

O SOLO COMO REGISTRO DA OCUPAÇÃO HUMANA PRÉ-HISTÓRICA NA AMAZÔNIA⁽¹⁾

Nestor Kämpf⁽²⁾ & Dirse C. Kern⁽³⁾

Introdução	278
Ocupação Humana Pré-Histórica na Amazônia	279
Desenvolvimento cultural	281
Evidências históricas	284
Registro da Ocupação Humana Pré-Histórica nos Solos: Diversidade	284
Origem da Terra Preta	285
Ocorrência e extensão das Terras Pretas	288
Características das Terras Pretas	290
Ação Humana Pré-Histórica na Formação dos Solos	295
Formação de Terra Preta e Terra Mulata: requisitos e pressupostos	296
Exemplo da dinâmica da formação de Terra Preta e Terra Mulata	299
As Terras Pretas na fase pós-colombiana	300
Organização do Conhecimento: Classificação de Solos Antrópicos Antigos	300
Estudos arqueológicos e pedológicos	302
Classificação de solos antrópicos antigos	304
Legenda de classificação de Arqueo-antrópicos	305
Considerações Finais	310
Implicações para o desenvolvimento contemporâneo da Amazônia	310
Agradecimentos	312
Literatura Citada	312

⁽¹⁾ Apresentado como palestra no IX Congresso Brasileiro de Geoquímica, Belém (PA), 2 a 9 de novembro de 2003.

⁽²⁾ Professor aposentado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. CEP 90001-970 Porto Alegre (RS). E-mail: nkampf@cpovo.net

⁽³⁾ Pesquisadora do Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG Belém (PA). E-mail: kern@museu-goeldi.br

INTRODUÇÃO

Evidências arqueológicas indicam que atividades humanas antigas nos habitats amazônicos transformaram significativamente as paisagens na vizinhança dos seus assentamentos, notadamente no pré-histórico tardio. Em muitas regiões, sociedades indígenas formaram extensos depósitos de rejeitos que alteraram as propriedades do solo (Lehmann et al., 2003b). Em planícies de inundação (Marajó no Brasil, planície costeira das Guianas, Lhanos de Moxos na Bolívia) algumas sociedades edificaram grandes construções de terra para assentamento e uso agrícola (Erickson, 1995, 2000; Roosevelt, 2000, 2002). Por meio de suas atividades, os povos pré-históricos favoreceram e, ou, inadvertidamente introduziram ou atraíram cultivares ou certas espécies particulares nas áreas que habitavam ou nas suas proximidades. Em decorrência disso, a biodiversidade da floresta, geralmente atribuída a padrões de clima, relevo e solos, está associada em parte com culturas humanas, vestígios culturais e solos antrópicos (McCann, 1999a,b; Roosevelt, 2000, 2002; Hecht, 2003). Devido a essa intensa interação entre os povos pré-históricos e a paisagem amazônica, muitos aspectos da Amazônia atual assumidos como sendo “naturais” são de fato resultantes dessa atividade humana (Roosevelt, 2000; Neves et al., 2003).

Solos afetados pela atividade humana em sítios de assentamento são ubíquos na paisagem amazônica. Muitos sítios arqueológicos são identificados pelas qualidades distintas desses solos em relação ao ambiente circunvizinho. Além da sua alta fertilidade química resultante da prolongada ocupação humana, as modificações nesses solos estão consistentemente associadas com fragmentos de artefatos cerâmicos e líticos, restos de fauna e flora, bem como com padrões distintos da vegetação. Em virtude da coloração escura da camada superficial, esses solos são conhecidos por designações como *terra preta* (TP), *terra preta de índio*, *terra preta antropogênica* e *terra preta arqueológica*, além de uma variante menos divulgada, a *terra mulata*. A expressão *terra preta* está fortemente associada a propriedades do solo contrastantes com os conceitos de uma Amazônia pouco afetada pela ação humana devido a limitações impostas pelo ambiente hostil, na forma de solos pobres e ácidos, segundo Meggers (1996). Em razão da diversidade na coloração (do preto ao cinzento) desses solos antrópicos, foi proposto o termo genérico “terras escuras” para sua designação em substituição à expressão “terra preta” (Woods & McCann, 1999; Lehmann et al., 2003b). No presente texto, preferiu-se manter o termo original *terra preta*, por ser historicamente arraigado à região amazônica e

familiar ao público interessado nesse tema – do caboclo ao cientista – e nas suas implicações locais.

O estudo das Terras Pretas (TPs) tem merecido interesse crescente da comunidade científica, tanto nacional quanto internacional, em anos recentes, gerando um elevado número de publicações. Duas destas, organizadas por Lehmann et al. (2003b) e por Glaser & Woods (2004), reunindo trabalhos de especialistas de várias áreas do conhecimento, são uma fonte de consulta essencial para os interessados no tema. A presente revisão aborda diversos tópicos dessas e de outras publicações, objetivando divulgar e estimular o interesse no estudo dos solos antrópicos pré-históricos da Amazônia, lembrando que as áreas de ocorrência de TPs são sítios de preservação da herança cultural (IPHAN, 1988).

O enfoque desta revisão é o registro das atividades humanas pré-históricas nos solos *terra preta* e congêneres, destacando-se a importância da interação entre especialistas de diferentes áreas na pesquisa desse tema, os procedimentos adequados à sua caracterização e a importância desses estudos no diagnóstico da viabilidade agrícola da Amazônia contemporânea.

OCUPAÇÃO HUMANA PRÉ-HISTÓRICA NA AMAZÔNIA

A ocupação humana pré-histórica na Amazônia tem sido fonte de considerável debate, notadamente quanto à dicotomia entre assentamentos de várzea e terra firme e ao desenvolvimento ou não de sociedades indígenas populosas e sedentárias. Fundamentada em suas pesquisas arqueológicas, Meggers (1996) considera que a pobreza de recursos ambientais na Amazônia é o fator limitante para a subsistência e a expansão populacional indígena, impedindo sua evolução social em níveis mais complexos e organizados. Ou seja, o habitat básico dos povos indígenas pré-históricos, caracterizado como floresta tropical úmida densa com solos ácidos e pobres em nutrientes, submetidos a intenso intemperismo químico (alta pluviosidade e altas temperaturas), é considerado incapaz de proporcionar aos caçadores-coletores uma abundância de animais e plantas comestíveis, além de inadequado para a adoção de uma agricultura intensiva que permita um modo de vida mais sedentário. Nessas condições, ter-se-ia desenvolvido uma agricultura itinerante em clareiras, mediante derrubada e queima, seguindo-se o cultivo por períodos curtos e longo pousio. Esta forma de cultivo representaria uma adaptação às condições de solo e clima,

requerendo a manutenção de uma concentração relativamente baixa da população e uma permanência limitada em cada local, condicionando assim um desenvolvimento cultural limitado (Meggers, 1996). Nesse contexto, a etnografia indígena, na forma de populações esparsas, a agricultura simples e a organização política e social rudimentar são interpretadas como a continuidade dos tempos pré-históricos e, portanto, como padrão característico da adaptação ao ambiente amazônico. Culturas avançadas, como as registradas na Ilha do Marajó (discutidas mais adiante), foram consideradas de origem andina e ter-se-iam deteriorado após se radicarem na Amazônia. Dessa forma, as limitações ambientais teriam impedido o desenvolvimento de culturas amazônicas mais complexas, em acordo com a concepção de *determinismo ecológico* pelo qual “o nível de cultura das sociedades é condicionado pelo potencial agrícola do ambiente que ocupam” (Meggers, 1996).

Na realidade, as condições ambientais na Amazônia são muito mais diversificadas do que as generalizações anteriormente assumidas. A ampla diversidade das condições climáticas é acompanhada por variações na vegetação, nos tipos e nas propriedades dos solos (Sombroek, 2000). Em relação aos seus habitantes, isso indica que os tipos de alimentos, sua produção e as estratégias de sobrevivência e de consumo também não são homogêneos na região (Neves et al., 2003). Em consonância com esses aspectos, uma outra visão da pré-história amazônica (Roosevelt, 1994, 2002), baseada em trabalhos arqueológicos recentes e na reavaliação da etno-história, não sustenta a interpretação generalizada de ocupações temporárias limitadas por um ambiente pobre em recursos, revelando uma descontinuidade social e cultural entre as sociedades pré-colombianas e as sociedades indígenas amazônicas contemporâneas. Há evidências de que a Amazônia foi ocupada por uma grande variedade de povos e culturas, em uma longa e dinâmica trajetória de desenvolvimento. As pesquisas arqueológicas mostram ocupações humanas diversificadas, incluindo alguns dos primeiros caçadores-coletores e agricultores incipientes até agora conhecidos no Novo Mundo, culminando no período pré-histórico tardio em sociedades indígenas populosas complexas em algumas áreas. Nesse contexto, o padrão cultural e ecológico dos indígenas contemporâneos não pode ser explicado como simples adaptação ao ambiente, mas como consequência das mudanças que ocorreram no decorrer da conquista da Amazônia pelos europeus: dramática queda da densidade populacional (dizimada por doenças, escravização), desarticulação dos complexos político e militar dos nativos, dispersão dos sobreviventes, eliminando assim

a necessidade ou a possibilidade da exploração mais intensiva do solo (Roosevelt, 1994; Whitehead, 1994; Porro, 1994).

Desenvolvimento cultural

As primeiras evidências de culturas amazônicas datam da transição do Pleistoceno tardio ao Holoceno recente, sendo encontradas numa amplitude de habitats, em terras altas e várzeas, em florestas, em cerrados e alagados (Roosevelt, 1994, 2002; Oliver, 2001). A presença de bandos de caçadores-coletores paleoíndios é indicada por numerosos sítios pré-cerâmicos: datações de radiocarbono (não-calibrado) entre cerca de 11.400 e 10.000 anos AP⁽⁴⁾ (Roosevelt et al., 1996), com base em materiais líticos diversos no sítio Caverna da Pedra Pintada, no município de Monte Alegre, baixo Amazonas, representam o mais antigo registro. Resíduos de plantas e animais mostram que esses habitantes faziam uso intensivo de produtos das árvores da floresta e de palmeiras (açai, jutaí, tarumã, castanha, sacuri, tucumã e outros), de moluscos, peixes e tartarugas fluviais, e bem menos de mamíferos terrestres. Outros sítios pré-cerâmicos tardios, citados por Roosevelt (1994), têm materiais líticos com datações de 10.000 e 7.000 anos AP nos escudos das Guianas e Brasileiro; de 8.000 a 6.000 anos a.C. no sul de Goiás; de 9.250 a 8.000 anos AP no sítio Peña Roja, na Amazônia Colombiana (Mora, 2003); de 9.900 a 8.000 anos AP, na Guiana Francesa, conforme citação de Meggers & Miller (2003); e cerca de 8.000 anos AP, na caverna Gavião na Serra de Carajás (Magalhães, 1994).

Datações por radiocarbono e termoluminescência (não-calibrados) de 8.000 a 6.000 anos AP em materiais cerâmicos de sambaquis no médio e baixo Amazonas evidenciam o desenvolvimento das sociedades ceramistas mais antigas do hemisfério ocidental, 3.000 anos antes das sociedades andinas (Roosevelt, 1991), baseadas numa economia de coleta aquática intensiva. A abundância de peixes e mariscos nas planícies e estuários amazônicos propiciou o estabelecimento de aldeias grandes e sedentárias desses forrageadores ribeirinhos, conforme atestam numerosos sambaquis cerâmicos, principalmente no médio e baixo Amazonas, algumas vezes alcançando altura de 10 a 20 m e ocupando até 20 ha em área (Roosevelt, 1994). Essa adaptação antiga de forrageio intensivo manteve-se como sistema auto-sustentável durante 4.000 anos, aparentemente até a horticultura de mandioca se tornar suficientemente produtiva como fonte primária de calorias (Roosevelt, 1991).

⁽⁴⁾ AP = anos antes do presente (antes de 1950, utilizado em datação com radiocarbono).

Entre cerca de 4.500 e 2.000 anos atrás, ao longo das principais várzeas da Amazônia houve estabelecimento de numerosas aldeias permanentes de horticultores ocupando os terraços elevados. As evidências são baseadas em grandes sítios arqueológicos com densos depósitos de detritos, ricos em cerâmica, como na região de Santarém e do Xingu (Heckenberger et al., 1999). Artefatos de cerâmica decorados e líticos atestam a prática da horticultura e o processamento de mandioca para alimentação. Os vestígios biológicos e as proporções isotópicas dos esqueletos humanos desses sítios sugerem que as primeiras sociedades amazônicas com cerâmica elaborada dependiam principalmente do cultivo para obtenção de calorias e obtinham sua proteína principalmente da abundante fauna ribeirinha (Roosevelt, 1991, 2002).

Há cerca de 2.000 anos (entre 1.000 anos a.C. e 1.000 d.C.) desenvolveu-se em grande parte da várzea amazônica e partes das terras altas uma ocupação mais densa e mais permanente do que as anteriores, perdurando até a chegada dos europeus nos séculos 16 e 17 (Roosevelt, 1994). Dados etno-históricos e arqueológicos evidenciam o desenvolvimento generalizado de sociedades complexas – cacicados – com agricultura intensiva, com sítios nucleados em escala urbana, com arquitetura de terra e cerros monumentais e aterros agrícolas em algumas áreas. O cultivo de milho ingressa na subsistência dessas sociedades durante o primeiro milênio a.C., tornando-se um alimento importante em vários locais, tanto nas várzeas como nas terras altas, há cerca de 1.000 anos (Roosevelt, 1994). Em decorrência dessa ocupação, muitas porções da paisagem nas várzeas ou suas imediações e nos interflúvios apresentam numerosas e extensas áreas cobertas de lixeiras, com evidências de moradias, abundância de artefatos e, em algumas áreas, extensas e monumentais construções de terra abandonadas (Roosevelt, 1991). Na área de Santarém, que deve ter sido o centro do cacicado Tapajônico, sítios espessos de rejeitos estratificados do pré-histórico tardio atestam uma população numerosa assentada em aldeias, vilas e povoados extensos, margeando as várzeas por quilômetros (Nimuendajú, 1952; Roosevelt, 1991). Segundo datação por termoluminescência, a cerâmica de Santarém foi produzida de 900 a 1.200 anos d.C. (Gomes, 2001). As cerâmicas do cacicado Tapajônico, geralmente considerado de localização ribeirinha, também são encontradas em solos TP nas áreas de terra firme, dezenas de quilômetros afastados dos rios Amazonas, Tapajós e Arapiuns (McCann, 1999).

