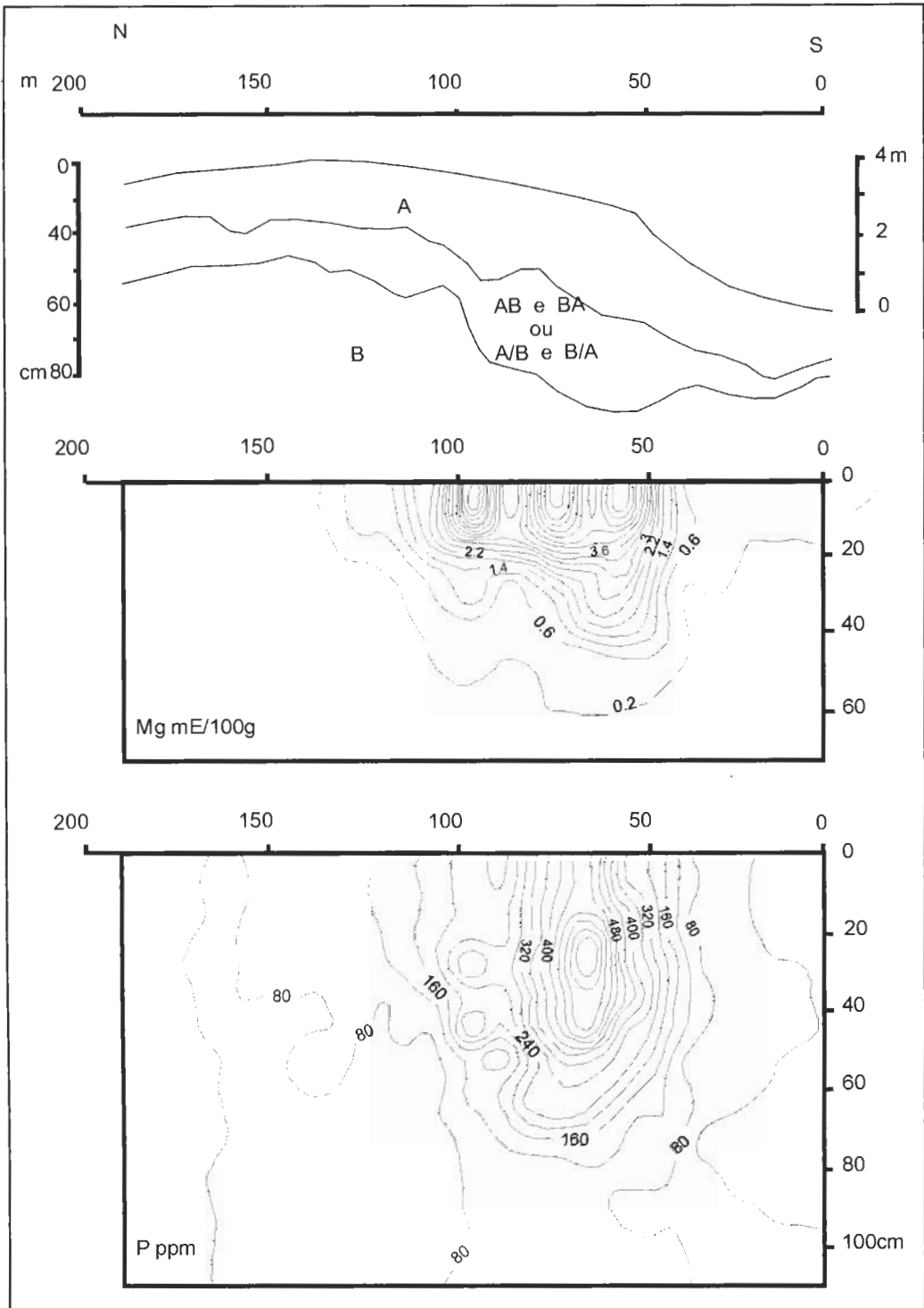


Figura 6. Distribuição dos elementos Mg e P na transversal. N-S do sítio PA-OR-73:Colônia.



erosão de material originalmente depositado em cotas mais altas, conforme sugerida por Pabst (1985). Uma explicação alternativa é de que os locais com acúmulo maior dos elementos indicam áreas preferenciais para a deposição de resíduos. Neste contexto, o padrão indicaria a variabilidade espacial da ação antrópica pré-histórica, refletindo as feições culturais ou o seu modelo de assentamento. Assim, observa-se a tendência das maiores acumulações situarem-se nas posições de inflexão convexa (ombro) e encosta das áreas de Terra Preta. Isto indica que as áreas preferenciais de descarte dos resíduos situavam-se na periferia da zona ocupada pela população indígena. Nesta ótica, sua disposição na área pode ser interpretada como resultado de uma deposição sistemática e intencional.

