

TERRA PRETA DE ÍNDIO: FATOS E MITOS DOS SOLOS ANTRÓPICOS DA AMAZÔNIA

Amazonian Dark Earth: facts and myths in the antropic soils of the Amazon basin

TEIXEIRA, WENCESLAU GERALDES

Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental – Rod. AM 010 – km 29 – CP 319 – 69050-020 -
Manaus - AM.

3-mail: wenceslau@cpaa.embrapa.br

Abstract

The Amazonian Dark Earth (ADE) or Terra Preta de Índio shows normally a plaggic, terric or hortic horizons. These top horizons are identified by the dark matrix colors of the top layers, and presence of ceramics and charcoal pieces. The more widely accepted theory about the origin of these epipedons is that they These soils were created by pre-Columbian Indians largely during the period from 500 to 2500 years B.P. The ADE tophorizon shows typically high amounts of total and available phosphorus, calcium, magnesium, zinc and manganese in comparison to the surrounding soils. The high amounts of stored soil organic matter and black carbon strongly influence the color, the structure and physical properties. The texture is lighter and the workability of the ADE is easier when it is the soil is wet. Because of their easy workability and longer lasting in relation to surrounding soils, the local population intensively cultivated those sites. ADE sites seem to be a very resilient soil type to keep their good soil physical qualities as when submitted to an intensive soil management. The agricultural techniques in pre-Columbian time have been reviewed and discussed. This paper review some characteristics found in the archeological sites Amazonian Dark Earths and Terra Mulata. Large amounts of some minerals and carbon (black carbon) found in those sites indicates enrichment by using animals and vegetables residues and fire management to improve the soil quality. The intencionality of that enrichment for agriculture purpose is not proved. It is stressed that the elucidation of the genesis of the Terra Preta de Índio may be a next step in the sustainable agriculture in the tropics.

Keywords: slash and burn, indian agriculture, Amazonian Dark Earth, agrichar

Palavras-chave: corte e queima, agricultura indígena, carvão vegetal, terra preta arqueológica

Introdução

As Terras pretas de Índio (TPI), denominadas: - *Amazonian Dark Earths* - na lingua inglesa são areas, encontradas principalmente na Amazônia, cujos solos apresentam horizontes superficiais escuros e férteis (epieutróficos). As cores escuras dos horizontes superficiais são devidas a elevada concentração de algumas formas aromáticas de carbono (black carbon), estas formas de carbono, de origem predominantemente pirogênica (Glaser, 2007), são muito estáveis e de alto poder pigmentante, adicionalmente apresentam uma grande densidade de cargas negativas que confere a estes horizontes uma elevada capacidade de troca de cations (CTC) (Liang et al., 2006). Estas areas são também caracterizadas por elevadas concentrações dos cations: calcio, magnesio, zinco e manganês (Smith, 1980, Lehmann *et al.* 2003, Kampf & Kern, 2005, Glaser, 2007). Os horizontes enriquecidos das TPI também apresentam normalmente artefatos cerâmicos arqueológicos; e elevada concentração de fosforo total e disponível (P) quando comparados com os solos adjacentes formados do mesmo material de origem (Sombroek, 1966, Pabst, 1985; Kern e Kampf, 1989, Lehmann et al., 2003, Glaser & Woods, 2004, Kampf e Kern, 2005).

Os solos que apresentam estes horizontes típicos das TPI (Figura 1) não têm uma classificação especifica no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, sendo caracterizados nos levantamentos como solos com horizonte A antropico, sendo comumente solos da classe dos Argissolos (Acrisols) e Latossolos (Ferralsols) e menos frequentemente da classe dos Plintossolos (Plinthosols) e Espodossolos (Spodosols). Nas areas de várzeas, são encontrados estes horizontes antrópicos normalmente soterrados, principalmente na classe dos Gleissolos (Gleisols) (Sombroek, 1966; Smith, 1980; Kampf & Kern, 2005; Teixeira *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2006, Martins *et al.*, 2007; Macedo *et al.*, 2007).

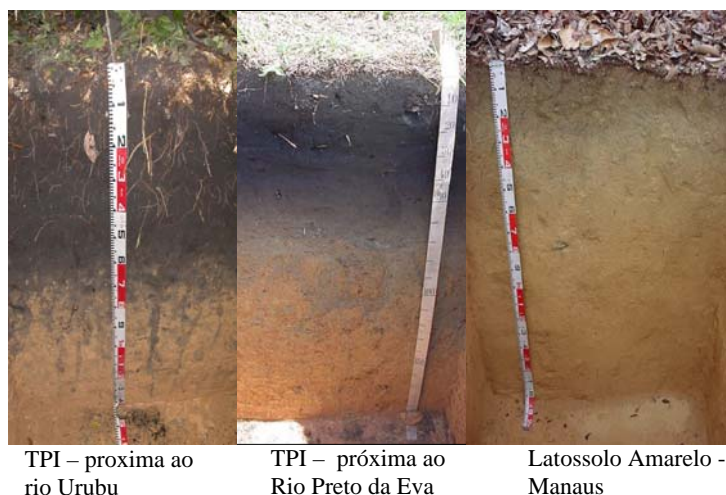


Figura 1 – Fotos de Perfis de solo com a presença de horizontes A antrópicos (Terra Preta de Índio – TPI) em comparação com o horizontes A incipiente típico dos Latossolos Amarelos, muito argilosos, classe de solo dominante na Amazônia Central.