Na Ilha do Marajó, com a cultura Marajoara (500 a 1.500 anos d.C.) houve incremento do número e do tamanho dos assentamentos (sítios Camutins

e Fortaleza), desenvolvendo-se áreas de 10 a 20 km² com agrupamentos de 20 a 40 aterros artificiais (conhecidos como *tesos*), contendo numerosos cemitérios, vestígios de casas multifamiliares e solos antrópicos TP (Roosevelt, 1991, 1994). Os aterros maiores foram construídos pelo constante acréscimo de terra trazida de áreas adjacentes e do fundo de córregos próximos, inicialmente como proteção às inundações anuais, servindo para moradia e agricultura, adquirindo posteriormente significado político e cerimonial (Schaan, 2001). As datações e a estratigrafia mostram que muitos sítios marajoaras foram ocupados continuamente por 500 a 1.000 anos. Por razão ignorada, essa cultura desapareceu completamente antes da chegada dos europeus (Roosevelt, 1991, 1994).

Tanto a natureza como a cronologia da adaptação e do desenvolvimento cultural na América do Sul não sustentam a hipótese de que as culturas das Terras Baixas tropicais derivaram das culturas andinas (Roosevelt, 1991). Com base nas suas grandes populações, obras públicas, assentamentos diferenciados, arte cerimonial elaborada, comércio de longa distância e simbolismo elitista, supõe-se que essas sociedades tenham sido cacicados complexos. Isso é apoiado pelos relatos de exploradores europeus nos séculos 16 e 17, descrevendo lideranças organizadas com extensos domínios, atividades guerreiras e diplomáticas de grande escala, classificação elitista baseada em descendência de ancestrais humanos deificados, e sistemas amplos de comércio inter-regional e de tributos (Roosevelt, 1991, 1994; Whitehead, 1994).

O estabelecimento de assentamentos permanentes, extensos e numerosos, formando sociedades complexas, com estratificação social e especialização, pressupõe a sua dependência do desenvolvimento de uma agricultura intensiva (Denevan, 2001). Apesar de discordarem quanto ao desenvolvimento de sociedades populosas complexas, tanto Meggers (1996) como Roosevelt (2000) consideram que a agricultura pré-histórica teria sido viabilizada pelos solos de várzea, cuja fertilidade é renovada periodicamente pelas inundações anuais, em contraste com os solos ácidos e pobres de terra firme. Entretanto, a dependência agrícola de grandes assentamentos exclusivamente dos férteis solos de várzea é limitada pela sua pequena extensão e pela restrição dos cultivos (e dos assentamentos), devido a inundações periódicas dessas áreas. Numerosas evidências etno-históricas e arqueológicas comprovam que os terraços elevados marginais (situados acima do nível das inundações), contendo solos ácidos e pobres equivalentes aos da "terra firme", eram locais de assentamento e manejados para uso agrícola intensivo permanente ou semipermanente (Denevan,

2001). Nessa condição, o uso agrícola dos solos de várzea propriamente ditos, juntamente com os recursos da fauna aquática, teria um caráter complementar na produção de alimentos.

Assim, em contraste com uma projeção de aproximadamente 3 milhões de habitantes na visão “tradicional” de Meggers (1996), a visão atual, baseada em arqueologia recente e evidências históricas (Roosevelt, 1994, 2002), descreve para o pré-histórico tardio a existência de determinadas áreas com uma população numerosa, alcançando de 5,7 a 10 milhões (Denevan, 1992, 2001), assentada em aldeias e povoados grandes e permanentes, praticando uma agricultura intensiva de raízes e grãos, compondo uma sociedade complexa (cacicados).

Evidências históricas

Os relatos dos primeiros cronistas a percorrerem o rio Amazonas fornecem alguma indicação da localização topográfica, tamanho e distribuição dos assentamentos indígenas, entre os quais se incluem Carvajal, em 1542; Salinas de Loyola, em 1557; a equipe de Pedro de Ursúa, em 1561; Laureano de la Cruz, em 1647; Acuña, em 1641; Heriarte, em 1661; e Fritz, em 1689-91 (Roosevelt, 1994; Porro, 1994, 2002). As aldeias e povoados são descritos como localizados em porções elevadas da paisagem, grandes, numerosos, lineares e contínuos por 12 a 30 km (conforme Carvajal), cada qual contendo de 7 a 10 mil índios. A localização das aldeias e dos povoados é uma indicação da sua interação com a planície aluvial, enquanto a interação dos assentamentos com a terra firme interior é indicada pelo registro de estradas (conforme Carvajal, 1542; Nimuendajú, 1952; Ursúa, 1561). As localizações históricas de assentamentos são confirmadas pelas ocorrências de TPs, ao passo que a evidência de agricultura intensiva é basicamente inferencial, considerando que aldeias grandes e permanentes requerem agricultura produtiva e estável (Denevan, 2001).

REGISTRO DA OCUPAÇÃO HUMANA PRÉ-HISTÓRICA NOS SOLOS: DIVERSIDADE

Segundo Denevan (2001), o registro da ação humana pré-histórica no solo pode ser na forma de modificações: (1) visíveis na superfície do terreno, como construções de terra (ou outros materiais, p.e., sambaquis) ou

escavações (canais, fossos e estradas), e (2) não visíveis na superfície do terreno, mas detectáveis por estratigrafia, análise química do solo, palinologia e outros procedimentos arqueológicos. Outras evidências associadas de modificações podem ser arqueológicas, históricas e agroflorestais. Dessa maneira, o principal registro da ação humana pré-histórica no solo resulta de assentamento e da prática da agricultura (Denevan, 2001). Nos sítios de assentamento são concentrados grandes volumes de materiais orgânicos resultantes da atividade humana. Esses materiais podem ser de origem animal, como ossos, conchas, sangue, carapaças, fezes, etc., ou de origem vegetal, como as palmeiras. Estas, especificamente, tinham e ainda têm inúmeras utilidades para as comunidades caboclas e indígenas: na cobertura e paredes de casas e na confecção de camas, redes, balaios, cestos, esteiras para dormir ou sentar. Por meio de estudos etnográficos e relatos de viajantes naturalistas, sabe-se que os povos indígenas que habitaram ou que ainda habitam a região amazônica construíam suas casas com folhas de palmeiras como babaçu, buriti, bacaba, caranã, etc. (Kern, 1996). Segundo informações de caboclos que moram em Caxiuanã, as casas com cobertura de palha apresentam em média três anos de duração, tempo relativamente curto e com grande quantidade de material orgânico que permanece no local (Kern, 1996). Ainda, entre as práticas agrícolas, o uso do fogo no preparo da terra para cultivo era amplamente difundido, deixando no solo um resíduo de carvão e de cinzas rico em nutrientes.

Origem da Terra Preta

Estudos de solos têm sido uma contribuição importante para a reconstrução da pré-história amazônica (Smith, 1980; Andrade, 1986; Kern & Kämpf, 1989; Mora et al., 1991; Woods, 1995; Lehmann et al., 2003b; Glaser & Woods, 2004), associando com ocupação e atividade humana a formação de solos conhecidos por *terra preta* (TP). Atualmente, a influência da ação humana pré-histórica na formação das TPs, fundamentada em evidências arqueológicas e pedológicas, é amplamente aceita no meio científico. Todavia, isso é um fato relativamente recente, que foi precedido por várias outras hipóteses, brevemente mencionadas a seguir. Segundo Hartt (1885), as TPs teriam sido locais de antigas moradias de índios, atraídos pela alta fertilidade desses solos. Devido à presença de artefatos, Katzer (1944) descreve as TPs como locais de antiga colonização de aborígenes, considerando-as uma camada cultivada; menciona que a elucidação da sua origem necessitaria de maiores estudos, mas enfatiza a

sua similaridade com áreas sedimentares de antigos igapós. Para Faria (1946), a origem da TP é puramente geológica, a partir de sedimentos depositados em fundos de lagos já extintos ou pela decomposição de rochas vulcânicas. De acordo com Gourou (1950), as TPs são de origem arqueológica, hipótese essa reforçada por Hilbert (1955). Para Cunha Franco (1962), as TPs se formaram a partir de antigos lagos, cujas margens eram habitadas por índios durante longos períodos do ano, que jogavam nas águas grande parte dos fragmentos de cerâmica e lixo da aldeia; este autor fundamentou sua hipótese na configuração das áreas e na distribuição em profundidade, considerando seu formato aproximadamente circular de lente enterrada com a parte plana na superfície. A interpretação mais comum até a década de 1970 era de que os artefatos encontrados em sítios de TP evidenciavam que os indígenas escolhiam esses solos devido à sua alta fertilidade original, concepção ainda divulgada em publicação recente (Meirelles Filho, 2004). Já Sombroek (1966) menciona que a fertilidade desses solos deve-se unicamente à ocupação indígena prolongada, comprovado pela similaridade entre a textura, a composição da fração argila e a profundidade do horizonte C dos perfis de TP e solos adjacentes. Além desse autor, Ranzani et al. (1962) e Smith (1980) também destacaram a influência antrópica na alta fertilidade das TPs, fato incomum nos solos da região amazônica. A partir de então, a origem antrópica das TPs é confirmada por diversos estudos pedológicos de sítios arqueológicos e solos circunvizinhos (Eden et al., 1984; Pabst, 1985; Andrade, 1986; Kern, 1988). Estudos mais recentes têm trazido significativa contribuição para o entendimento da formação das TPs (Kern, 1996; Lima et al., 2002; Lehmann et al., 2003b; Glaser & Woods, 2004).

As terras pretas, por mostrarem a localização dos antigos assentamentos, constituem o mais óbvio vestígio dos habitantes pré-históricos da Amazônia (Petersen et al., 2001). As TPs são locais de antigos assentamentos contendo artefatos culturais, cuja coloração escura se deve principalmente ao material orgânico decomposto, em parte na forma de carvão, como resíduo de fogueiras domésticas e de queimadas para uso agrícola do solo. Por isso, o teor de carbono orgânico (CO) nas TPs é elevado, bem como o de P, Ca e Mg, resultantes de cinzas, de resíduos de peixes, conchas, caça e dejetos humanos. Em conseqüência, a fertilidade da TP é significativamente superior à da maioria dos solos amazônicos, que são lixiviados e ácidos, não afetados pela atividade humana pré-histórica (Eden et al., 1984; Kern & Kämpf, 1989; Rodrigues, 1993; Woods & McCann, 1999; McCann et al., 2001; Lima et al., 2002).

O início da formação das TPs é difícil de precisar por diversas razões, como o provável desaparecimento dos primeiros sítios por mudanças na paisagem (elevação do nível dos rios, erosão e outras alterações), além de evidências arqueológicas ainda escassas (Neves et al., 2003). As evidências arqueológicas sugerem que a formação de TP deu-se durante a história pré-colombiana tardia da Amazônia, geralmente datando de pelo menos 1.000 a 2.000 anos antes da chegada dos europeus à região. De acordo com Roosevelt (2000), a formação de TPs iniciou há cerca de 3.000 anos AP pelos povos coletores horticultores, aproximadamente 1.000 anos antes da fase dos cultivos agrícolas intensivos. O estabelecimento de assentamentos permanentes populosos a partir do primeiro milênio d.C. impulsionou a formação desses solos, por meio do descarte de resíduos domésticos e de práticas agrícolas. Há alguns registros mais antigos de sítios TP pré-cerâmicos datando de aproximadamente 4.800 anos AP (Miller, 1999), bem como de formações mais recentes, com base em datações nos sítios Osvaldo (1.290 a 1.350 anos AP), Hatahara (960 a 1.300 anos AP) e Lago Grande (950 a 1.260 anos AP), próximos a Manaus (Neves et al., 2004). O rápido declínio das populações nativas após o contato (1.500 a 1.600 anos d.C.) com os exploradores europeus resultou na interrupção da formação de TP.

Em várias situações foram registrados sítios de TPs circundados por solos de cores bruno-acinzentadas com alto teor de MO, porém com teores de P e Ca mais baixos, e com poucos ou mesmo ausência de artefatos. As características desses solos também diferem daquelas dos solos não-perturbados adjacentes, sendo interpretadas como resultado de atividade agrícola pré-histórica, permanente ou semipermanente, e identificados como *terra mulata* (TM) (Sombroek, 1966). Ocorrências extensas de TM foram registradas em Belterra, Amazonas (Sombroek, 1966), e em Aracuaara, na Colômbia (Andrade, 1986; Mora et al., 1991). Outras ocorrências são relatadas por Woods et al. (2000) e Kern et al. (2003). Em síntese, as TMs representariam áreas agrícolas permanentes ou semi-intensivas enriquecidas por aditivos orgânicos, como será visto adiante, que produziram a cor brunada, situadas nas adjacências ou na circunvizinhança das áreas de assentamento permanente (TPs), geralmente com coloração mais escura, mais profundos, com mais P e Ca, e mais artefatos culturais (Andrade, 1986; Mora et al., 1991; Woods et al., 2000; McCann et al., 2001). Pelo fato de poucos solos antrópicos do tipo TM terem sido descritos e analisados sistematicamente até o presente, a sua distinção de TPs “legítimas” e de solos naturais ainda deve ser mais bem elaborada.

Sítios de sambaquis, de ocupação humana pré-histórica mais antiga e prolongada na Amazônia, têm sido objeto de intensa pesquisa arqueológica

(Simões, 1981; Kern et al., 2002), mas até o presente têm sido pouco contemplados em estudos pedológicos. Os indícios dessa ocupação são grandes depósitos de conchas e ossos, muitas vezes apresentando enterramentos primários (Simões, 1981). Kern et al. (2002) relataram evidências de modificações nas características originais em solos da planície costeira do Estado do Pará, identificando horizontes A antrópicos, decorrentes da ocupação por grupos pré-históricos de coletores-pescadores ceramistas.