Observa-se que nas transeções perpendiculares ao rio Trombetas no sítio Colônia, destacam-se dois pontos de maior acumulação e espessura de resíduos: o primeiro de máxima acumulação situa-se na encosta ou transição ombro-encosta em nível topográfico inferior ao segundo, que está situado na transição da superfície de topo para o ombro. A localização desses pontos de descarte poderia estar relacionada à variação estacional do nível do rio, referente ao período normal e ao período das chuvas, ou a uma oscilação climática mais ampla, que condicionou o comportamento da população local.

A continuidade da evolução pedogênica pós-colombiana

Na fase pós-colombiana, com a rarefação da população indígena, o abandono dos sítios levou novamente ao predomínio dos processos pedogênicos. Essa fase é avaliada e interpretada segundo a espessura das camadas de Terra Preta (horizonte A antrópico) e dos horizontes transicionais (AB e BA), bem como da função profundidade dos elementos indicadores ao longo das transeções, em comparação aos solos referência vizinhos.

Morfológicamente, a camada de Terra Preta é constituída de um a quatro horizontes Au (horizonte A antrópico). Ao longo das transeções a espessura dos horizontes mostra uma feição ondulada (Figura 7), cuja ciclicidade está relacionada ao teor dos elementos acumulados (veja acima). Os pontos de acumulação são coincidentes com os locais de maior espaçamento do horizonte Au e dos horizontes transicionais. O fato da topografia dos horizontes ser independente da topografia da superfície sugere o crescimento da Terra Preta em profundidade, através da modificação dos horizontes originais.

Nas tradagens em Terra Preta a seqüência de horizontes é distinguida, principalmente, pela diferença de cor: Au 10YR 2/1; AB 10YR 3/1; A/B predomínio de 10YR 2/1 ou 10YR 3/1 em relação a 10YR 5/6; B/A predomínio de 10YR 5/6 ou 10YR 5/8 em relação a 10YR 3/1 ou 10YR 4/2; e horizonte B 10YR 5/6 ou 10YR 5/8. No Latossolo Amarelo o horizonte A tem cores 10YR 3/2 e 3/4. A espessura dos horizontes transicionais (AB e BA) ou intermediários (A/B e B/A) é maior na área de Terra Preta (Figura 7), decrescendo gradualmente para os solos vizinhos. Esse comportamento mostra que o desenvolvimento do efeito antrópico em profundidade não está relacionado apenas à taxa de deposição de resíduos, mas, também, à posterior iluviação de compostos orgânicos e lixiviação dos elementos; disto resultou a transformação da parte superior do horizonte B do solo original em horizontes transicionais ou intermediários, bem como dos horizontes transicionais originais em horizontes Au. Na formação dos horizontes intermediários A/B e B/A também contribuiu a bioturbação pedogênica, segundo as evidências locais da atividade de térmitas.

A lixiviação dos elementos, para os horizontes subjacentes, deve-se à ação de processos pedogênicos de transferência vertical (melanização, lessivagem, bioturbação) para os horizontes subjacentes. Assim, por exemplo, os teores de C orgânico alcançam até 10 g. kg⁻¹ a 1 metro de

profundidade: o cálcio mostra uma grande mobilidade vertical, alcançando teores maiores que 3 cmol. kg^{-1} em profundidade superior a 1,2 m no sítio Colônia. O fósforo também confirma os processos de transferência, distinguindo-se dos demais elementos por apresentar os maiores teores nos horizontes Au2 e Au3, onde alcança até 670 mg. kg^{-1} no sítio Colônia. Em profundidade, chega a apresentar teores superiores a 130 mg. kg^{-1} de P a 1,2m, com um teor acumulado no perfil de 2500 mg. kg^{-1} . Esse acúmulo maior de fósforo nos horizontes subjacentes das terras pretas também foi observado por Pabst (1985), Andrade (1986), Kern (1996), Costa e Kern (1999) e Lima (2001).