A origem das Terras Pretas de Índio já causou muito debate no passado. Alguns autores afirmaram que as TPI eram férteis antes dos assentamentos, cuja população foi atraída para lá devido a fertilidade destas áreas. Varias hipóteses de origens geogênicas foram levantadas tais como o resultado do acúmulo de cinzas vulcânicas; como resultado da sedimentação de lagos recentes ou da época terciária. As primeiras suposições da origem antrópica das TPI surgiram na década de 40 mas até a década de 80 a hipótese de origem não antrópica das TPI era comum. Kampf e Kern (2005) fazem uma revisão histórica desta questão e fornecem todas as referências originais dos trabalhos com as diferentes hipóteses. Desde então esta hipótese tem sido comprovada por diversos estudos. O professor Guido Ranzani (1970) classificou corretamente alguns horizontes superficiais de perfis de TPI como sendo de origem antrópica, classificados como “*plaggen epipedon*”. Win Sombroek (1966) em sua tese de doutoramento descreveu no platô de Belterra, as margens do rio Tapajós no Pará, alguns perfis de TPI e também alguns horizontes amarronzados, os quais chamou de de *Terras Mulatas (TM)*, ambos horizontes foram creditados como de origem antrópica, sendo que as TM acredita-se terem sido formadas através de um manejo intencional realizado com finalidades de melhoria da qualidade do solo para produção agrícola. A influência antropica na formação e nas características das TPI e TM foram corroboradas por dados de Hilbert (1968), Pabst (1985), Smith (1980), Glaser (1999), Woods & McCann (2001), Neves *et al.*, (2003) e Teixeira *et al.*, (2007). As TPI na Amazônia Central tem fortes evidências de ser resultado da atividade humana (antrópica), pela incorporação de resíduos orgânicos (kitchen-midden) e material carbonizado estável (black carbon) com elevada CTC que conseguiu reter os nutrientes adicionados através da incorporação de resíduos (Figura 2). Datações arqueológicas indicam que a formação e ocupação das áreas de TPI ocorreu principalmente entre 500 e 2500 anos A.P. (Neves *et al.*, 2004). O enriquecimento se deu pela adição de resíduos de origem vegetal (cascas, sobras de alimentos, folhas de palmeiras utilizadas na cobertura das habitações (Kampf & Kern, 2005) e de origem animal (ossos, sangue, pele de animais, espinhas de peixes, carapaças de quelônios, etc. (Lima *et al.*, 2002, Schaefer *et al.*, 2004) e excrementos.



Figura 2 – Escavação do sítio arqueológico Hatahara (Iranduba – AM) em área de Terra Preta de Índio - pela equipe do Dr. Eduardo Neves (MAE – USP) em Julho de 2006.

Localização e tamanho das TPI

A maioria das TPI estudadas e mapeadas até o momento se encontram principalmente nas áreas de terra firme (livres da inundações anuais dos rios) em barrancos altos próximos (bluffs) às calhas dos grandes rios (rios: Solimões; Amazonas; Urubu; Caxiuanã, Negro).

A área de solos com horizontes antrópicos na Amazônia (TPI) foram estimados em 0.1 a 0.3 % da Amazônia, uma área correspondendo entre 6.000 e 18.000 km² (Sombroek *et al.*, 2003). Há algumas estimativas ainda maiores, mas se existe TPI nesta densidade e tamanho estas não foram adequadamente mapeadas nos mapas disponíveis, provavelmente estes números estão superestimados, devendo a realidade ser um número bem menor. As TPI normalmente são áreas de aproximadamente dois a quatro hectares (Smith, 1980), mas extensões de dezenas (Hatahara, Caldeirão, Açutuba no município de Iranduba - AM) e mesmo centenas de hectares têm sido também relatadas (Santarem - PA, Autazes - PA).

Evidências do uso do fogo nas práticas agrícolas

Os horizontes antrópicos das TPI apesar de normalmente serem mais arenosos que o solo adjacente apresentam também em algumas localidades textura argilosa e mesmo muito argilosa (Teixeira & Martins, 2003). Esta grande variação da classe textural entre os horizontes antrópicos, que foram formados sobre diferentes materiais de origem, torna complexa a comparação de valores e a caracterização das TPI como uma classe de solo. Um aspecto interessante e ainda pouco pesquisado nas TPI é sua elevada coesão quando apresenta baixa umidade, recentemente Neves Júnior (2008) mostrou que quando seco, em alguns horizontes antrópicos ocorre primeiramente uma limitação do crescimento do sistema radicular pela elevada resistência à penetração (alta coesão) antes da falta de água disponível ser o fator mais limitante. Este fato pode estar relacionado com o mito de que “mandioca não se desenvolve bem em solos de terra preta”. A elevada coesão no período de seca certamente trará problemas para o desenvolvimento dos tubérculos e para o arranquio, entretanto há vários relatos de plantios de mandioca com bom desenvolvimento em TPI e as denominadas Terras Mulatas.