Ocorrência e extensão das Terras Pretas

Sítios de ocupação humana pré-histórica na Amazônia estão comumente localizados próximos a cursos de água, ocupando várzeas, elevações marginais adjacentes e terra firme interior, em extensões de menos de um hectare, disseminados em solos de terra firme, até centenas de hectares ao longo de rios e interflúvios. A localização desses assentamentos favorece o acesso aos recursos de diferentes ambientes, além do controle das vias de acesso e visibilidade para defesa (German, 2004). A ocorrência de TPs é ampla na Amazônia brasileira, sendo também conhecidas na Colômbia, Equador, Guiana, Peru e Venezuela. São encontradas ao longo dos principais rios, conforme exemplifica a figura 1, mostrando a distribuição de sítios com TP na região do rio Caxiuanã, Pará (Kern, 1996); outros mapas constam em Kern et al. (2003). Sombroek et al. (2003) estimam que as TPs cobrem 0,1 a 0,3 % ou 6.000 a 18.000 km² da Bacia Amazônica (6 milhões de km²). As TPs ocorrem em uma variedade de classes de solos, usualmente de fertilidade natural baixa, como Latossolos, Argissolos, Neossolos Quartzarênicos, Espodossolos e outros, porém mais comumente nas duas primeiras classes, que cobrem cerca de 70 % da Amazônia (Rodrigues, 1996). Esse fato indica que o tipo de solo parece não ter sido fator determinante para o estabelecimento de grupos pré-históricos.

O tamanho dos sítios de TP localizados em terraços elevados paralelos aos rios varia de menor que 1 a 500 ha (Smith, 1980; Roosevelt, 1987; Denevan, 2001). O sítio Tapajós, próximo a Belterra, possui cerca de 200 ha de TP e 1.000 ha de TM (Sombroek, 1966); o sítio de Santarém tem aproximadamente 400 ha (Roosevelt, 2000); e três sítios de TP em Açutuba, no baixo rio Negro, perfazem cerca de 300 ha (Heckenberger et al., 1999). Outros registros de sítios de TP extensos são: Oitavo Bec (120 ha), ao sul de Santarém (Woods & McCann, 1999); Comunidade Terra Preta (200 ha), entre o baixo Tapajós e o rio Arapiuns (Smith, 1999); e Caxiuanã, no Pará (> 100 ha; Kern, 1996). A ocorrência de TPs de grande extensão é um

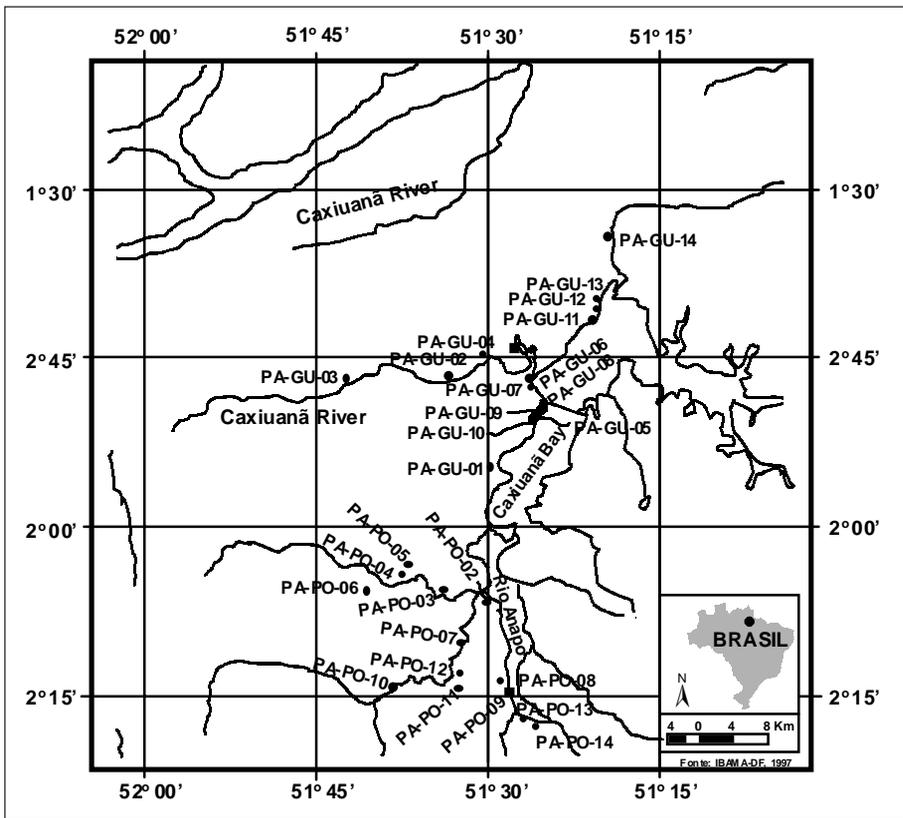


Figura 1. Distribuição de sítios com Terra Preta na região do rio Caxiuanã, Pará.

Fonte: Kern (1996).

argumento que apóia a concepção de grandes sítios de assentamento pré-histórico ocupados por longos períodos de tempo.

Numerosos sítios com TP foram registrados em florestas da terra firme (Denevan, 2001), geralmente menores que os sítios em terraços (0,3 a 5 ha, média de 1,4 ha; Smith, 1980) e menos profundos, talvez indicando períodos de ocupação mais curtos. Eles tendem a ser circulares e provavelmente representam uma única casa comunal ou um anel de casas menores. Estes sítios TP pequenos suportam os argumentos para aldeias muito pequenas, permanentes, nos interflúvios e, provavelmente, aldeias maiores temporárias que não formaram TP. Entretanto, recentemente, grandes sítios de TP e TM foram descritos em terra firme da Bacia do Xingu superior (Heckenberger et al., 1999), datados de 1.000 a 1.500 anos d.C. e com extensão de 30 a 50 ha. Essas aldeias apresentam anéis de fossos defensivos e teriam abrigado de 1.000 a 2.500 pessoas, suportadas por

hortas de mandioca intensivas e adjacentes em solos melhorados (TM); as áreas de TP localizam-se atrás das habitações anelares, originadas provavelmente do acúmulo de resíduos domésticos.

Características das Terras Pretas

Conforme diversos autores (Kern & Kämpf, 1989; Kern, 1996; Lima, 2001; Embrapa, 2001, 2002), os solos TP são usualmente bem drenados, profundos, com textura variando de arenosa a muito argilosa, apresentando um horizonte A mais escuro (de cor preta a bruno-acinzentada muito escura: N2/; 5YR 2,5/1; 7,5YR 2/0 a 3/1; 10YR 2/0 a 3/2) e mais espesso do que nos solos circunvizinhos. Uma comparação de propriedades selecionadas do horizonte A superficial (Quadros 1 e 2) evidencia que as TPs (Quadro 1) se distinguem por apresentarem usualmente valores mais elevados de pH, CO, P disponível, Ca + Mg, T e saturação por bases (V), em relação aos Latossolos e Argissolos amazônicos (Quadro 2). Quanto à presença de micronutrientes, horizontes A de TPs apresentaram teores de Zn e Mn mais elevados em relação aos horizontes subjacentes e a solos não-antropogênicos de terra firme (Kern & Kämpf, 1989; Kern & Costa, 1997; Lima et al., 2002). Em consequência da sua alta fertilidade, em contraste com os solos naturais geralmente pobres em nutrientes e ácidos, os sítios de TP são usualmente conhecidos pelos caboclos amazônicos e, por isso, procurados para uso agrícola.

As características morfológicas, físicas e químicas da TP podem variar dentro de cada sítio e entre sítios, dependendo do padrão da(s) comunidade(s) pré-histórica(s) ocupante(s). A variabilidade entre os

Quadro 1. Estatística descritiva de propriedades selecionadas do horizonte A de solos Terra Preta amazônicos (n = 27)

Estatística	Profundidade	CO	P disponível	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	pH	T	V	Argila
	cm	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹
Média	47	38,9	507	9,4	5,6	17,4	53	240
DP	23	22,4	591	6,1	0,8	6,0	25,7	156
CV (%)	50	57	116	65	15	34	48	66
Mínimo	23	4,6	8	0,4	3,7	9,1	5	20
Mediana	41	34,6	223	9,8	5,5	17,6	56	204
Máximo	100	98,0	2.145	22,9	7,1	38,4	97	740

Fonte: Andrade (1986); Embrapa (2001, 2002); Falesi (1970); Kern & Kämpf (1989); Kern (1996); Lima (2001); Vieira (1975).

horizontes antrópicos pode ser visualizada genericamente pela amplitude dos valores mínimos e máximos (Quadro 1) das propriedades químicas. Mais especificamente, essa diversidade é evidenciada pela amplitude dos teores de “P disponível” (ou P total), Ca trocável e CO nos horizontes A de diferentes perfis de TP em diversos sítios, registrados por vários autores (Quadro 3).

Quadro 2. Estatística descritiva de propriedades selecionadas do horizonte A de Latossolos e Argissolos amazônicos (n = 19)

Estatística	CO	P disponível	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	pH	T	V	Argila
	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹
Média	16,4	1,7	1,4	4,5	8,2	17	450
DP	7,3	0,8	2,1	0,8	3,3	21	280
CV %	44	46	152	18	40	122	610
Mínimo	6,7	1	0,1	3,5	3,5	2	120
Mediana	15,5	2	0,4	4,2	8,5	6	350
Máximo	29,5	3	8,1	6,6	14,5	79	930

Fonte: Rodrigues (1996).

Quadro 3. Amplitude ou teor de fósforo disponível, cálcio trocável e C orgânico nos horizontes A de diferentes perfis de Terra Preta, em diversos sítios

Amplitude ou teor	Local	Fonte
mg kg ⁻¹	Fósforo	
70 a 320	Oriximiná – PA	Kern & Kämpf (1989)
140 a 3.900	Irاندuba – AM	Lima et al. (2002)
até 1.370	Caxiunã – PA	Kern & Costa (1997)
8 a 450	AM	Embrapa (2001, 2002)
45 a 625	Araracuara – Colômbia	Andrade (1986)
até 1.430 (P total)	Belterra – PA	Zech et al. (1979)
cmol kg ⁻¹	Cálcio	
até 38	Monte Alegre – PA	Falesi (1970)
até 52	Belterra – PA	Pabst (1991)
13 a 20	Oriximiná – PA	Kern & Kämpf (1989)
3,8 a 14	Irاندuba – AM	Lima et al. (2002)
até 16	Caxiunã – PA	Kern & Costa (1997)
0,4 a 16,6	AM	Embrapa (2001, 2002)
0,2	Araracuara – Colômbia	Andrade (1986)
g kg ⁻¹	C orgânico	
23	Manacapuru	Falesi (1970)
até 220	Belterra	Pabst (1991)
33 a 77	Oriximiná – PA	Kern & Kämpf (1989)
18 a 35	Irاندuba – AM	Lima et al. (2002)
18 a 77	AM	Embrapa (2001, 2002)
10 a 33	Araracuara – Colômbia	Andrade (1986)

Além do teor mais elevado de CO, Lima et al. (2002) constataram que, em relação a solos não-antropogênicos, as TPs de Irlanduba apresentaram o domínio de frações fortemente humificadas (humina e ácido húmico - HAF) e menores teores da fração ácidos fúlvicos, resultando em altas razões HAF/FAF. Isso é explicado em parte pelo elevado teor de carvão (C pirogênico) incorporado nas TPs (Glaser et al., 2001) durante sua formação. Ruivo et al. (2004) não observaram diferença na razão HAF/FAF entre TPs e solos não-antropogênicos de Caxiuanã, mas relataram uma relação C/N mais alta nas TPs.

Segundo Glaser et al. (2001, 2002), a presença ubíqua de carvão nos solos TP (Sombroek, 1966) e de substâncias húmicas altamente aromáticas (Zech et al., 1990) indica que resíduos de combustão incompleta (C pirogênico ou carvão) contribuem para a MO desses solos. Os altos teores de C pirogênico indicam uma elevada e prolongada adição de material orgânico carbonizado (processo de carbonização), provavelmente devido à produção de carvão em fogos domésticos de baixa intensidade, comumente usados pela população nativa para preparo de alimentos, aquecimento e queima de lixo.

Outra contribuição importante é a queima incompleta de resíduos da vegetação quando do preparo de áreas agrícolas (Denevan, 2001). Em razão da sua estrutura aromática policíclica, o C pirogênico é química e microbiologicamente estável e persiste no ambiente durante séculos. A oxidação lenta (biótica ou abiótica) durante esse período produz grupos carboxílicos nas arestas do núcleo aromático, aumentando a CTC e a reatividade do C no solo. O processo de carbonização, além de liberar menos CO₂ para a atmosfera, contribuindo para o seqüestro de C, ainda contribui para uma reserva de MOS estável, com alta capacidade de retenção de nutrientes, que persiste no ambiente durante séculos (Glaser et al., 2001). Em contraste, o usual procedimento de derrubada e queima, apesar de oferecer perspectivas promissoras na agricultura sustentável, libera grande quantidade de CO₂ na atmosfera, contribuindo para o efeito estufa, enquanto somente pequena quantidade de C é transformada em carvão (Fearnside et al., 1999).