DISCUSSÃO

Na região, a pedogênese anterior à ação antrópica produziu solos cauliniticos e oxidicos, ácidos e pobres em cátions básicos, das classes Latossolo Amarelo e Plintossolo Pétrico. Num tempo t, a ocupação antrópica em determinados sítios nestes solos produziu mudanças marcantes no ecossistema, alterações essas relacionadas à cultura de seus habitantes. Estas feições culturais são em parte reveladas pelo padrão da variabilidade morfológica e química nos solos dos sítios em comparação aos solos vizinhos não afetados. Outros aspectos culturais com base em fragmentos de cerâmica e líticos não são discutidos aqui.

Dentro da variabilidade na distribuição dos elementos nas transeções dos três sítios, existem locais preferenciais de sua acumulação. Sendo decorrentes da atividade antrópica, essas acumulações refletem o modelo de assentamento nestas áreas. A menor extensão da distribuição dos elementos ao longo das transeções perpendiculares aos rios, em comparação àquelas paralelas, revela uma atividade antrópica mais intensa ao longo e próximo aos cursos de água. Assim, no sítio Colônia os pontos preferenciais para a deposição dos resíduos foram na margem do rio Trombetas e a transição do

Latossolo Amarelo para o Plintossolo, na extremidade sul do sítio. Nos sítios Área 11 e Três Ilhinhos, os dejetos eram, preferencialmente, depositados na transição da superfície de topo para o ombro e a encosta em direção ao curso d'água.

Com excessão do ferro (Fe), os demais elementos analisados serviram para evidenciar a atividade antrópica na Terra Preta em comparação com as áreas adjacentes. A diversidade nos elementos indicadores de ação antrópica antiga, conforme foi verificado por vários autores (LUTZ, 1951; GRIFFITH, 1980, 1981; PETTRY; BENSE, 1989), é, em parte, explicada pela composição original dos solos. Quando o elemento é naturalmente abundante, como observado para o C, Ca e K em sítio de Ontário (GRIFFITH, 1980), o efeito da ação antrópica pode ser insuficiente para produzir diferenças marcantes em comparação às áreas adjacentes não afetadas. Entretanto, na região amazônica, devido à lixiviação intensa na fase pedogênica anterior à ocupação antrópica, os solos cauliniticos geralmente têm teores muito baixos de bases trocáveis e de fósforo; assim, sua adição antrópica, por menor que seja, é destacada e explica também o grande número de elementos possíveis de serem usados como indicadores de Terra Preta. Nas áreas de Terra Preta analisadas no presente estudo, não foram encontrados materiais que identificassem a possível fonte dos elementos acumulados, os quais, segundo Smith (1980), são atribuídos à resíduos de origem orgânica (urina, fezes, tecidos animais e vegetais, ossos). Provavelmente, a principal fonte do fósforo e cálcio da Terra Preta é a hidroxiapatita de ossos.

Os teores máximos de Ca alcançam de 13 a 20 cmol kg^{-1} nos três sítios, enquanto que em terras pretas de Monte Alegre (FALESI, 1970) e de Belterra (PABST, 1985) foram constatados teores de até 38 cmol. kg^{-1} , e de apenas $0,20 \text{ cmol. kg}^{-1}$ na Colômbia (EDEN *et al.*, 1984). A alta concentração de Ca, em comparação à ocorrência mais restrita de outros cátions básicos (Mg, Na e

K), é explicável pela maior afinidade deste elemento na ligação de ácido húmico à caulinita (VARADACHARI *et al.*, 1991). Por outro lado, altos teores de cálcio, possibilitando a formação de complexos estáveis com o material orgânico, também podem explicar o acúmulo e a estabilidade deste à degradação microbiana, o que favorece o processo de melanização da Terra Preta. Recentemente, Glaser *et al.* (2001) identificaram o carvão proveniente de queimadas como responsável pela estabilidade do material orgânico na Terra Preta.

Entre os elementos índice de atividade antrópica antiga, o fósforo tem sido considerado o melhor, principalmente por ser muito pouco móvel no solo; em arqueologia, uma variação desse elemento em profundidade tem sido atribuída ao abandono temporário do sítio, mudança no tamanho da população ou alteração na forma de subsistência (SJOBERG, 1976). Essa interpretação, também usada por Pettry e Bense (1989), pressupõe uma adição de material à superfície que proporcione um crescimento ascendente do solo; além disso, a referida baixa mobilidade do fósforo é baseada em observações de regiões não-tropicais úmidas. No presente estudo, a situação topográfica dos sítios e as características morfológicas e químicas evidenciam um espessamento da camada antrópica em profundidade via processos pedogênicos (melanização, lessivagem, bioturbação) concomitantes e posteriores à ação antrópica. A distribuição decrescente dos elementos em profundidade e o aumento da concentração de P nos horizontes Au inferiores, verificada nos três sítios analisados na região de Cachoeira-Porteira (Tabela 1), é uma evidência desses processos pedogênicos superpostos à ação antrópica antiga. Entretanto, a presença de fragmentos de cerâmica, em quantidade decrescente até as profundidades de 50 cm e 30 cm, respectivamente, nos sítios Colônia e Área 11 (KERN; KÄMPF, 1989), sugerem que houve, também, um crescimento ascendente durante a fase de formação antrópica da Terra Preta.