A predominância da textura mais arenosa parece estar relacionada ao uso intenso do fogo e da disponibilidade de material orgânico, que combinados originam partículas organominerais bastante estáveis do tamanho da fração areia (Figura 3). O efeito do fogo no aumento do percentual das frações areias foi estudado por Ulery *et al.* (1996), Ketterings & Bigham (2000) e Teixeira & Martins (2003). A Figura 3 mostra uma fotografia da fração areia de uma amostra de TPI onde se verifica a ocorrência de partículas de carvão e de pequenos agregados. Ressalta-se que esta amostra fotografada passou por tratamento com peróxido de hidrogênio e por dispersão mecânica (agitador mecânico de alta velocidade) e dispersão química que não foram efetivos para dispersão de alguns microagregados.

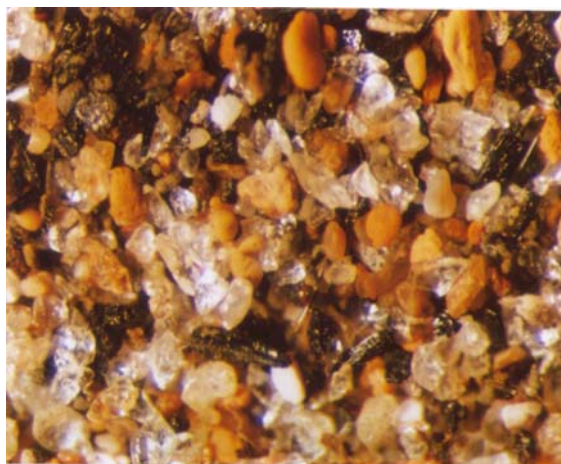


Figura 3 - Detalhe da fração areia ampliada numa lupa, proveniente de uma amostra de Terra Preta de Índio, mostrando a presença de partículas de carvão e agregados organo-minerais.

As TPI são cultivadas na Amazônia Central basicamente por pequenos agricultores, principalmente na forma de agricultura de subsistência, no sistema de agricultura itinerante de corte e queima. A maior diferença no uso da terra nas TPI, em comparação com os Latossolos ou Argilosos adjacentes, refere-se à produtividade de cultivos, como o mamão, milho, melância, feijão (*Phaseolus vulgaris*) e hortaliças, que são cultivados com produções satisfatória nas TPI com ausência ou um baixo uso de fertilizantes (Figura 4) o que não ocorre nos solos adjacentes. O tempo de pousio também é reduzido nas áreas de TPI, em comparação com as outras classes de solo na Amazônia, mas ressalta-se que o pousio também é utilizado nas TPIs, este fato evidencia que esta prática é necessária apenas devido a uma depleção dos nutrientes disponíveis no solo. As TPI apresentam níveis de nutrientes da maioria dos nutrientes essenciais, muito superiores aos níveis críticos, para a maioria das plantas cultivadas na Amazônia. O pousio nas TPI é feito basicamente pela dificuldade do controle de plantas invasoras, e provavelmente devido a uma degradação da estrutura do solo, a queda da produtividade destas áreas em uso contínuo, é denominada pelos agricultores de "áreas com solo cansado". O período de pousio das TPI é também menor (3 a 4 anos) em relação aos solos adjacentes (6 - 10 anos).



Figura 4 – Área de agricultura intensiva com utilização contínua por mais de 30 anos (Terra Preta de Índio) na Estação experimental do Caldeirão (Iranduba – AM).

As Terras Mulatas

Sombroek (1966) propôs uma divisão entre as áreas denominadas TPI e outras áreas geralmente adjacentes, mas de coloração menos escura as quais ele denominou Terra Mulata (TM). A TM apresenta uma coloração amarronzada, e geralmente apresenta poucos e raros artefatos indígenas, ocupa extensas áreas ao redor das antigas aldeias indígenas, podendo também ser uma área de roça isolada, esta prática de fazer roças isoladas continua em uso pela atuais comunidades indígenas que denominam de "roça do meio". A fertilidade e os teores de carbono orgânico relativamente mais elevados na TM que nos Argissolos e Latossolos adjacentes provavelmente tem sua origem na combustão incompleta de material

vegetal em fogueiras ao ar livre (coivaras) e provavelmente por alguma técnica de carbonização. A técnica de carbonização da madeira é denominada pelas comunidades amazônicas, o local onde é feita a carbonização é denominado de *caieira*, e consiste basicamente da abertura de um buraco no solo, que é completado com troncos e coberto com folhas e posteriormente solo. Neste são feitas algumas aberturas (chaminés) por onde é colocado o fogo, a combustão é conduzida por um ou dois dias quando ao final é retirada a cobertura de terra e coletada a madeira transformada em carvão vegetal.