A comparação de perfis de solos TP (identificados no campo pela presença de fragmentos de artefatos cerâmicos e, ou, materiais líticos) (Quadro 4) mostra que o impacto da ação antrópica não se limita aos horizontes superficiais, mas pode alterar significativamente o solo até grande profundidade, contando com a contribuição de processos pedogênicos (melanização, lessivagem, bioturbação) subseqüentes. Considerando o ambiente de alta pluviosidade e a elevada porosidade dos solos (usualmente

Latossolos e Argissolos caulíníticos de textura média e Neossolos Quartzarênicos), o transporte (em suspensão, solução ou por bioturbação) de constituintes no perfil é favorecido. Em consequência, os perfis de TP podem mostrar alta concentração de P, Ca, etc. também nos horizontes subjacentes (Quadro 4). As diferenças entre perfis de TP são atribuíveis às condições do pedoambiente e à intensidade das atividades humanas de cada local (Figura 2a,e). É interessante observar que o P, considerado pouco móvel no solo, apresenta elevados teores, alcançando profundidade

Quadro 4. Algumas características de perfis de solos Terra Preta (TP). Todos os perfis contêm fragmentos de artefatos e, ou, materiais líticos no horizonte A; a classificação taxonômica refere-se ao perfil de TP analisado

Horizonte	Profundidade	Cor	pH	CO	P	Ca ²⁺	Mg ²⁻	T	V	Argila
	cm			g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol. kg ⁻¹		%		g/kg
Argissolo, Ponta Alegre, Caxiuanã – PA										
A1	0–5/7	7,5YR 2/0	5,3	29,7	2.201	15,6	2,6	20,8	90	210
A2	–31	7,5YR 2/0	5,7	20,0	2.090	9,7	1,9	15,5	77	260
AB	–38	10YR 2/1	6,0	13,5	1.715	8,0	1,4	13,2	74	270
BA	–60/70	10YR 2/1	6,3	7,5	1.100	3,8	0,7	7,0	64	500
B	–147	7,5YR 4/6	6,1	2,3	485	3,3	0,5	5,9	64	410
Latossolo Amarelo (Lima, 2001)										
A1	0–30	2,5Y 2/0	6,2	34,6	1.991	14,1	1,3	22,0	71	350
A2	–60	2,5Y 2/0	6,2		2.935	14,0	0,5	20,8	70	360
A3	–100	10YR 3/1	6,4		3.921	9,3	0,4	14,2	70	410
AB	–130	10YR 3/1	6,5		3.537	6,7	0,4	11,0	65	460
Bw	–150	10YR 3/6	6,5		1.567	4,4	0,3	8,1	59	490
Cambissolo (Lima, 2001)										
A1	0–15	10YR 2/0	6,3	35,3	1.332	6,6	1,0	14,8	53	300
A2	–40	10YR 2/1	6,4		2.032	5,6	0,4	11,9	52	360
A3	–55	10YR 3/4	6,3		816	2,3	0,9	6,8	48	400
Bi1	–110	5YR 5/8	6,4		115	0,7	0,1	2,6	30	340
Bi2	–180	2,5YR 5/8	6,0		92	0,5	0,1	2,2	31	320
Neossolo Quartzarênico, Marajó – PA										
Ap	0–13	10YR 3/2	5,9	1,4	93	2,3	0,7	5,4	57	50
A1	–47	10YR 3/1	5,3	4,6	311	4,5	0,8	13,1	43	60
A2	–85	10YR 3/1	5,2	12,9	223	4,1	1,0	12,8	43	60
AC	–110	10YR 4/3	5,9	2,3	154	3,1	0,5	7,4	50	50
C	–170	2,5YR 8/4	5,7	5,3	321	4,6	0,5	11,0	48	60
Latossolo Amarelo, Perfil 34, Apuí – AM (Embrapa, 2001, 2002)										
A1	0–20	7,5YR 3/1	3,7	18,3	12	0,4		10,0	5	101
A2	–50	7,5YR 3/1	4,6	6,2	19	0,1		5,0	2	101
AB	–60	10YR 4/3	4,8	3,3	11	0,1		3,2	3	100
BA	–74	10YR 4/4	4,7	2,6	7	0,1		3,4	3	141
Bw1	–113	10YR 4/6	4,6	2,3	3	0,1		3,4	3	161
Bw2	–150	10YR 5/6	4,8	1,4	3	0,1		2,7	4	161
Bw3	–180	10YR 6/8	4,8	1,1	2	0,1		2,4	4	161
Perfil 28, Araracuara – Colômbia (Andrade, 1986)										
A1	0–10	10YR 2/2	6,5	33,6	230	0,2	0,2	15,3	5	20
A2	–32	10YR 3/1,5	5,5	19,5	625	0,2	0,2	13,3	5	20
A3	–50	10YR 3/1,5	5,5	10,0	375	0,2	0,2	16,4	5	40
A4	–82	10YR 3/2	5,0	7,3	362	0,2	0,2	11,2	7	40
B?	–100	10YR 3/3	4,5	8,7	350	0,2	0,2	13,2	6	60



(a) Oriximiná – PA



(b) Belterra – PA



(c) Rio Preto da Eva – AM



(d) Rio Preto da Eva – AM



(e) Irlanduba – AM



(f) Belterra – PA

Figura 2. Perfis de Terra Preta (a, b, c, d, e) e perfil de Terra Mulata (f).

superior a 100 cm. O acúmulo de P nos horizontes subjacentes das TPs foi observado por vários autores (Pabst, 1985; Andrade, 1986; Kern & Kämpf, 1989; Kern, 1996; Costa & Kern, 1999), culminando em Iranduba com teores de P alcançando até 1.567 mg kg^{-1} a 150 cm de profundidade (Lima et al., 2002).

Na figura 2 são ilustradas diferenças morfológicas de alguns tipos de TP e de TM, formadas em Latossolos Amarelos: (2a) TP Oriximiná, com fragmentos de cerâmica visíveis no horizonte A; (2b) TP Belterra; (2c) TP Rio Preto da Eva, com grande espessura de horizonte A, provavelmente decorrente de melanização favorecida pela textura arenosa do solo; (2d) TP Rio Preto da Eva de textura média, com menor espessura do horizonte A em comparação a TP 2c; (2e) TP Iranduba, em montículo de sepultamento com elevada concentração de fragmentos de cerâmica alinhados; e (2f) TM Belterra, adjacente à área da TP 2b, sem diferenciação morfológica aparente de um Latossolo Amarelo sem influência antrópica.

AÇÃO HUMANA PRÉ-HISTÓRICA NA FORMAÇÃO DOS SOLOS

Observações em locais de antiga ocupação têm mostrado que a prolongada atividade humana das áreas tende a imprimir uma variabilidade sistemática aos solos, traduzida por mudanças graduais ou marcantes em suas propriedades (Lutz, 1951; Griffith, 1980, 1981; Pettry & Bense, 1989). Ao ocupar um ecossistema já estabelecido, o ser humano traz consigo elementos da sua cultura (isto é, o produto do seu trabalho ou conhecimento), que passam a atuar como variáveis na formação do solo (Amundson & Jenny, 1991). Em decorrência disso, é de se esperar que haja também uma variabilidade espacial das propriedades do solo nas áreas de TP, resultante do padrão de ocupação humana e que possa servir de assinatura da sua cultura (Andrade, 1986; Eden et al., 1984; Mora et al., 1991).

Apesar do grande número de sítios com TP analisados, as informações quanto à variabilidade das propriedades de solo nessas áreas são escassas, usualmente limitando-se a indicar uma maior espessura e um teor mais elevado de nutrientes no centro delas (Falesi, 1972; Pabst, 1985). Em perfis amostrados ao longo de transeções estabelecidas em sítios de TP em Cachoeira-Porteira (Oriximiná, Pará), a análise dos teores de CO, Ca, Mg, P, Zn e Mn evidenciou uma distribuição espacial indicadora de áreas de

deposição preferencial de resíduos, refletindo a dinâmica da ação antrópica pré-histórica no assentamento (Kern, 1988). Elevados teores de P e Mn ao longo das transeções coincidiram com a delimitação arqueológica das TPs com base na cor do horizonte A. Os demais elementos apresentaram uma abrangência espacial mais restrita, notadamente Na, K, Zn e Mg. Nas transeções perpendiculares aos cursos d'água a extensão dos elementos indicadores de TP era ligeiramente menor do que nas transeções paralelas, concentrando-se nas proximidades dos cursos d'água.

A diversidade nos elementos indicadores de ação antrópica antiga, conforme verificado por vários autores (Lutz, 1951; Griffith, 1980, 1981; Pettry & Bense, 1989), é, em parte, explicada pela composição original dos solos. Quando um elemento é naturalmente abundante, como observado para C, Ca e K em sítio de Ontário, Canadá (Griffith, 1980), o efeito da ação antrópica pode ser insuficiente para produzir diferenças marcantes em comparação às áreas adjacentes não-afetadas. Na região amazônica, devido ao intenso intemperismo vigente na fase pedogênica anterior à ocupação antrópica, os solos caulíníticos geralmente possuem teores muito baixos de bases trocáveis e de P; 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 (Kern, 1988, 1996).

Formação de Terra Preta e Terra Mulata: requisitos e pressupostos

A presença de cerâmicas, ossos, conchas, carvão e outros resíduos domésticos nos perfis de solos indica que as TPs são sítios de ocupação humana e, provavelmente, de uso agrícola. Os materiais fontes das TPs que tiveram o efeito cumulativo maior na MO e no conteúdo de nutrientes são provavelmente o carvão e os resíduos de alimentos, como peixes, com alto conteúdo de Ca e P. Situações em que as TPs contêm elevado número de fragmentos de cerâmica sugerem sua formação em áreas de descarte de lixo, que ocorrem tipicamente atrás das habitações. Em sítios analisados em Oriximiná e Caxiuanã (Kern, 1988, 1996), a variabilidade espacial e a maior espessura e concentração de MO, P e Ca nas inflexões do terreno sugerem que o hábito principal do ocupante primitivo quanto à disposição dos resíduos foi o descarte em zonas marginais.

A formação de TP nos sítios de assentamentos pode estar associada com atividades relacionadas ao preparo (resíduos de fogos) e

processamento de alimentos (restos de peixe ou caça, frutas, vasilhames, etc.), resíduos de alimentos ingeridos (excrementos), resíduos de moradia (palhas ou folhas de palmeiras, etc.), de sepultamento (restos humanos, urnas, vestimentas, etc.) e várias outras atividades (Neves et al., 2003). O processamento de alimentos e a queima continuada das lixeiras são provavelmente uma fonte importante de materiais orgânicos de combustão incompleta (C pirogênico, carvão). Restos de alimentos como ossos de peixes e caça são particularmente ricos em P e Ca (Lehmann et al., 2003; Lima et al., 2002). Vasilhames de cozimento mostram freqüentemente altas concentrações de P derivadas da preparação de alimentos com alto teor de P, como peixes (Costa et al., 2003). Folhas de palmeiras utilizadas na cobertura de habitações, que são renovadas periodicamente, podem ser uma fonte importante de K, Ca, Mg, Zn e Mn nas TPs (Kern et al., 1999).

No entanto, considerando as evidências morfológicas e químicas, é possível que certos solos antrópicos do tipo TM sejam resultado do uso agrícola do solo ou até de um manejo antropogênico proposital deste (Woods & McCann, 1999; McCann et al., 2001). Conforme mencionado, supõe-se que a existência de grandes aglomerados de populações na Amazônia tenha requerido uma agricultura produtiva. Sabe-se que a TM não é formada pelo sistema contemporâneo de derrubada, queima e cultivo com pousio longo (Pabst, 1991). Provavelmente há necessidade de várias décadas para formar a TM, usando um sistema de cultivo semi-intensivo com queimadas (carbonização) freqüentes. O processo contemporâneo de derrubada e queima, seguido de cultivo e prolongado pousio, não seria adequado para sustentar essas densidades populacionais. Com a disponibilidade apenas de machados de pedra, os agricultores pré-colombianos deveriam aproveitar clareiras naturais ou antigas áreas de cultivo com floresta secundária, evitando a necessidade do corte freqüente da vegetação de grande porte (Denevan, 1992).

Para um cultivo sustentável da maioria dos solos de terra firme de baixa fertilidade (Latosolos, Argissolos), haveria necessidade de adições importantes de nutrientes. As prováveis fontes desses nutrientes seriam adições orgânicas. Conforme Sombroek (1966) e Woods & McCann (1999), os solos antrópicos TMs contêm teores de CO similares aos das TPs, mas apresentam menores teores de P e Ca e poucos ou nenhum artefato. Isso sugere que as TMs não são remanescentes de áreas de descarte ou habitação. Tanto a localização como as características químicas das TMs tornam provável que tenham sido manejadas intencionalmente para

produção agrícola, pois o seu teor de MO é explicável pelo manejo de queimadas da floresta primária ou secundária e conseqüente produção de carvão (Glaser et al., 2001; Lehmann et al., 200a). Além disso, provavelmente houve alguma adição de nutrientes derivados de restos de alimentos que contêm altos teores de Ca e P, conforme mencionado para as TPs. Entre esses solos antrópicos antigos, TPs e TMs, a formação intencional das TMs por meio do manejo agrícola do solo deve ser mais bem elucidada. Nesse contexto, o sistema de manejo agrícola usado pelos Kayapós contemporâneos no Xingu, na forma de queimadas de baixa intensidade, adição de cinzas ao solo, cobertura vegetal, resultando em significativa elevação do pH e dos teores de P, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} e CO nos solos, com manutenção da produtividade ao longo dos anos, sugere práticas que podem formar TMs (Hecht, 2003).

As TPs podem ser consideradas um reflexo das atividades humanas em determinado local. Assim, a coloração escura e a espessura da TP têm sido relacionadas com a duração da ocupação do sítio e, ou, a densidade da população (Smith, 1980). Entretanto, a espessura da camada de TP dentro dos sítios não é uniforme e suas variações são explicadas por diferentes atividades, relacionadas ao preparo de alimentos, aos ciclos agrícolas e ao descarte de resíduos orgânicos (Kern, 1988, 1996; Mora et al., 1991). Em conseqüência, essa variabilidade dificulta estabelecer inferências confiáveis da taxa de acumulação, do tempo de ocupação e da densidade da população que habitava o local.