O acúmulo maior de fósforo nos horizontes Au subjacentes pode indicar uma mobilidade diferencial desse elemento, que é explicável pelo seguinte mecanismo: enquanto os cátions metálicos formam complexos com os compostos orgânicos (STEVENSON; FITCH, 1986), o P só é adsorvido à matéria orgânica principalmente via Al e Fe complexados (SCHEFFER; SCHACHTSCHABEL, 1982); a presença de ânions orgânicos também reduz a adsorção de fosfatos por competirem com os sítios de adsorção (LOPEZ-HERNANDEZ *et al.*, 1986). Nas terras pretas, do horizonte Au superficial aos Au subjacentes, concomitante com o aumento de fósforo e o decréscimo de Ca, Mg, Mn, Zn e de C orgânico, aumenta a relação Fe/C e o teor absoluto de Al^{3+} (KERN, 1988; KERN; KÄMPF, 1989). Isto significa um correspondente aumento na competitividade de Fe e Al na formação dos complexos e um menor teor de ânions orgânicos com a profundidade do solo; disto resulta a gradativa diminuição da mobilidade do P e sua maior retenção nos horizontes Au inferiores.

Os processos de melanização, lessivagem e bioturbação afetando os resíduos antrópicos são favorecidos pela elevada temperatura e pluviosidade local. Nessas condições, os horizontes inferiores dos solos, originalmente ácidos e pobres, são enriquecidos em diversos elementos químicos, notadamente C orgânico, Ca e P. Desta maneira, a fase pedogênica subsequente à ação antrópica pode ser considerada uma evolução progressiva desses solos.

A elevada fertilidade química nas terras pretas tem sido interpretada como um exemplo da capacidade antrópica em criar condições favoráveis à agricultura em solos tropicais altamente lixiviados (RANZANI; KINJO; FREIRE, 1970; PABST, 1985; CORREA, 1987; MCCANN; WOODS; MEYER, 2001), em contraposição à atividade contemporânea geralmente predadora. Entretanto, nos três sítios analisados a variabilidade espacial e a concentração localizada dos elementos indicadores nas inflexões do terreno indicam que o hábito principal do ocupante primitivo,



quanto à disposição dos resíduos, pode ter sido, simplesmente, o descarte em zonas marginais. O uso específico e intencional dos resíduos com vista à melhoria da fertilidade do solo para fins agrícolas recomendaria sua distribuição de forma mais homogênea na área. Desta maneira, o aproveitamento agrícola da Terra Preta pode ter sido um uso alternativo ou um estágio cultural posterior e, sem dúvida, é uma atividade recente do homem moderno que aproveita um meio não necessariamente criado com esse propósito pelos ocupantes pré-colombianos. É notável que as diferenças culturais entre sociedades produzam efeitos significativamente diferentes no ecossistema. Assim, a ocupação humana moderna, atraída pela herança cultural (isto é, alta fertilidade química) da Terra Preta, é desenvolvida através de uma agricultura extrativista, com remoção dos nutrientes pelas culturas e erosão do horizonte A antrópico. Desta maneira, promovida pela cultura do homem moderno, estabelece-se uma fase evolutiva regressiva dos solos com Terra Preta.

CONCLUSÕES

1. A formação antrópica da Terra Preta resulta do padrão cultural do habitante pré-colombiano. A distribuição horizontal dos elementos químicos indicadores em relação à topografia reflete o modelo de assentamento nos sítios analisados, mostrando locais para o descarte preferencial de resíduos nas proximidades dos cursos d'água, sem evidências de uma formação com objetivos agrícolas.
2. A evolução pedogênica subsequente à ação antrópica da Terra Preta consiste na transferência dos produtos da ação antrópica em profundidade dentro do perfil de solo, através de processos de melanização, lessivagem e bioturbação.
3. Na avaliação arqueológica de solos em áreas com Terra Preta deve ser considerada a contribuição de processos pedogênicos subseqüentes à fase antrópica, afetando a espessura do perfil.