As populações indígenas e tradicionais da Amazônia utilizam o fogo, na prática da agricultura itinerante de corte e queima. Entretanto o manejo utilizado na época de formação das TPI e TM provavelmente utilizava-se alguma prática, como as caieiras, para reduzir a oxigenação. A redução da oxigenação faz com que ocorra um processo de carbonização cujo produto final é o carvão vegetal e não somente as cinzas minerais que restam quando da combustão completa ou a céu aberto.

Na Etiópia há um sistema de manejo do solo (*guie*) aonde o sistema de combustão parcial dos resíduos continua em uso atualmente (Sertsu & Sanchez, 1978) a Figura 5 ilustra o uso deste sistema. Há evidências que os resíduos foram provavelmente carbonizados e não dispostos na superfície ou queimados a fogo aberto é a grande presença concentração de carvão vegetal e black carbon nas TPI (Glaser, 1999).

Nós não sabemos se realmente ocorreu o manejo de resíduos para formação das TPI e TM, este manejo para fins agrícolas, tem uma grande demanda de trabalho, e a sua realização com fins agrícolas ainda não foi provado. Atualmente, há algumas tribos e populações tradicionais no alto rio Jurua que tem uma ação cerimonial com os resíduos de origem animal (das pescarias e caçadas), nestas culturas os resíduos devem ser descartados de determinada maneira (enterrados / queimados) e não simplesmente descartados, caso o ritual não seja respeitada estas populações acreditam que isto trará má sorte nas próximas pescarias e caçadas (*azar* ou *panema* na língua indígena local) (Manuela Carneiro, informação pessoal). Diferentes práticas de uso do fogo para manejo de resíduos foram descritos por Susanna Hecht e Darrell Posey para os índios Kayapós do Mato Grosso, esta etnia até os dias de hoje mantém um grande conhecimento e utilização de diferentes formas de manejar através do fogo os resíduos para produção agrícola (Hecht, 2003; Posey, 1997). Outras práticas como compostagem e uso de resíduos de troncos apodrecidos da mata, conhecido localmente como "*paú*" devem ter sido utilizados nas práticas de melhoria do solo (Steiner *et al.*, 2007).



Figura 5 – Carbonização de resíduos no campo, sistema Guie (Adis Abeba - Etiópia)

O aumento dos estoques de nutrientes e a criação de um solo mais fértil, como as TM provavelmente é relacionada também a adição de restos domésticos como nas TPI. A adição de ossos de animais, espinhas de peixes e sangue que são ricos em fósforo (P) são seguramente as fontes de enriquecimento de P nas áreas de TPI (Lima *et al.*, 2002, Schaefer *et al.*, 2004). Os menores teores de P nas áreas de TM comparativamente com as TPI, se deve provavelmente há um menor aporte de ossos e espinhas de peixe nestas áreas. Sendo seu enriquecimento feito basicamente pelo manejo da vegetação espontânea e de vegetação trazida para o local de plantio numa provável combinação de práticas de cobertura morta com a utilização de cinzas e carvão obtidos num processo de combustão controlada (pirólise) que fez

com que se criasse formas de carbono estável (black carbon) que pode aumentar a capacidade de troca catiônica do solo (CTC) e reduzir as perdas por lixiviação. A elevada estabilidade da matéria orgânica das TPI e TM é atribuída as características físico-químicas da matéria orgânica destes solos (Glaser, 1999, Glaser, 2007).

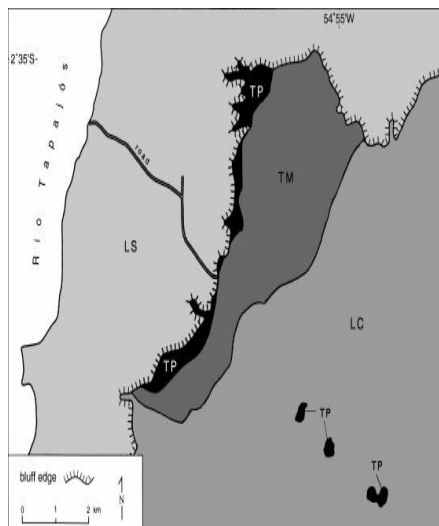


Figura 6 - Mapa indicando extensão relativas das áreas de Terra Preta de Índio e Terra Mulata na região de Belterra (Santarém – PA). Fonte: Sombroek, 1966

Ressalta-se que apesar de relatos da ocorrência de forma generalizada de TM ainda há poucos estudos sobre estas áreas; os poucos relatos estão certamente relacionados ao fato de que não é fácil mapear e diferenciar no campo as TPI e TM. Estas muitas vezes ocorrem de forma contígua e com limites irregulares. A Figura 6 mostra uma área próxima ao Rio Tapajós (Santarém - PA), onde se verifica a grande extensão da TM em contraste com as áreas de TPI. Vários pesquisadores já sugeriram que a origem da TM estaria ligada à agricultura intensiva com utilização de matéria orgânica e carvão produzido por queimadas (Sombroek, 1966; Denevan 2001; Woods & McCann 1999).