Segundo vários autores (Roosevelt, 1989, 2002; Mora et al., 1991; Herrera et al., 1992; Heckenberger et al., 1999), muitos sítios extensos foram ocupações permanentes ou semipermanentes de longa duração, permanecendo por vários séculos. Ao contrário, com base na observação de mudanças graduais na cerâmica arqueológica em estudos de seqüências de seriação cerâmica, Meggers (1990, 2001) argumenta que os sítios que ocupam grandes áreas de superfície representariam múltiplas reocupações durante centenas de anos, em vez de uma única ocupação grande e permanente. Como conseqüência disso, a extensão superficial de sítios arqueológicos não poderia ser usada para inferir o tamanho da aldeia, como freqüentemente é assumido. Entretanto, análises de DeBoer et al. (1996, 2001) concluem que os procedimentos de amostragem usados por Meggers não suportam o argumento da reocupação nos sítios. Mesmo assim, considerando que provavelmente ocorreram reocupações, para a estimativa das populações dos sítios é necessário conhecer a duração e as dimensões dessas ocupações.

Exemplo da dinâmica da formação de Terra Preta e Terra Mulata

Para entender a complexa dinâmica dos processos de formação da TP e TM em Araracuara, na Colômbia, Mora et al. (1991) avaliaram um grupo de variáveis que incluem, além dos solos, métodos agrícolas e a organização e estrutura dos grupos humanos ao longo do tempo. Análises de solo, pólen, fitólitos, restos vegetais e cerâmicos, além da datação com radiocarbono, em solos de dois sítios (identificados como sítios 2 e 3) (Eden et al., 1984; Mora et al., 1991; Herrera et al., 1992), forneceram evidência sistemática da natureza do assentamento e do uso da terra. O relato sumarizado a seguir baseia-se no sítio 3.

O sítio compreende uma extensão de 32 ha de solos modificados, em que 6 ha consistem em TP. Sua ocupação se estende do ano 1 d.C. até 1.800 d.c., distinguindo-se, com base em estudos palinológicos e de solos, duas fases com processos diferentes de formação do solo e uso da área. Na primeira fase originou-se uma TP devido à alta densidade populacional e à presença de habitações, com possível alternância entre locais de habitação e de cultivo. Dos primeiros anos d.C. até o ano 800, pequenas áreas foram cultivadas nas florestas, provavelmente usando um sistema agrícola de derrubada e queima. O solo recebeu adição de material orgânico, como resíduo doméstico, folhas mortas, madeira e ervas. O padrão de cultivo com mandioca (*Manihot esculenta*) e batata (*Ipomea batatas*) foi caracterizado por curtos períodos de uso e longos pousios. Conforme a coluna palinológica, a partir do ano 800 d.C. a agricultura foi intensificada, com áreas maiores sendo usadas por períodos longos e pousios curtos. Problemas de erosão teriam sido compensados com adição de material orgânico e sedimentos trazidos de alagadiços fluviais. Juntamente com o melhoramento das propriedades agrícolas do solo, houve aumento na variedade de cultivares. Segundo Mora et al. (1991), esses aspectos permitem inferir a existência de uma organização baseada em uma liderança central, que coordenava essas atividades regularmente. Em resumo, o sítio Araracuara fornece evidências para assentamentos longos e permanentes de grandes populações; agricultura permanente, envolvendo manutenção artificial da fertilidade do solo, suplementada por formas de uso agroflorestal; e interação com a planície aluvial adjacente. Os perfis palinológicos dos sítios TMs e TPs sugerem que nas TMs o cultivo foi mais contínuo e nas TPs, junto com o cultivo, se conservou uma cobertura de floresta. Em Araracuara, a tecnologia agrícola foi efetiva e estável por 900 anos, sem exigir a movimentação cíclica do assentamento (Mora et al., 1991).

As Terras Pretas na fase pós-colombiana

A formação de TPs geralmente cessou após 1.500-1.600 d.C. devido ao rápido decréscimo da população indígena, em decorrência de epidemias, escravização e outras formas de perturbação pelos europeus (Neves et al., 2003). Entretanto, a influência da pedogênese e da ação humana teve continuidade. O crescimento da floresta recobrando os sítios com TP após seu abandono e os processos biológicos, como o crescimento de raízes e da fauna do solo, continuaram a alterar as propriedades das TPs, juntamente com a perturbação de artefatos por bioturbação. Todavia, diversos estudos das TPs têm mostrado que é baixa a taxa de mineralização do C pirogênico (Glaser et al., 2003a,b), bem como as perdas de nutrientes por lixiviação (Lehmann et al., 2003a), o que tem contribuído para a preservação natural das TPs por vários séculos.

No entanto, a influência humana pós-colombiana nas TPs tem sido significativa. Entre os agricultores não-nativos assentados na Amazônia nos últimos séculos, muitos valorizaram as TPs pela sua elevada fertilidade (German, 2003; Hiraoka et al., 2003). 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) da Terra Preta, é com freqüência desenvolvida por meio de uma agricultura extrativista, com remoção dos nutrientes pelas culturas e erosão do horizonte A antrópico. Além disso, TPs têm sido mineradas e vendidas como “terra de jardim” em centros urbanos. Todas essas transformações recentes, naturais e humanas, alteraram e até destruíram porções do registro arqueológico preservado nas TPs. Em consequência, têm-se perdido oportunidades de entender a história do comportamento humano pré-histórico na Amazônia.

ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO: CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ANTRÓPICOS ANTIGOS

O desenvolvimento deste tópico é uma adaptação de Kämpf et al. (2003). Das diversas teorias sobre a gênese das terras pretas (mencionadas anteriormente), atualmente está confirmado que se formaram por atividade humana relacionada a assentamentos e práticas agrícolas de indígenas pré-colombianos (Ranzani et al., 1970; Smith, 1980; Eden et al., 1984; Pabst, 1985; Andrade, 1986; Correa, 1987; Mora et al., 1991; Kern, 1988, 1996).

Esse processo humano de formação do solo foi interrompido no início do período histórico com o avanço dos conquistadores europeus e a conseqüente rápida dizimação (enfermidades, escravização, etc.) da população indígena (Moran, 1990).

A formação de solos sob o ambiente natural – via pedogênese – é classicamente expressa como $S = f(c, o, r, m, t)$, em que o solo (S) é o produto da interação dos fatores ambientais, clima (c), organismos (o), relevo (r), material de origem (m), atuando ao longo de um tempo (t). As atividades humanas podem ser incluídas no fator organismos, ou destacadas como um fator antrópico (a) atuando na formação do solo. Para solos antrópicos, priorizando-se a atividade humana, a sua formação pode ser expressa como $S = f(a)_{c, o, r, m, t}$, com o reinício da pedogênese em um novo tempo zero.

O impacto da ação humana pré-histórica amazônica na formação do solo, apesar de não estar completamente esclarecido, presumivelmente compreende três vias principais, com graus variáveis de sobreposição ou interação (Kämpf et al., 2003): (1) atividades *antrópicas* (não-intencionais), desenvolvidas por assentamento (habitação) a longo prazo com adições casuais de resíduos domésticos, conhecido como modelo “lixreira” (Smith, 1980; Kern, 1988); (2) atividades *antropogênicas* (intencionais), baseadas em cultivos intensivos “corte-queima” em clareiras (modelo mosaico; Denevan, 1998), com atividade agrícola (permanente ou semipermanente) de longa duração, com base em recorrente remoção da vegetação e combustão incompleta de material orgânico (p.e., acumulação de C pirogênico ou carvão; Glaser, 1999), chamado de modelo “agrícola” (Woods & McCann, 1999; McCann & Woods et al., 2001); e (3) atividades *antropogeomórficas* (intencionais), baseadas em construções de terra, edificação de aterros para assentamentos e sepultamentos, com cultivo em canteiros elevados, chamado de modelo “construtor”. Enquanto o modelo “lixreira” originou a “terra preta”, o modelo “agrícola” formou a “terra mulata” (Sombroek, 1966; Andrade, 1986; McCann et al., 2001). Ambas são igualmente ricas em CO, mas a TP tende a apresentar uma coloração mais escura, sendo mais rica em P, Ca e outros elementos. Apresentam grande quantidade de restos culturais (cerâmicas, artefatos líticos), atestando, dessa forma, sua formação pela deposição de resíduos domésticos. A TM tem tipicamente coloração bruno-acinzentada escura (10YR 4/2 ou mais escura), com teores de P e Ca similares aos dos solos naturais (não-antropogênicos), escassos restos culturais e um teor mais elevado de carvão; estas propriedades indicam práticas de manejo do solo (especialmente corte da vegetação e queimadas) de longo prazo sob

agricultura intensiva (Woods & McCann, 1999). Criada por assentamentos permanentes ou semipermanentes associados com cultivos permanentes ou semipermanentes, a TP provavelmente também foi cultivada, tal como o é atualmente. Por sua vez, o modelo “construtor” abrange também solos sem feições de TP, como os tesos da Ilha do Marajó, com assentamentos e cultivos em aterros artificiais (Roosevelt, 1991); aí se incluem também os camalhões e plataformas de cultivo nos Llanos de Moxos, da Amazônia Boliviana (Erickson, 1995), do Suriname e Guiana (Denevan, 2001), bem como edificações de terra em escala menor, como montículos de sepulturas coletivas, escavações de defesa e estradas (Heckenberger et al., 1999), e outras.

Presentemente, os solos TPs registram a influência de antigos processos antrópicos, antropogênicos e, ou, antropogeomórficos, associados aos processos pedogênicos precedentes mais os subseqüentes. Em consequência, as características das TPs (e de outros solos antrópicos) podem ser altamente variáveis em todas as escalas, entre sítios (Smith, 1980) e dentro destes (Kern, 1988, 1996) (p.e., espessura da camada escura, teores de CO, P e Ca; abundância de artefatos culturais, etc.), dando assim origem a diferentes tipos de indivíduos de TP. Essas e outras diferenças, constatadas nos diversos sítios de TP, tornam compreensível o motivo pelo qual o termo geral *terra preta* tem significado distinto para diferentes pessoas (arqueólogos, antropólogos, etnólogos, geógrafos, agrônomos, pedólogos, caboclos), não raro dificultando o intercâmbio de conhecimentos. Em síntese, a grande variabilidade de tipos de solos antrópicos requer uma organização das informações, o que pode ser alcançado por meio de uma classificação de solos.

Estudos arqueológicos e pedológicos

Com notáveis exceções, sítios de TP têm sido estudados de forma independente por arqueólogos e pedólogos: o mesmo objeto sendo caracterizado por meio de diferentes procedimentos. O forte viés de muitos estudos foi condicionado pelos respectivos procedimentos de amostragem. Os arqueólogos fazem uso das cores escuras das TPs amazônicas para estimar a extensão e a profundidade dos sítios arqueológicos, enquanto a identificação do sítio é baseada no seu registro arqueológico. De acordo com os conceitos clássicos da arqueologia, as TPs são amostradas estratigraficamente, separando-se camadas com 10 cm de espessura, e os restos culturais são coletados por separação e descarte da fração terra

fina (≤ 2 mm), por peneiramento. Recentemente, a fração terra fina vem merecendo uma atenção maior dos arqueólogos que trabalham em sítios com TP (Mora et al., 1991; Heckenberger et al., 1999), empregando trincheiras em transeções, análise química da terra fina, análise palinológica, datações e outras (Mora, 2003).

No procedimento pedológico, um perfil de solo “representativo” é examinado até a profundidade de 1,20 m ou mais, os horizontes pedogênicos são caracterizados e identificados conforme descrição padronizada (Lemos & Santos, 2002) e as amostras da fração ≤ 2 mm são coletadas para análise em laboratório, para a usual caracterização segundo critérios pedológicos. Para o pedólogo, a camada escura superior da TP compreende um horizonte A antropogênico, que pode preencher os requisitos de um horizonte diagnóstico antrópico (Embrapa, 1999), um epipedon antrópico (Soil Survey Staff, 1998), um horizonte A fímico (FAO, 1988) ou um horizonte hórtico (FAO-ISSS-ISRIC, 1998). Mesmo reconhecendo a grande variabilidade dos solos dentro dos sítios de TP, usualmente tem sido selecionado como perfil de solo TP “representativo” do sítio um (único) exemplar que exemplifica a máxima expressão da atividade antrópica local. De fato, dada a amplitude de variação dos sítios TP, a sua caracterização exige o exame de perfis de solos em transectos (Kern, 1988) ou grades (Kern, 1996), possibilitando uma análise mais apurada da variabilidade espacial e da ação antrópica formadora. Além do mais, na pesquisa de solos TP, à usual caracterização pedológica padrão (morfologia e análises físicas e químicas) devem ser associados procedimentos de amostragem e analíticos (micromorfologia, palinologia, EDS, NMR, microbiológicos, datação, etc.) adequados para testar as mais diversas hipóteses relacionadas com a formação das TPs (práticas de cultivo e manejo, fontes de nutrientes, estabilidade da MO, dinâmica da população, etc.). A aplicação desses procedimentos é exemplificada por vários autores (Mora et al., 1991; Roosevelt, 2000; Lima, 2001; Ruivo et al., 2003; Costa et al., 2003).

Nesse sentido, a interação de arqueólogos e pedólogos, denominada pedo-arqueologia, apesar de ser um fato relativamente recente na pesquisa de solos antrópicos amazônicos (Smith, 1980; Eden et al., 1984; Andrade, 1986; Kern, 1988, 1996; Woods, 1995; Heckenberger et al., 1999; Woods & McCann, 1999), já contribuiu para novas concepções desse tema desafiador. Uma coletânea de relatos sobre aplicações da Ciência do Solo na pesquisa arqueológica pode ser encontrada em Holliday (1992).

Classificação de solos antrópicos antigos

O crescente conhecimento produzido por especialistas de diversas áreas do conhecimento (arqueologia, antropologia, etnologia, ecologia, geoquímica, biologia, ciência do solo, geografia, e outras) e a consciência da diversidade de indivíduos de TP têm gerado uma demanda para a organização das informações, visando orientar a identificação e a classificação de tipos de TPs amazônicas, além de dar suporte à pesquisa.