Tabela 1. Amplitude de variação nas propriedades químicas da sequência dos horizontes do solo nas transversais EW e NS dos sítios Colônia (TPA1), Área 11 (TPA2) e Três Ilhinhos (TPA3). (n = número de amostras por horizonte; na = não analisado)

Sítio	Sequência vertical de horizontes no perfil	C	Ca	Mg	Na	K	P	Zn	Mn	Al	pH (H ₂ O)	Fe
		g/kg	cmol/kg			mg/kg					cmol/kg	g/kg
TPA1 n=38	1 (A ou Au)	14-91	0-20,3	0-7,5	0-34	5-92	4-448	0-60	0-937	0,1-6,2	3,4-6,0	0,0-3,3
	2 (A ou Au)	10-57	0-14,9	0-4,0	0-21	1-58	2-269	0-57	0-929	0-4,0	3,7-5,8	0,9-4,1
	3 (A ou Au)	05-42	0-10,9	0-2,8	0-10	0-52	3-671	0-37	0-662	0-3,7	4,0-5,5	0,6-3,9
	4 (AB ou Au)	4-27	0-5,5	0-0,7	0-7	0-11	3-540	0-19	0-474	0,3-3,8	4,0-5,3	0,3-3,2
TPA2 n=24	1 (A ou Au)	21-63	0-13,4	0,2-2,9	2-23	21-70	6-431	1-56	16-1262	na	3,6-5,4	1,6-3,8
	2 (A ou Au)	19-55	0-5,9	0-2,9	0-16	12-36	14-650	0-51	26-1325	na	4,0-5,2	2,3-5,9
	3 (A ou Au)	11-46	0-3,4	0-2,8	0-11	6-24	9-593	1-59	16-1104	na	4,1-5,0	1,2-3,6
	4 (A/B ou B)	6-28	0-3,5	0-2,7	0-13	3-22	9-483	2-31	21-620	na	4,1-5,1	0,6-2,7
TPA3 n=25	1 (A ou Au)	11-40	0,4-17,2	0,3-8,4	1-92	12-66	10-276	na	na	na	3,5-6,9	na
	2 (A ou Au)	3-38	0,3-15,9	0,1-6,7	na	na	10-300	na	na	na	3,4-7,1	na