A agricultura pré-colombiana

A agricultura praticada pelas populações indígenas que viviam na Amazônia na época anterior a chegada dos colonizadores é motivo de controvérsias entre os estudiosos do assunto (Denevan, 2001; 2002; Homma 2003, Roosevelt, 1994).

O início das atividades agrícolas na Amazônia também não é motivo de consenso entre os estudiosos do tema. Estudos realizados através da leitura dos relatos dos primeiros navegadores no rio Amazonas, como os relatos do Frei Carvajal que acompanhava a expedição de Orellana, a expedição de Acuña, os relatos do Padre Fritz no rio Solimões descrevem que muitas tribos eram bastante populosas e dispunham de grandes quantidades de alimentos; estes relatos não descrevem em detalhes as práticas agrícolas praticadas por estas populações, mas descreve os principais cultivos alimentares destas populações onde se desta a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) e no milho (*Zea mays L.*), sendo também relatados o amendoim (*Arachis hypogaea L.*), a batata doce (*Ipomoea batatas (L.) Lam.*) o mamão (*Carica papaya L.*) e o caiué (*Elaeis oleifera (Kunth) Cortes*) entre outras plantas. Uma excelente revisão em português sobre estas expedições é dada pelo livro “O Povo das Águas” (Porro, 1994).

No idioma inglês, além dos relatos originais dos viajantes, o livro “*Cultivated Landscapes of Native Amazonia and the Andes*” (Denevan, 2001) fornece uma revisão sobre os escassos relatos das práticas de agricultura na literatura dos viajantes na Amazônia dos séculos XVI e XVII. Nesta excelente publicação, o geógrafo Willian Denevan, divide didaticamente a discussão da agricultura indígena na Amazônia nos ambientes de várzea, terra firme e de cerrados. Nesta breve revisão apresentada aqui vamos nos ater a aspectos dos vestígios

deixados pela agricultura indígena nas áreas de terra firme nas proximidades do rio Solimões. As estratégias utilizadas pelos índios que habitam as denominadas águas pretas são diferentes das utilizadas pelas tribos que tinham a sua disposição solos bastante férteis como a maioria dos Gleissolos Háplicos eutróficos e Neossolos Flúvicos eutróficos da planície de inundação do rio Solimões. Os sistemas de agricultura das tribos do rio Negro e outros rios de água preta são apresentados por Moran (1990) e Ribeiro (1995).

Os relatos de sítios arqueológicos e as escavações em áreas de várzeas são escassos (Sternberg, 1998; Teixeira *et al.*, 2006), entretanto acredita-se que nas áreas onde havia disponibilidade de várzeas agricultáveis para as tribos indígenas que viviam nas margens do Solimões estas eram intensivamente utilizadas. A dificuldade de encontrar estes sítios é devido as contínuas deposições de sedimentos pelas inundações que acabam soterrando estas áreas.

Outro fator que dificulta a localização dos locais de agricultura nas áreas de várzea é intensa movimentação dos rios com elevada carga de sedimentos, como o rio Solimões, que altera suas margens por deslizamentos, escorregamentos e desmoronamentos de terra. Este fenômeno é regionalmente conhecido como “terras caídas”, sendo que certamente já destruiu muito dos antigos locais de habitação e agricultura das tribos pré-colombianas. Este fenômeno tem causas hidrodinâmicas, litológicas, climáticas, antrópicas e neotectônicas, estando a intensidade da ocorrência relacionada com combinação das diferentes causas (Sternberg, 1998; Igreja & Franzinelli, 2006).