Todavia, sendo concebidos para fins de levantamento de solos e respectivas interpretações, principalmente para agricultura, os sistemas de classificação pedológica têm se revelado pouco eficientes no agrupamento e distinção dos diversos tipos de solos antrópicos antigos, na forma desejada pelos especialistas envolvidos na pesquisa desses solos. Isso se torna mais evidente quando é lembrado que os sistemas de classificação pedológica dão maior ênfase às propriedades dos horizontes subsuperficiais, por serem menos suscetíveis a modificações a curto prazo por atividades humanas atuais e futuras. Tanto no SiBCS (Embrapa, 1999) como no Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1998), a influência da atividade humana (antiga e contemporânea) é de fato definida muito vagamente na forma de um horizonte diagnóstico antrópico. Assim, por exemplo, quando no SiBCS as TPs são classificadas como “Latossolos Amarelos distróficos antropogênicos”, a influência antrópica está sendo reconhecida de forma genérica no quarto nível hierárquico.

Por outro lado, a legenda WRB (ISSS-ISRIC-FAO, 1998), por meio da classe Antrossolos, distingue solos formados ou profundamente modificados por atividades humanas chamadas de processos antropogênicos, como adição de materiais orgânicos ou resíduos domésticos, ou cultivo. Por definição, Antrossolos têm horizontes *antropogênicos*, onde os horizontes *hórtico* e *plágico*, e possivelmente *térrico*, são aplicáveis na classificação de solos antrópicos amazônicos antigos. Apesar de a maioria dos pedólogos concordar que as TPs compreendem diferentes tipos de Antrossolos Hórticos (Sombroek et al., 2002), muitas delas não preenchem o requisito de uma espessura de 0,50 m ou maior para o horizonte diagnóstico (Sombroek, 1966; Smith, 1980; Pabst, 1985; Andrade, 1986; Kern & Kämpf, 1989; Kern, 1996; Lima, 2001), sendo, por isso, excluídas da classe Antrossolos. Ainda, mesmo preenchendo o critério de Antrossolo, os diferentes tipos de TP não são distinguidos satisfatoriamente. Apesar de a questão da admissão ou da exclusão de um solo de um grupo específico ser inerente a todas as classificações, do ponto de vista arqueológico ou

antropológico é particularmente difícil aceitar que uma influência antrópica não seja relevante na identificação (ou caracterização) de um solo afetado por atividades humanas.

Conforme mencionado, as TPs podem ser identificadas e distinguidas dos solos circunvizinhos por algumas propriedades particulares, que são observáveis no campo (p.e., cores escuras; espessura da camada escura; presença de cerâmica, líticos, fragmentos de carvão; textura; etc.) e, ou, mensuráveis no laboratório (p.e., reação do solo (pH); teor de CO; teores de P, Ca, Mg e microelementos - Mn, Zn, etc.). Essas propriedades, por constituírem assinaturas antrópicas, possibilitam o estabelecimento de critérios para a identificação e a classificação específica desses solos, independentemente das classificações pedológicas formais.

Devido à diversidade de procedimentos para caracterização e identificação de TPs usados pelos especialistas de diferentes áreas do conhecimento, esses solos não podem ser definidos muito estreitamente. Nesse ponto, a sua classificação representa uma tentativa de combinar concepções de várias disciplinas para abranger a variabilidade e a variação contínua das TPs. Assim, as definições das classes devem ser flexíveis, reconhecendo também a variabilidade dentro e entre sítios de TPs.

Legenda de Classificação de Arqueo-antrossolos

Com base no interesse multidisciplinar expresso no First International TPA Workshop (Manaus, julho de 2002), Kämpf et al. (2003) propuseram uma legenda de classificação para solos antrópicos antigos, nova e independente, objetivando promover a interdisciplinaridade das várias áreas de pesquisa engajadas com ambientes desses solos. Os principais aspectos da legenda proposta são descritos a seguir; maiores detalhes constam em Kämpf et al. (2003).

A legenda utiliza um único horizonte de referência (ou diagnóstico), chamado de *horizonte arqueo-antropedogênico*, para identificar o grupo dos Arqueo-antrossolos, que é o termo proposto para designar a classe de “antrossolos antigos”. Ao contrário das classificações pedológicas formais vigentes (SiBCS, WRB, Soil Taxonomy e outras), a Legenda de Classificação de Arqueo-antrossolos (LCA) prioriza o horizonte da parte superior (usualmente horizontes A e AB) do perfil de solo, exceto quando soterrado por sedimentos (não-antropogênicos) mais recentes. Por definição, o horizonte arqueo-antropedogênico (do grego *arkhaios*, antigo, *anthropos*, humano, e pedogênese) é um horizonte superficial (eventualmente

subsuperficial) produzido por atividades humanas antigas continuadas e de longa duração. As características e propriedades deste horizonte foram desenvolvidas por adições e, ou, aplicações de resíduos e materiais orgânicos ou terrosos durante um longo período de tempo, mais a influência de processos pedogênicos subseqüentes (incluindo bioturbação). O horizonte arqueo-antropedogênico tem, resumidamente, as seguintes propriedades:

- espessura de 0,20 m ou maior, a partir da superfície ou acumulada nos 0,60 m superiores do perfil de solo, ou soterrado por sedimentos mais recentes; e um ou mais dos seguintes requisitos;
- presença de material arqueológico (fragmentos de artefatos cerâmicos, líticos, etc.) em qualquer quantidade; e, ou
- teor de P (Mehlich-1) de 65 mg kg⁻¹ ou maior; altos teores de P nos horizontes mais profundos apóiam efeitos antrópicos antigos; e, ou
- teor de carvão de pelo menos 10 g kg⁻¹; e, ou
- teor de CO de 10 g kg⁻¹ ou maior; e, ou
- presença de fragmentos de conchas e outros organismos aquáticos, e material cultural (cerâmicas, líticos, artefatos ósseos, etc.), de pelo menos 10 g kg⁻¹; e, ou
- acumulação de composto terroso ou lama, ou adições de solo, com ou sem materiais culturais; e, ou
- associação espacial evidente do solo com atividades humanas pretéritas (sítios de habitação, lixeiras, construções de terra, lavouras pretéritas, etc.).

A identificação de um solo como Arqueo-antrossolo constitui o primeiro nível da legenda de classificação. Os diferentes tipos (classes) de Arqueo-antrossolos são distinguidos por características diferenciadoras do horizonte arqueo-antropedogênico em três níveis adicionais. Na designação das classes da LCA foram usadas adaptações ou redefinições de termos usados em sistemas de classificação formais (australiano, WRB, SiBCS). No segundo nível são identificadas classes, ou suas combinações, segundo atributos do solo relacionados a processos antrópicos, antropogênicos e, ou, antropogeomórficos inferidos, resumidas a seguir:

- *Ágrico* (do latim *ager*, lavoura) - supõe a formação deliberada por práticas agrícolas antigas, como derrubada e queima da vegetação, e, ou, adição de resíduos ou composto orgânico durante longos períodos

de tempo. É identificada por teor de CO ≥ 14 g kg⁻¹; teor de carvão ≥ 10 g kg⁻¹; baixo teor de P disponível (< 50 mg kg⁻¹); usualmente baixos teores de Ca²⁺ + Mg²⁺ (< 4 cmol_c kg⁻¹); baixo teor de artefatos (< 10 g kg⁻¹). Compreende usualmente os solos identificados como TM.

- Cúltico (do latim *cultura*, cultura humana expressa na forma de artefatos) - indica um alto conteúdo de restos culturais (≥ 100 g kg⁻¹). Compreende usualmente montículos de sepultamento e outros depósitos de artefatos.
- Hórtico (do latim *hortus*, horta) - supõe prolongada habitação com adições casuais de resíduos orgânicos domésticos e de material cultural. Apresenta teor de CO ≥ 14 g kg⁻¹ e de P disponível ≥ 65 mg kg⁻¹. Possui usualmente teores de Ca²⁺ + Mg²⁺ ≥ 4 cmol_c kg⁻¹ e presença de material arqueológico (≥ 10 g kg⁻¹). Compreende as TPs “legítimas”.
- Escálpico (de *escalpelado*, privado da camada superior) - indica um Arqueo-antrossolo com perda total do horizonte de referência, mas que mantém vestígios da condição original na parte remanescente do solo ou nas suas imediações. É usado também em combinação com Ágrico, Hórtico e outros. Identifica solos em sítios de TP alterados.
- Prótico (do grego *proteros*, precoce) - indica um estágio precoce de desenvolvimento de um Arqueo-antrossolo, detectado por vestígios de habitação humana antiga e, ou, atividades humanas antigas. É usado também em combinação com Ágrico, Hórtico e outros.
- Tâmbico (*Shellic*, no original) (de *tambaqui* ou *sambaqui*, depósito de conchas) - indica presença de fragmentos de conchas e outros esqueletos aquáticos, com associação de material cultural (cerâmica, artefatos de conchas e ossos). Compreende solos em terraços sambaquis.
- Térico (do latim *terra*, terra) - supõe a formação por adição de material terroso na forma de composto ou lama durante longo período ou por construção. Compreende solos em terraços artificiais (tesos), camalhões e outras edificações de terra.
- Táptico (do grego *thaptos*, enterrado) - indica que o horizonte de referência está enterrado a pelo menos 0,40 m de profundidade.
- Úrbico (do latim *urbanus*, urbano) - indica vestígios de habitações, alicerces, estradas e outros tipos de obras urbanas.

No terceiro nível da legenda são identificadas classes segundo atributos do horizonte arqueo-antropedogênico e processos pedogênicos subseqüentes relacionados com potencial agrícola, intensidade e tipo de uso, densidade populacional, tempo de ocupação, etc.: cor, textura, espessura, fertilidade, adição de materiais, degradação física. Alguns dos termos aplicados no terceiro nível são resumidos a seguir:

Cárbico – expressa elevados teores de CO ou carvão (a serem definidos).

Cinzeno (*Grayic*, no original) – expressa cores Munsell (úmida) acinzentadas com valor > 3 e croma ≤ 2 .

Crômico – expressa cores Munsell (úmida) mais claras, com valor ≥ 3 e croma ≥ 2 .

Cumúlico – horizonte com espessura $\geq 0,60$ m, desenvolvido por acumulação de MO.

Dístrico – expressa baixa fertilidade (ver Êútrico): baixos teores de P disponível e de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e baixa saturação por bases.

Ebânico – tem cores Munsell (úmido) escuras, com valor e croma < 3 .

Estrático - apresenta, nos 0,60 m superficiais do solo, estratificações de sedimentos eólicos, ou materiais antrópicos de textura variável; o teor de CO decresce irregularmente com a profundidade.

Êútrico – expressa alta fertilidade: teor de P (Mehlich-1) ≥ 150 mg kg^{-1} ; $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \geq 8$ cmol_c kg^{-1} ; pH ≥ 5 ; e saturação por bases ≥ 50 %.

Flúvico - indica presença de sedimentos fluviais recebidos a intervalos regulares ou no passado recente. O solo mostra estratificações de materiais com diferente textura e, ou, teor de CO decrescendo irregularmente com a profundidade.

Léptico – horizonte com espessura $< 0,30$ m.

Melânico – expressa melanização; tem coloração escura, com valor e croma < 3 , teor de CO ≥ 10 g kg^{-1} até a profundidade de 0,60 m em materiais argilosos e 1,0 m em materiais arenosos.

Mésico – horizonte com espessura de 0,30 a 0,60 m.

Mesotrófico – expressa fertilidade intermediária entre Êútrico e Dístrico.

Escálpico – expressa perda parcial do horizonte de referência.

Tâmbico – expressa presença de fragmentos de conchas em camadas com espessura $\geq 0,10$ m.

Textura – é especificada na forma de classes texturais genéricas: argilosa, média, arenosa, siltosa (SiBCS); e esquelética: teor de cascalho ou outros fragmentos grosseiros entre 400 e 900 g kg⁻¹ nos primeiros 0,50 m de profundidade a partir da superfície do solo.

No quarto nível da LCA são identificadas as principais características pedogênicas (não-antropogênicas) do solo, conforme um sistema de classificação pedológica de solos a ser selecionado (WRB, SiBCS, outros). Assim, com base no sistema WRB podem ser aplicados nomes derivados dos respectivos grupos de solos, como, por exemplo: arênico, câmbico, espódico, ferrálico, nítico e outros. Exemplos da aplicação da LCA a alguns perfis de TPs constam do quadro 5.