REFERÊNCIAS

- AMUNDSON, R.; JENNY, H. 1991. The place of humans in the state factor theory of ecosystems and their soils. *Soil Sci.*, v. 151, p. 99-109.
- ANDRADE, A. 1986. **Investigación arqueológica de los Antrosolos de Aracacuara**. Fundacion de Investigaciones Arqueológicas Nacionales. Bogotá, v. 31, p. 19-64/91-103.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. 1976. **Projeto Radambrasil**. Folha SA.21-Santarém. Rio de Janeiro. 510 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 10).
- CORREA, C.G. 1987. Horticultores pré-históricos do litoral do Pará. Brasil. *Rev. Arqueol.*, Belém, v. 4, p.137-252.
- COSTA, M.L.; KERN, D.C. 1999. Geochemical Signatures of Archaeological Sites with Black Earth Soils in Amazon Region. *J. Gochem. Explor.*, v. 66, p. 369-385.
- EDEN, M.J. et al. 1984. Terra Preta soils and their archaeological context in the Caqueia Basins of southeast Colombia. *Am. Antiq.*, v. 49, p. 125-140.
- EMBRAPA. 1979. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 247 p.
- ESTADOS UNIDOS. 1997. **Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy**. Pocahontas Press, Blacksburg, 544 p.
- FALESI, I.C. 1970. **Solos de Monte Alegre**. Belém: IPEAN. (Série Solos da Amazonia, v. 2, n. 1).
- FALESI, I.C. 1972. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da amazônia brasileira. In: ZONEAMENTO Agrícola da Amazônia (1a. aproximação). Belém: IPEAN, 153 p. (Boletim Técnico, 54).
- GLASER, B.; et al. 2001. Persistence of soil organic matter in archaeological soils (terra preta) of the Brazilian Amazon region. In: REES, R.M et al. (Ed.). **Sustainable management of soil organic matter** Wallingford: CAB, p.190-194.
- GRIFFITH, M.A. 1980. A pedological investigation of an archaeological site in Ontario, Canada. 1. An examination of the soils in and adjacent to a former village. *Geoderma*, v. 24, p. 327-336.
- GRIFFITH, M.A. 1981. A pedological investigation of an archaeological site in Ontario, Canada. 2. Use of chemical data to discriminate features of the Benson site. *Geoderma*, v. 25, p. 27-34.
- KERN, D.C. 1988. **Caracterização Pedológica de Solos com Terra Preta Arqueológica na Região de Oriximiná, Pará**. 232f. Tese (Mestrado)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre.
- KERN, D.C.; KÄMPF N. 1989. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará. *Rev.Bras.Cienc.Solo*, v. 13, p. 219-225.
- KERN, D.C. 1996. **Geoquímica e pedogequímica de sítios arqueológicos com Terra Preta na Floresta Nacional de Caxiuanã (Portel-Pará)**. Tese (Doutorado em Geoquímica)-Universidade Federal do Pará, Belém.
- KERN, D.C.; COSTA, M.L. ; FRAZÃO, F.J.L. 1999. Geoquímica de sítio arqueológico com Terra Preta no centro da cidade de Quatipuru-Pa. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DA AMAZONIA.6., Belém, **Resumos Expandidos**. [S.l.:s.n.].
- LEMOS, R. C. ; SANTOS, R. D. 1996. **Manual de descrição e coleta do solo no campo**. Campinas: SBSC/SNLCS, 83 p.
- LOPEZ-HERNANDEZ, D; SIEGERT, G.; RODRIGUEZ, J.V. 1986. Competitive adsorption of phosphate with malate and oxalate by tropical soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 50, p. 1460-1462.
- LIMA, H. N. 2001. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 176p. Tese (doutorado) Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Viçosa.
- LUTZ, H.J. 1951. The concentration of certain chemical elements in the soils of alaskan archaeological sites. *Am. J. Sci.*, v. 249, p.925-928.
- MCCANN, J.M.; WOODS, W.I.; MEYER, D.W. 2001. **Organic matter and anthrosols in Amazonia: Interpreting the amerindian legacy**. In: REES, R.M. (Ed.). Sustainable management of soil organic matter. Wallingford: CAB, p.180-189.
- MORAN, E.F. 1990. **A ecologia humana das populações da Amazônia**. Petrópolis: Vozes, 367 p.
- PABST, E. 1985. **Terra Preta do Índio: Chemische Kennzeichnung und ökologische Bedeutung einer brasilianischen indianerschwarzerde**. 362 f. Tese (Mestrado) – Fakultät für Geowissenschaften, Ludwig-Maximilian Universität, München.
- PETTRY, D.E.; BENSE, J.A. 1989. Anthropoc epipedons in the Tombigbee Valley of Mississippi. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 53, p. 505-511.
- RANZANI, G.; KINJO, T.; FREIRE, O. 1970. Ocorrências de "plaggen epipedon" no Brasil. *Not. Geomorfol.*, v. 10, p. 55-62.
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. 1982. **Lehrbuch der Bodenkunde**. Stuttgart: F. Enke Verlag, 442 p.
- SCHWERTMANN, U. 1964. Differenzierung der Eisenoxyde des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.*, v.105, p.194-202.
- SILVA, B.N.R. et al. 1970. **Os solos da área de Cacau Pirera-Manacapuru**. Belém: IPEAN, p. 1-198. (Série Solos da Amazônia, 2).
- SJOBERG, A. 1976. Phosphate analysis of anthropic soils. *J. Field Archaeol.*, v. 3, p. 447-454.
- SMITH, N.J.H. 1980. Anthrosols and human carrying capacity in amazonia. *Ann. Assoc. Am. Geogr.*, v. 70, p. 553-566.
- SOMBROEK, W.G. 1966. **Amazonian Soils**. A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Wageningen: Centre for Agricultural Publication and Documentation, 292 p.
- STEVENSON, F.J.; FITCH, A. 1986. Chemistry of complexation of metal ions with soil solution organics. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M. (Ed.). **Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes**. Madison: Soil Science Society of America, p. 29-58. (Special Publication, 17).
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.; BOHNEN, H. 1985. **Análises de Solos, Plantas e Outros Materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia. (Boletim Técnico, 5).
- VARADACHARI, C.; MONDAL, A.H.; GHOSH, K. 1991. Some aspects of clay-humus complexation effect of exchangeable cations and lattice charge. *Soil Sci.*, v. 151, p. 220-227.

Recebido: 10/10/2002

Aprovado: 25/11/2003