Considerações finais

Dada a grande extensão de muitos sítios arqueológicos na Amazônia Central (Petersen *et al.*, 2001, Lehmann *et al.* 2003; Glaser & Woods, 2004) e considerando-se a ineficiência dos instrumentos agrícolas de madeira e machados de pedra para a prática da agricultura de corte e queima (Denevan, 2001), as tribos pré-colombianas provavelmente utilizavam métodos de cultivo intensivo nas áreas de várzea (onde estas eram disponíveis) e o cultivo semi-permanente (nas Terra Mulatas) e permanente (nas Terras Preta de Índio). Para aumentar segurança alimentar em casos de grandes enchentes provavelmente a agricultura de várzea era associada com áreas de terra firme onde o cultivo era feito nas TM e provavelmente por sistemas de cultivo consorciado parecidos com os sistemas agroflorestais, com plantio de frutíferas e plantas medicinais nas áreas de TP. Faziam um manejo de resíduos vegetais (vegetação espontânea e provavelmente introdução de material vegetal como cobertura morta nas áreas de cultivo) e de resíduos de animais e peixes (peles, ossos, sangue, carapaças) para enriquecimento do solo. O manejo provavelmente utilizava uma combinação de cobertura morta (como a técnica do abafado utilizada nas áreas de solos férteis da Transamazônica) e o uso do fogo, que produzia sais minerais (cinzas) e matéria orgânica estável (carvão vegetal) que aumentando a capacidade de retenção de cátions e ânions do solo reduzia as perdas dos nutrientes pela lixiviação profunda. Este cenário apresentado aqui é hipotético e sua confirmação esta relacionada a continuidade das pesquisas multidisciplinares entre os pesquisadores das ciências sócias e da terra de forma integrada. A elucidação das formas de agricultura pré-colombiana é um fator crucial que poderá dar soluções para práticas agrícolas na atualidade. A elevada fertilidade e a sustentabilidade das TPI e TM, incitam esforços para a compreensão da sua gênese e os mecanismos da sua estabilidade que apresentam grande resiliência mantendo suas boas qualidades químicas (elevada fertilidade e altos teores de matéria orgânica) e físicas mesmo com o uso intensivo. A possibilidade de replicar estas áreas poderá aumentar o tempo de uso das terras e reduzir a pressão de desmatamento sobre áreas de vegetação primária. Uma vez conhecidos os processos e mecanismos de formação das TPI, esses podem ser utilizados na recuperação de solos degradados, reincorporando áreas abandonadas ao processo produtivo. Há na literatura, resultados promissores sobre o uso de carvão vegetal como condicionador do solo, existindo recomendações em que este tipo de material poderia ser utilizado inclusive como fertilizante. Oguntunde *et al.* (2004), observaram aumento do pH e Ca, Mg, K e Na trocáveis, fósforo disponível e ter ocorrido alterações físicas positivas do solo com a aplicação de carvão. Topoliantz *et al.* (2002) também verificaram uma diminuição do pH e estreitamento da relação C/N com uso de carvão. Aspectos benéficos para o solo, com a utilização do carvão também foram observados por Gundale & DeLuca (2006) e MacKenzie & DeLuca (2006). Steiner *et al.* (2007) observou na Amazônia Central que a combinação de carvão vegetal com fertilizantes garante uma maior produção de culturas

anuais (arroz, sorgo) ele relacionou o fato a redução da perdas por lixiviação e melhoria da qualidade do solo.

A carbonização de resíduos vegetais tem potencial para aumentar a sustentabilidade da capacidade produtiva do solo, reduzir as emissões de carbono para a atmosfera, dar uma utilização correta aos resíduos orgânicos poluidores e ainda auxiliar no desenvolvimento rural. No entanto, o conhecimento sobre o impacto do uso do carvão na agricultura ainda é incipiente e não se conhecem as possíveis implicações negativas e, ou positivas de seu uso. É preciso estabelecer critérios de utilização, e definir se há uma relação entre utilização de doses de carvão vegetal e produtividade de cultivos (Figura 7).

O carvão vegetal poderá ser uma fonte estável de compostos orgânicos para os solos tropicais, e embora seja considerado um material inerte, contendo basicamente carbono, hidrogênio e oxigênio, aparentemente pode criar cargas e aumentar a capacidade de troca iônica catiônica do solo (CTC). O carvão vegetal também apresenta uma estrutura altamente porosa que, se misturado ao solo ou a substratos pode aumentar a porosidade, a capacidade de retenção de água e facilitar a proliferação de microorganismos benéficos.

A combinação de fertilizantes minerais com resíduos de carvão poderá ser uma alternativa para se reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação e aumentar a capacidade de retenção de água, melhoria da estrutura do solo e, de um modo geral, a qualidade do solo. Além disso, dado que os estoques de carbono nas TPI são significativamente mais elevados que nos solos adjacentes, o conhecimento dos mecanismos que levaram ao aumento dos teores de carbono no solo poderá ter como conseqüência a introdução de práticas de manejo que reduzam a emissão e promovam o aumento do seqüestro de carbono, contribuindo, assim, para a redução do carbono na atmosfera.



Figura 7 - Experimento de uso de carvão vegetal como condicionador do solo em um Latossolo Amarelo textura muito argilosa, num guaranazal em Manaus - AM.

Agradecimentos

Ao colega pesquisador da Embrapa e parceiro de muitos dos estudos e conclusões aqui apresentados, Gilvan Coimbra Martins, ao também colegas e parceiros na descrição de muitos perfis de TPI, Prof. Hedinaldo Lima e Dr. Newton Falcão e Dr. Christoph Steiner. Aos arqueólogos, Prof. Eduardo Neves, Prof. William Woods e Dra. Dirse Kern com quem tenho aprendido uma outra forma de interpretação das feições dos perfis de solo. Aos estudantes de mestrado e doutorado e técnicos do laboratório de física do solo da Embrapa que sempre estão dispostos a ir ao campo em busca de novos perfis de TPI, os colegas: Rodrigo Santana Macedo, Jean Dalmo, Afrânio Neves Júnior, Maria Eliene Cruz, Estevo Oliveira e Manuel Taveira.