Segundo Kämpf et al. (2003), a LCA foi concebida para atender as necessidades combinadas dos especialistas das diversas áreas do conhecimento interessados na identificação e na organização das informações sobre solos TP, TM e outros solos antrópicos antigos. Por isso, é uma classificação que prioriza e enfatiza propriedades do solo relacionadas à influência de humanos antigos mais a pedogênese subsequente. A natureza dinâmica, histórica e variável dos solos antrópicos nos sítios de assentamento requer uma classificação suficientemente flexível

Quadro 5. Classificação de perfis de solos Terra Preta conforme o SiBCS (Embrapa, 1999) e a Legenda de Arqueo-antrossolos

SiBCS	Fonte	Legenda de Arqueo-antrossolos
Latossolo Amarelo distrófico antropogênico	Perfil 32 (Embrapa, 2001, 2002)	Arqueo-antrossolo Hórtico, cinzento, franco, distrófico, léptico, ferrálico
Latossolo Amarelo distrófico antropogênico	Perfil 63 (Embrapa, 2001, 2002)	Arqueo-antrossolo Ágrico, epicinzento, argiloso, distrófico, méxico, ferrálico
Argissolo Amarelo eutrófico antropogênico	Caldeirão CPAA/Embrapa, Iranduba-AM	Arqueo-antrossolo Proto-hórtico, cinzento, franco, mesotrófico, méxico, árico
Latossolo Amarelo distrófico antropogênico	TPA-1 (Kern & Kämpf, 1989)	Arqueo-antrossolo Hórtico, ebânico, franco, eutrófico, méxico, ferrálico
Latossolo Amarelo eutrófico antropogênico	(Lima, 2001)	Arqueo-antrossolo Hórtico, ebânico, argiloso, eutrófico, cumúlico, ferrálico
Latossolo Amarelo distrófico antropogênico	Perfil 14 (Embrapa, 2001, 2002)	Arqueo-antrossolo Ágrico, ebânico, arenoso, distrófico, méxico, ferrálico
(não classificado)	Perfil 28 Araracuara (Andrade, 1986)	Arqueo-antrossolo Agro-hórtico, cinzento, arenoso, mesotrófico, méxico, arênico
(não classificado)	Perfil 29 Araracuara (Andrade, 1986)	Arqueo-antrossolo Tpto-ágrico, cinzento, arenoso, distrófico, cumúlico, arênico

Fonte: Kämpf et al. (2003).

e abrangente para representar essa diversidade de forma adequada. No seu estágio atual, a LCA é experimental e incompleta, refletindo as dificuldades e a insuficiência de informações sobre os solos abrangidos; o aperfeiçoamento da sua operacionalidade e aplicabilidade depende do apoio crítico de seus usuários. Todavia, seus autores esperam que, em futuro próximo, sistemas de classificação formais sejam adequados para uma distinção satisfatória da variedade de solos antrópicos antigos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Implicações para o desenvolvimento contemporâneo da Amazônia

Considerando que qualquer atividade humana tem impacto sobre o ambiente, as transformações antropogênicas da paisagem amazônica provavelmente iniciaram-se com os primeiros colonizadores da região, há mais de 10.000 anos. Entre essas mudanças, os Arqueo-antrossolos têm implicações importantes para a interpretação e o entendimento da pré-história e da história da Amazônia. Nesse contexto, estudos arqueológicos e de solos têm contribuído para explicar e entender o passado da Amazônia, contestando a hipótese da ausência de desenvolvimento cultural imposta por limitações ambientais. As novas evidências proporcionados por esses estudos mostram a viabilidade agrícola da Amazônia, com suas implicações para o desenvolvimento contemporâneo da região.

Evidências arqueológicas e paleoecológicas sugerem que a ocupação humana do baixo Amazonas resultou em progressivas transformações da vegetação e de solos nas áreas ocupadas (Roosevelt, 2000). Assim, a razão de isótopos de C estável ($\delta^{13}\text{C}$) mostrando valores mais negativos no Pleistoceno e Holoceno recente é consonante com uma cobertura vegetal de floresta tropical úmida, enquanto as razões $\delta^{13}\text{C}$ menos negativas após o início da Era Cristã indicam que no Holoceno tardio a cobertura florestal foi afetada por derrubada e queima em áreas próximas a assentamentos densos. Considerando que as evidências paleoclimáticas desse período são favoráveis à existência da floresta úmida, a explicação mais provável é uma significativa diminuição da cobertura florestal pela ação humana nas áreas mais intensamente habitadas. A substituição da floresta por plantas cultivadas na vizinhança de assentamentos está baseada nas razões $\delta^{13}\text{C}$ menos negativas em ossos humanos no pré-histórico tardio, sendo interpretada

como evidência de uma maior dependência de plantas C_4 cultivadas, como milho, nos últimos 1.000 anos da pré-história. A perturbação da floresta por humanos no pré-histórico tardio também é a provável causa para a expansão das florestas de palmeiras da terra firme, o estabelecimento de castanhais e a expansão das áreas com vegetação de cerrado (Roosevelt, 2000).

Evidências arqueológicas, etno-históricas e etnográficas recentes indicam que no pré-histórico tardio a população indígena da Amazônia era muito mais densa e numerosa do que a população indígena atual, concentrando-se em assentamentos ao longo dos rios e em parte da terra firme interior. Esses assentamentos foram mantidos por formas relativamente intensas de agricultura permanente e semipermanente, em vez de cultivos itinerantes com longos pousios, usuais para a maioria dos indígenas contemporâneos. Arqueo-antrósolos, conhecidos como *terra preta* (TP) e *terra mulata* (TM), são registros desses assentamentos associados com cultivos intensivos. A sua ocorrência nas mais diversas classes de solos mostra que solos antrópicos férteis suportando cultivos produtivos podiam ser criados quase que em qualquer lugar. Isso indica que as sociedades indígenas pré-históricas possuíam sistemas agrícolas estáveis e eficientes para sustentar populações numerosas e densas, produzir excedentes e manejar resíduos.

Nesse contexto, a concepção de baixo potencial agrícola da Amazônia devido ao predomínio de solos ácidos e pobres em nutrientes (principalmente Latossolos e Argissolos), possibilitando apenas o cultivo itinerante e um desenvolvimento cultural limitado, não encontra suporte. Na realidade, o potencial agrícola (ou ambiental) não é algo inerente à natureza e independente da cultura dos seus habitantes. A agricultura, por ser um fenômeno cultural, implica que o potencial agrícola é em parte determinado culturalmente, envolvendo uma interação entre tecnologia e ambiente (Denevan, 2001). A ocorrência de solos TP e TM em grandes extensões evidencia que na Amazônia pré-histórica havia assentamentos densos e estáveis fazendo uso de sistemas agrícolas sustentáveis. Se foi assim no passado, o mesmo pode ser possível na atualidade. Essas técnicas antigas podem orientar processos modernos, possibilitando soluções alternativas para pequenos agricultores quanto ao manejo de solos com baixa fertilidade e baixa capacidade de produção. O modelo de desenvolvimento sustentável das TPs supõe uma grande estabilidade dos assentamentos, a preservação da cobertura vegetal e a execução de trabalhos contínuos de melhoramento do solo, com policultivos de grãos, tubérculos e arbóreas frutíferas (Mora, 2001).

Entretanto, o conhecimento sobre os provavelmente múltiplos processos e técnicas associadas com o desenvolvimento e manutenção das *terras pretas* ainda é insuficiente. Supõe-se que a formação e a manutenção desses solos antrópicos antigos sejam o resultado de uma interação complexa e dinâmica de cultura, assentamento, tecnologia e de estratégias de produção. Isso significa que as *terras pretas* e *terras mulatas* não podem ser estudadas unicamente como “solos”. A pesquisa multidisciplinar e interdisciplinar continuada é a melhor forma de pesquisar esse fenômeno, envolvendo profissionais de áreas específicas do conhecimento: antropologia, arqueologia, biologia, botânica, ciência do solo, ecologia, economia, geoquímica, história, sociologia e outras (Madari et al., 2004).

AGRADECIMENTOS

À Fernanda Araujo Costa, pela leitura crítica e pelas sugestões.

LITERATURA CITADA

- AMUNDSON, R. & JENNY, H. The place of humans in the state factor theory of ecosystems and their soils. *Soil Sci.*, 151:99-109, 1991.
- ANDRADE, A. Investigación arqueológica de los Antrosolos de Araracuara. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, Bogotá, 1986. 103p.
- CORREA, C.G. Horticultores pré-históricos do litoral do Pará, Brasil. *R. Arqueol.*, 4:137-252, 1987.
- COSTA, M.L.; KERN, D.C. & KÄMPF, N. Pedogeochemical and mineralogical analysis of Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I. Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p.333-352.
- CUNHA FRANCO, E. As “Terras Pretas” do planalto de Santarém. *R. Soc. Agrôn. Veter. Pará*, 8:17-21, 1962.
- DEBOER, W.R.; KINTIGH, K. & ROSTOKER, A.G. Ceramic seriation and site reoccupation in lowland South America. *Latin Am. Antiq.*, 7:263-278, 1996.
- DEBOER, W.R.; KINTIGH, K. & ROSTOKER, A.G. In quest of prehistoric Amazônia. *Latin Am. Antiq.*, 12:326-327, 2001.
- DENEVAN, W.M. The aboriginal population of Amazônia. In: DENEVAN, W.M., ed. The native population of the Americas in 1492. Madison, University of Wisconsin Press, 1992. p.205-234.
- DENEVAN, W.M. Comments on prehistoric agriculture in Amazonia. *Cult. Agric.*, 20:54-59, 1998.
- Tópicos Ci. Solo, 4:277-320, 2005

- DENEVAN, W.M. Cultivated landscapes of native Amazônia and the Andes. Oxford, Oxford University Press, 2001. 396p.
- DENEVAN, W.M. Semi-intensive pre-European cultivation and the origins of Anthropogenic Dark Earths in Amazônia. In: GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonian Dark Earths: Explorations in space and time. Berlin, Springer, 2004. p.135-143.
- EDEN, M.J.; BRAY, W.; HERRERA, L. & MCEWAN, C. Terra Preta soils and their archaeological context in the Caqueia Basins of southeast Colombia. *Am. Antiq.*, 49:125-140, 1984.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Estudos pedológicos e suas relações ambientais. In: PROJETO de Gestão Ambiental Integrado do Estado do Amazonas. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2001. (Relatório Técnico, 2001/2)
- ERICKSON, C.L. Archaeological methods for the study of ancient landscapes of the Llanos de Mojos in the Bolivian Amazon. In: STAHL, P.W., ed. Archaeology in the lowland American tropics. Cambridge, Cambridge University Press, 1995. p.66-95.
- ERICKSON, C.L. Lomas de ocupacion in los Llanos de Mojos. In: COIROLO, A.D. & BOKSAR, R.B., eds. Arqueología de tierras bajas. Montevideo, Comisión Nacional de Arqueología, Ministerio de Educación y Cultura, 2000. p.207-226.
- FALESI, I.C. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira. In: Zoneamento Agrícola da Amazônia (1ª aproximação). Belém, IPEAN, 1972. 153p. (Boletim Técnico, 54)
- FALESI, I.C. Solos de Monte Alegre. Belém, IPEAN, 1970. (Série Solos da Amazônia, v.2, n.1)
- FAO. Soil Map of the World. Revised Legend. Reprinted with corrections. Rome, 1988. (World Resources Report, 60)
- FAO-ISRIC-ISSS. World Reference Base for Soil Resources. Rome, 1998. 88p. (World Soil Resources Reports, 84)
- FARIA, J.B. A cerâmica da tribo Uaboi dos rios Trombetas e Jamundá. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Proteção aos Índios, 1946. p.5-42.
- FEARNSIDE, P.; GRACA, P.M.L.; NILHO, N.L.; RODRIGUES, F.J.A. & ROBINSON, J.M. Tropical forest burning in Brazilian Amazônia: measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Pará. *For Ecol. Manag.*, 123:65-79, 1999.
- GERMAN, L. Historical contingencies in the coevolution of environment and livelihood: contributions to the debate on Amazonian Black Earth. *Geoderma*, 111:307-331, 2003.
- GERMAN, L. Ethnoscience understandings of Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I. Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p.179-201.
- GERMAN, L. A geographical method for Anthrosol characterization in Amazônia: contributions to method and human ecological theory. In: GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonian Dark Earths: Explorations in space and time. Berlin, Springer, 2004. p.29-51.

- GLASER, B. *Eigenschaften und Stabilität des Humuskörpers der Indianerschwarzerden Amazoniens*, 1999. 196p. (Bayreuther Bodenkundliche Berichte, 68)
- GLASER, B.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G. & ZECH, W. The "Terra Preta" phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88:37-41, 2001.
- GLASER, B.; LEHMANN, J. & ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biol. Fertil. Soils*, 35:219-230, 2002.
- GLASER, B.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. & RUIVO, M.L. Soil organic matter stability in Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003a. p.141-158.
- GLASER, B.; GUGGENBERGER, G. & ZECH, W. Organic chemistry studies on Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003b. p.227-241.
- GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. *Amazonian Dark Earths: explorations in space and time*. Berlin, Springer, 2004. 216p.
- GOMES, D. Symbolism and power in the tropical forest. In: MCEWAN, C.; BARRETO, C. & NEVES, E.G., eds. *Unkown Amazon*. London, The British Museum Press, 2001. p.134-155.
- GOUROU, P. Observações geográficas na Amazônia. *R. Bras. Geografia*, 2:171-250, 1950.
- GRIFFITH, M.A. A pedological investigation of an archaeological site in Ontario, Canada. I. An examination of the soils in and adjacent to a former village. *Geoderma*, 24:327-336, 1980.
- GRIFFITH, M.A. A pedological investigation of an archaeological site in Ontario, Canada. II. Use of chemical data to discriminate features of the Benson site. *Geoderma*, 25:27-34, 1981.
- HARTT, F. Contribuição para a ethologia do Valle do Amazonas. *Arch. Mus. Nac. Rio de Janeiro*, 6:10-14, 1885
- HECHT, S.B. Indigenous soil management and the creation of Amazonian Dark Earths: Implications of Kayapó practices. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. *Amazonian dark earths origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 355-372.
- HECKENBERGER, M.J.; PETERSEN, J.B. & NEVES, E. Village size and permanence in Amazônia: two archaeological examples from Brasil. *Latin Am. Antiq.*, 10:535-576, 1999.
- HECKENBERGER, M.J.; PETERSEN, J.B. & NEVES, E. Of lost civilizations and primitive tribes, Amazônia: Reply to Meggers. *Latin Am. Antiq.*, 12:328-333, 2001.
- HERRERA, L.F.; CAVELIER, I.; RODRIGUEZ, C. & MORA, S. The technical transformation of an agricultural system in the Colombian Amazon. *World Arch.*, 24:98-113, 1992.