Referências

DENEVAN, W. La agricultura prehistórica en la Amazonia. In: Desarrollo sostenible en la Amazonía. Hiraoka, M. & Mora S. (ed.). Abla Ayala. Quito. p. 15 – 22. 2001

- DENEVAN, W. . Cultivated Landscapes of Native Amazonia and the Andes. Oxford University Press. Oxford. 396 p. 2001
- GLASER B. Eigenschaften und Stabilität des Humuskörpers der Indianerschwarzerden Amazoniens. Bayreuther Bodenkuliche Berichte, Bayreuth, 68:1-196, 1999.
- GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. Philosophical transactions of the royal society, 362: 187 - 196. 2007
- GLASER B. & WOODS. W. Amazonian Dark Earths: explorations in space and time. Springer. Berlin. 216 p. 2004.
- GUNDALE, M.J.; DeLUCA, T. H. Charcoal effects on soil solution chemistry and growth of *Koeleria macrantha* in the ponderosa pine/Douglas-fir ecosystem. *Biol. Fertil. Soils*, v.43, p.303-311, 2006.
- use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian Black Earth") of Western Amazonia. *Geoderma*, v.110, p.1 - 17, 2002.
- HECHT, S.B., 2003. Indigenous soil management and the creation of Amazonian Dark Earths: implications of Kayapó practices. In: J. Lehmann, D.C. Kern, B. Glaser and W.I. Woods (Editors), *Amazonian Dark Earth: origin - properties - management*. Kluwer, Dordrecht, pp. 355.
- HOMMA, A. K. O. História da agricultura na Amazônia: da era pré-colombiana ao terceiro milênio. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 274 p.
- IGREJA, H. & FRANZINELLI E. Aspectos das "terras caídas na região Amazônica. In: *Sipósio de Geologia da Amazônia. IX*. Belém. CD-ROM. 3p. 2006
- KÄMPF, N. KERN, D.C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazonia. In: P. Vidal-Torrado, L.R.F. Alleoni, M. Cooper, Á.P.d. Silva and E.J. Cardoso (Editors), *Tópicos em ciência do solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, pp. 277 - 320. 2005
- KERN, D. C. & KÄMPF, N. O Efeito de Antigos Assentamentos Indígenas na Formação de Solos com Terra Preta Arqueológica na Região de Oriximiná, Pará. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 13:219-25, 1989.
- KETTERINGS Q.M.; BIGHAM, J. M. & LAPERCHE V. Changes in soil mineralogy and texture caused by slash and burn fires in Sumatra, Indonesia. *Soil Science Society of America Journal*. 64:1108-1117, 2000
- LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS W.I. Amazonian Dark Earths: origin, properties, management. Dordrecht. Kluwer Academic Publisher. p. 523. 2003
- LIMA, H.N.; SHAEFER, C.E.R.; MELLO, J.W.V.; GILKES, R.J. & KER, J.C. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthrosols"("Indian black earth") of Western Amazonia. *Geoderma*. 110:1-17, 2002.
- MACEDO, R. S., TEIXEIRA, W. G., MARTINS, G. C. Caracterização de dois perfis com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) no Lago do Limão - AM In: XI Congresso da Abequa, 2007, Belém. XII Congresso da Abequa: Estudos do quaternário e a responsabilidade sócio-ambiental.. Belém: ABEQUA / UFPA. p.CD ROM. 2007
- MARTINS, G. C., TEIXEIRA, W. G., MACEDO, R. S., MARQUES, J. D. Ocorrência de horizontes antrópicos (Terra Preta de Índio) em Neossolos Quartzarênicos no município de Parintins - AM - Brasil In: XI CONGRESSO DA ABEQUA, 2007, Belém. XI Congresso da Abequa: estudos do quaternário e a responsabilidade sócio-ambiental. Belém: ABEQUA / UFPA. p.CD ROM. 2007
- MackENZIE, M.D.; DeLUCA, T.H. Charcoal and shrubs modify soil processes in ponderosa pine forests os western Montana. *Plant Soil*, v.287, p.257-266, 2006
- McCANN, J.M.; WOOD, W.I. & MEYER, D.W. Organic matter and Anthrosols in Amazonia: Interpreting the Amerindian legacy. In: REES et al. Eds. *Sustainable Management of Soil Organic Matter*. Nova York, CAB International. 2001. p.180-189.

- MORAN, E. F. A ecologia humana das populações da Amazônia. Ed. Vozes, Petrópolis, 367 p. 1990.
- NEVES, E. G., PETERSEN, J. B., BARTONE, R. N., HECKENBERGER J. The Timing of Terra Preta Formation in the Central Amazon: Archaeological Data from Three Sites." In Amazonian Dark Earth: Explorations in Space and Time, edited by Glaser B. and Woods W. I., 125 -34. Berlin: Springer, 2004.
- NEVES JUNIOR, A.F. Qualidade física de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) na Amazônia Central 2008. 93 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- OGUNTUNDE, P.G.; FOSU, M.; AJAYI, A. E.; GIESEN, Van de, N. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. Biol. Fertil. Soils, v.99, p.295-299, 2004.
- PABST, E. Terra Preta do Índio: Chemische Kennzeichnung und ökologische Bedeteung einer brasilianischen Indianerschwarzerde. Master Thesis, Fakultät für Geowissenschaften - Universität Ludwig - Maximilian, München, 362 p. 1985
- PETERSEN, J. B., NEVES E., HECKENBERGER M. J. Gift from the Past: Terra Preta and Prehistoric Amerindian Occupation in Amazonia. In Unknown Amazon: Culture and Nature in Ancient Brazil, Colin McEwan, et al., ed., British Museum Press, London. pp. 86-105. 2001
- PORRO, A. O povo das águas: ensaios de etno-historia Amazônica. Edusp / Vozes. São Paulo. 204 p. 1996
- POSEY, D.A., 1997. Manejo da floresta secundária, capoeiras, campos e cerradoss (Kayapó). In: B.G. Ribeiro (Editor), Suma Etnológica Brasileira: I Etnobiologia. Editora Universitária UFPA, Belém, pp. 199.
- RANZANI, G., KINJO T., FREIRE O. Ocorrências de “*Plaggen* Epipedon” no Brasil. Noticia Geomorfologica 10. pp. 55–62, 1970
- RIBEIRO, B. G. Índios das águas pretas: modo de produção e equipamento produtivo. Companhia das Letras, São Paulo. 270 p. 1995
- SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, H.N.; GILKES, R. J. & MELLO, J.W.V. Micromorphology and electron microprobe analysis of phosphorus and potassium forms of an Indian Black Earth (IBE) Anthrosol from Western Amazonia. Australian Journal of Soil Research 42:401-409, 2004.
- SERTSU, M. & SANCHEZ, P. M. 1978. Effects of heating on some changes in soil properties in relation to Ethiopian land management practices. Soil Science Society of America Journal. 42: 940-944.
- Smith, N.J.H. Anthrosols and human carrying capacity in Amazonia. Annals of the Association of American Geographers, 70:553-566. 1980
- SOMBROEK, W.G. Amazonian soils. A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Wageningen, Centre for Agricultural Publication and Documentation, 292 p. 1966
- STEINER C., TEIXEIRA W. G., LEHMANN J., NEHLS T., MACEDO J. L. V. , BLUM W. E. H. ZECH W. 2007 Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. Plant and Soil . 291 (1/2) 279 – 291.
- STEINER, C., TEIXEIRA, G. W., WOODS, W. I., ZECH, W. Indigenous knowledge about Terra Preta formation. In "Slash and Char: as alternative to slash and burn" (C. Steiner, ed.), Vol. 1, pp. 35 - 43. Cuvillier. 2007
- STERNBERG, H. O'R. A água e o homem na várzea do Careiro. 2 ed. Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, 330 p. 1998
- TEIXEIRA, W.G.; MARTINS, G.C. Soil physical characterization. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS W.I. (Ed.). In: Amazonian Dark Earths – Origin, properties, management. Dordrecht. Kluwer Academic Publisher. p. 271 – 286. 2003.

TEIXEIRA, W.G.; MARTINS, G.C. Estabilidade de agregados como indicador da qualidade física do solo em Terra Preta de Índio. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2003, Ribeirão Preto. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 1-5. 2003.

TEIXEIRA, W. G., MARTINS, G. C. Caracterização de Terras Pretas de Índio no médio rio Urubu - Município de Rio Preto da Eva - AM In: XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005, Recife. Solos, sustentabilidade e qualidade ambiental. .CD-ROM. 2005

TEIXEIRA, W.G. & MARTINS G. C. Caracterização das Terras Pretas de Índio da área do Distrito Agropecuário da SUFRAMA. In: Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Pedologia. Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Agropecuário da SUFRAMA. Manaus, CPRM. 2006. p.1-8 (Anexo V)

TEIXEIRA, W. G., MARTINS, G. C. , LIMA, H. N. An Amazonian Dark Earth profile description from a site located in the floodplain (várzea) in the Brazilian Amazon In: Pueblos y paisajes antiguos de la selva Amazónica.1 ed.Bogotá : Universidad Nacional e Colombia / Taracaxum. p. 293- 300. 2006

TOPOLIANTZ, S.; PONGE, J.; ARROUAYS, D.; BALLOF, S.; LAVELLE, P. Effect of organic manure and the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) on soil fertility and bean production. *Biol. Fertil. Soils*, v.36, p.313-319, 2002.

ULERY, A. L., GRAHAN R. C. & BOWEN, L. H. Forest fire effects on phyllosilicates in California. *Soil Science Society of America Journal*. 60:309-315, 1996.

WOODS, W.I., McCANN, J.M. El origen y persistencia de las tierras negras de la Amazonía. In Hiraoka, M., Mora, S. (eds) *Desarrollo Sostenible en la Amazonía*. pp. 23-30. 2001