- HILBERT, P. A cerâmica arqueológica da região de Oriximiná. Belém, Instituto de Antropologia e Etnologia do Pará, 1955. 76p.
- HOLLIDAY, V.T., ed. Soils in Archaeology: landscape evolution and human occupation. Washington, Smithsonian Institution Press, 1992. 254p.
- HIRAOKA, M.; YAMAMOTO, S.; MATSUMOTO, E.; NAKAMURA, S.; FALES, I.C. & BAENA, A.R.C. Contemporary use and management of Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I. Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p.387-406.
- INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL - IPHAN. Coletânea da legislação de proteção ao patrimônio cultural. Manaus, 1988. p.199-225.
- INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. Os solos da área Cacau Pirêra-Manacapuru. Belém, 1970. V.2, 198p.
- KÄMPF, N.; WOODS, W.I.; SOMBROEK, W.; KERN, D.C. & CUNHA, T.J.F. Classification of Amazonian Dark Earths and other ancient anthropic soils. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p.77-102.
- KATZER, F. A Terra Preta. Bol. Seção de Fomento Agrícola no Pará, 3/2:35-38, 1944.
- KERN, D.C. Caracterização pedológica de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1988. 232p. (Tese de Mestrado)
- KERN, D.C. Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com Terra Preta na Floresta Nacional de Caxiuaná (Portel-Pará). Belém, Universidade Federal do Pará, 1996. 124p. (Tese de Doutorado)
- KERN, D.C. & COSTA, M.L. Os solos antrópicos. In: LISBOA, P.L.B., org. Caxiuanã. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 1997. p.105-137.
- KERN, D.C. & KÄMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará. R. Bras. Ci. Solo, 13:219-225, 1989.
- KERN, D.C.; FRAZÃO, F.J.L.; COSTA, M.L.; FRAZÃO, E. & JARDIM, M.A. A influência das palmeiras como fonte de elementos químicos em sítios arqueológicos com Terra Preta. SIMPÓSIO DA GEOLOGIA DA AMAZÔNICA 6., Manaus, 1999. Anais. Manaus, Sociedade Brasileira de Geografia, 1999. p.347-350.
- KERN, D.C.; COSTA, F.A.; FRAZÃO, F.J. & COSTA, M.L. Mudanças ambientais decorrentes da ocupação humana pretérita no litoral paraense. In: ECOLAB, 6., Belém, 2002. Anais. Belém, 2002. CD-ROM
- KERN, D.C.; D'AQUINO, G.; RODRIGUES, T.E.; FRAZÃO, F.J.; SOMBROEK, W.; MYERS, T.P. & NEVES, E.G. Distribution of Amazonian Dark Earths in the Brazilian Amazon. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p.51-75.

- LEHMANN, J.; SILVA JR., J.P. DA; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W. & GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant Soil*, 249:343-357, 2003a.
- LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I. Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003b. 505p.
- LEHMANN, J.; KERN, D.; GERMAN, L; MCCANN, J.; MARTINS, G.C. & MOREIRA, A. Soil fertility and production potential. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003c. p.105-124.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa, 4.ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 83p.
- LIMA, H.N. Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 176p. (Tese de Doutorado)
- LIMA, H.N.; SCHAEFER, C.E.R.; MELLO, J.W.V.; GILKES, R.J. & KER, J.C. Pedogenesis and pre-Columbian land use of "Terra Preta Anthrosols" (Indian black earth") of Western Amazonia. *Geoderma*, 110:1-17, 2002.
- LUTZ, H.J. The concentration of certain chemical elements in the soils of alaskan archaeological sites. *Am. J. Sci.*, 249:925-928, 1951.
- MADARI, B.; BENITES, V.M. & CUNHA, T.J.F. The effect of management on the fertility of Amazonian Dark Earth Soils. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p.407-432.
- MADARI, B.; SOMBROEK, W. & WOODS, W.I. Research on Anthropogenic Dark Earth soils. Could it be a solution for sustainable agricultural development in the Amazon ? In: GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonian Dark Earths: Explorations in space and time. Berlin, Springer, 2004. p.169-181.
- MAGALHÃES, M.P. Arqueologia de Carajás: A presença pré-histórica do homem na Amazônia. Rio de Janeiro, Companhia Vale do Rio Doce, 1994. Não paginado.
- McCANN, J.M. Before 1492: The making of the pre-Columbian Landscape. Part I: The environment. *Ecol. Rest.*, 17:15-30, 1999a.
- McCANN, J.M. Before 1492: The making of the pre-Columbian Landscape. Part II: The vegetation, and implications for restoration for 2000 and beyond. *Ecol. Rest.*, 17:107-119, 1999b.
- McCANN, J.M.; WOODS, W.I. & MEYER, E.W. Organic matter and anthrosols in Amazônia: Interpreting the amerindian legacy. In: REES, R.M.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D. & WATSON, C.A., eds. Sustainable management of soil organic matter. Wallingford, CABI Publishing, 2001. p.180-189.
- MEGGERS, B.J. Amazônia: Man and culture in a counterfeit paradise. Washington, Revised edition. Smithsonian Institution Press, 1996. 214p.

- MEGGERS, B.J. The continuing quest for El Dorado: Round Two. *Latin Am. Antiq.*, 12:304-325, 2001.
- MEGGERS, B.J. & MILLER, E.Th. Hunter-gatherers in Amazônia during the Pleistocene-Holocene transition. In: MERCADER, J., ed. *Under the canopy: The archaeology of tropical rain forests*. New Brunswick, Rutgers University Press, 2003. p.291-316.
- MEIRELLES FILHO, J. *O livro de ouro da Amazônia*. Ediouro, Rio de Janeiro, 2004. 397p.
- MILLER, E.T. A limitação ambiental como barreira à transposição do período formativo no Brasil. Tecnologia, produção de alimentos e formação de aldeias no sudoeste da Amazônia. In: LEDERGERBER-CRESPO, P., ed. *Formativo Sudamericano, una revaluación*. Quito, Ediciones Abya-Yala, 1999. p.331-339.
- MORA, S.; HERRERA, L.F.; CAVELIER F, I. & RODRIGUEZ, C. Cultivars, anthropic soils and stability. A preliminary report of archaeological research in Aracuara, Colombian Amazônia. *Pittsburgh, University of Pittsburgh Latin Am. Arch.*, 1991. 87p. (Reports, 2)
- MORA, S. Suelos negros y sociedad: Un sistema agrícola de entonces, un sistema agrícola de ahora? In: HIRAOKA, M. & MORA S., eds. *Desarrollo sostenible en la Amazonia: Mito o realidad?* Quito, Ediciones Abya-Yala, 2001. p.31-45.
- MORA, S. & GNECCO, C. Archaeological hunter-gatherers in tropical forests: A view from Colombia. In: MERCADER, J., ed. *Under the canopy: The archaeology of tropical rain forests*. New Brunswick, Rutgers University Press, 2003. p.271-290.
- MORA, S. Archaeobotanical methods for the study of Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 205-225.
- MORAN, E.F. *A ecologia das populações da Amazônia*. Petrópolis, Vozes, 1990. 367p.
- MYERS, T.P.; DENEVAN, W.M.; WINKLERPRINS, A. & PORRO, A. Historical perspectives on Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p.15-24.
- NEVES, E.G.; PETERSEN, J.B.; BARTONE, R.N. & SILVA, C.A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p.29-50.
- NEVES, E.G.; PETERSEN, J.B.; BARTONE, R.N. & HECKENBERGER, M.J. The timing of Terra Preta formation in the Central Amazon: Archaeological data from three sites. In: GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. *Amazonian Dark Earths: Explorations in space and time*. Berlin, Springer, 2004. p.125-134.
- NIMUENDAJÚ, C. The Tapajó [1925, 1949]. *Kroeber Anthropol. Soc. Papers*, 6:1-25, 1952.
- OLIVER, J.R. The archaeology of forest foraging and agricultural production in Amazônia. In: McEWAN, C.; BARRETO, C. & NEVES, E.G., eds. *Unkown Amazon*. London, The British Museum Press, 2001. p.50-85.

- PABST, E. Terra Preta do Indio: Química Kennzeichnung und ökologische Bedeutung einer brasilianischen Indianerschwarzerde. München, Fakultät für Geowissenschaften, Ludwig-Maximilian Universität, 1985. 362p. (Tese de Mestrado)
- PABST, E. Critérios de distinção entre Terra Preta e Latossolo na região de Belterra e seus significados para a discussão pedogenética. B. Museu Paraense Emílio Goeldi, 7:5-19, 1991.
- PETERSEN, J.B.; NEVES, E. & HECKENBERGER, M.J. Gift from the past: Terra Preta and prehistoric amerindian occupation in Amazonia. In: MCEWAN, C.; BARRETO, C. & NEVES, E.G., eds. Unknown Amazon. London, The British Museum Press, 2001. p.86-105.
- PETTRY, D.E. & BENSE, J.A. Anthropoc epipedons in the Tombigbee Valley of Mississippi. Soil Sci. Soc. Am. J., 53:505-511, 1989.
- PORRO, A. Social organization and political power in the Amazon floodplain: The ethnohistorical sources. In: ROOSEVELT, A.C., ed. Amazonian indians from prehistory to the present: Anthropological perspectives. Tucson, University of Arizona Press, 1994. p.79-94.
- PORRO, A. História indígena do alto e médio Amazonas: Séculos XVI a XVIII. In: CUNHA, M.C., org. História dos índios no Brasil. São Paulo, Cia. das Letras, 2002. p.175-212.
- RANZANI, G.; KINJO, T. & FREIRE, O. Ocorrências de "plaggen epipedon" no Brasil. Notícia Geomorf., 10:55-62, 1970.
- RODRIGUES, T.E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Viçosa, 1996. p.19-60.
- ROOSEVELT, A.C. Determinismo ecológico na interpretação do desenvolvimento social indígena da Amazônia. In: NEVES, W., ed. Origem, adaptações e diversidade biológica do homem nativo da Amazônia. 1991. p.103-159. (Coleção Emílio Goeldi)
- ROOSEVELT, A.C. Amazonian anthropology: Strategy for a new synthesis. In: ROOSEVELT, A.C., ed. Amazonian indians from prehistory to the present: Anthropological perspectives. Tucson, University of Arizona Press, 1994. p.1-29.
- ROOSEVELT, A.C.; COSTA, M.L.; MACHADO, C.L.; MICHAB, N.; VALADAS, H.; FEATHERS, J.; BARNETT, W.; SILVEIRA, M.I.; HENDERSON, A.; SILVA, J.; CHERNOFF, B.; REESE, D.; HOLMAN, J.A.; TOTH, N. & SCHICK, K. Paleoindian cave dwellers in the Amazon: The peopling of the Americas. Science, 272:373-384, 1996.
- ROOSEVELT, A.C. The Lower Amazon: A dynamic human habitat. In: LENTZ, D.L., ed. Imperfect Balance: Landscape transformations in the precolumbian Americas. New York, Columbia University Press, 2000. p.455-491.
- ROOSEVELT, A.C. Arqueologia Amazônica. In: CUNHA, M.C., org. História dos índios no Brasil. São Paulo, Cia. das Letras, 2002. p.53-86.

- RUIVO, M.L.P.; ARROYO-KALIN, M.A.; SCHAEFER, C.E.R.; COSTI, H.T.; ARCANJO, S.H.S.; LIMA, H.N.; PULLEMAN, M.M. & CREUTZBERG, D. The use of micromorphology for the study of the formation and properties of Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p.243-254.
- RUIVO, M.L.P.; CUNHA, E.S. & KERN, D.C. Organic matter in Archaeological Black Earths and Yellow Latosol in the Caxiuanã, Amazônia, Brazil. In: GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonian Dark Earths: Explorations in space and time. Berlin, Springer, 2004. p.95-111.
- SCHAAN, D. Into the labyrinths of Marajoara pottery. In: MCEWAN, C.; BARRETO, C. & NEVES, E.G., eds. Unknown Amazon. London, The British Museum Press, 2001. p.108-133.
- SIMÕES, M.F. Coletores-pescadores ceramistas do litoral do Salgado (Pará). Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi, Antrop., 78:1-26, 1981.
- SMITH, N.J.H. The Amazon river forest: a natural history of plants, animals, and people. Oxford, Oxford University Press, 1999. 256p.
- SMITH, N.J.H. Anthrosols and human carrying capacity in amazonia. Ann. Assoc. Am. Geogr., 70:553-566, 1980.
- SOIL SURVEY STAFF. Keys to Soil Taxonomy, 8.ed. Washington. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Soil Survey Staff, Blacksburg, Pocahontas Press, 1998. 545p.
- SOMBROEK, W. Amazon soil: A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Wageningen, Centre for Agricultural Publications and Documentation, 1966. 292p.
- SOMBROEK, W. Amazon landforms and soils in relation to biological diversity. Acta Amaz., 30:81-100, 2000.
- SOMBROEK, W.; KERN, D.; RODRIGUES, T.; CRAVO, M.S.; CUNHA, T.J.; WOODS, W. & GLASER, B. Terra Preta and Terra Mulata: pre-Columbian Amazon kitchen middens and agricultural fields, their sustainability and their replication. SYMPOSIUM ANTHROPOGENIC FACTORS OF SOIL FORMATION, 18.; WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE IN BANGKOK, 17., Thailand, 2002. Anais. 2002.
- SOMBROEK, W.; RUIVO, M.L.; FEARNside, P.M.; GLASER, B. & LEHMANN, J. Amazonian Dark Earths as carbon stores and sinks. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p.125-139.
- VIEIRA, L.S. Manual da ciência do solo. São Paulo, Agronômica Ceres, 1975. 464p.
- WHITEHEAD, N.L. The ancient amerindian polities of the Amazon, the Orinoco, and the Atlantic Coast: A preliminary analysis of their passage from antiquity to extinction. In: ROOSEVELT, A.C., ed. Amazonian indians from prehistory to the present: Anthropological perspectives. Tucson, University of Arizona Press, 1994. p.33-53.

- WOODS, W.I. Comments on the Black Earths of Amazônia. In: SCHOOLMASTER, F.A., ed. APPLIED GEOGRAPHY CONFERENCES, 18., Denton, 1995. Papers. Denton, 1995. p.159-165.
- WOODS, W.I. & MCCANN, J.M. The Anthropogenic Origin and Persistence of Amazonian Dark Earths. Yearbook, Conf. Latin Am. Geogr., 25:7-14, 1999.
- WOODS, W.I.; MCCANN, J.M. & MEYER, D.W. Amazonian Dark Earth Analysis: State of Knowledge and Directions for Future Research. In: SCHOOLMASTER, F.A., ed. In: APPLIED GEOGRAPHY CONFERENCES, 23., Denton, 2000. Papers. Denton, 2000. p.114-121.
- ZECH, W.; PABST, E. & BECHTOLD, G. Analytische Kennzeichnung von Terra Preta do Índio. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges., 29:709-716, 1979.