

CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS PRETAS ARQUEOLÓGICAS DA AMAZÔNIA

NASCIMENTO, I. C.¹; MATOSO, S. C. G.²

¹IFRO - Discente de Eng. Agrônômica - Campus Colorado do Oeste; ² IFRO - Docente - Campus Colorado do Oeste.

RESUMO

As Terras Pretas Arqueológicas (TPAs) são manchas de solo que ocorrem na região Amazônica, caracterizadas pelo alto teor de carbono orgânico e elevada fertilidade em comparação aos solos adjacentes. Estas terras vêm sendo consideradas modelo de uso agrícola sustentável. Como ainda não se tem consenso sobre a origem e o processo de formação desses solos, a preservação dos sítios de TPAs é de fundamental importância. Assim, objetivou-se classificar a aptidão agrícola de sítios de TPA, a fim de dar subsídios para possíveis medidas conservacionistas dessas áreas. Utilizamos a metodologia “Recomendações para o uso sustentável da terra” para vinte sítios de TPAs. Constatamos que em níveis tecnológicos com aplicação de insumos externos e alto investimento de capital as TPAs possuem de moderada a nenhuma restrição de uso do solo. Quando há pouca aplicação de insumos externos, o nível de restrição de uso do solo aumenta, podendo chegar a classes inaptas ou restritas ao uso agrícola.

Palavras-chave: aptidão agrícola; Terra Preta de Índio; manejo conservacionista do solo.

INTRODUÇÃO

As Terras Pretas Arqueológicas (TPAs) são manchas de solo que ocorrem na região Amazônica, caracterizadas pela presença do horizonte antrópico (SANTOS et al., 2018) ou pretic (IUSS Working Group WRB, 2015), que possui cor escura, restos de material arqueológico, altos teores de carbono orgânico, fósforo, cálcio, magnésio, zinco e manganês, em contraste com solos adjacentes da paisagem (Cunha et al., 2009). Esses solos também são conhecidos, localmente, como Terra Preta, Terra Preta de Índio ou Terra Preta Antrópica, e classificados internacionalmente como Anthrosols (IUSS Working Group WRB, 2015; Teixeira et al., 2009).

A teoria mais aceita é de que as TPAs são efeito remanescente da ocupação intensiva da terra por grupos indígenas pré-colombianos (Sombroek et al., 2009). Estes povos, ao estabelecerem suas atividades domésticas e de cultivo agrícola, deixaram no solo marcas resultantes de sua ocupação, como a presença do carbono pirogênico, originado da queima incompleta de resíduos orgânicos, que pode ser encontrado na forma de partículas livres ou protegido em complexo com organominerais (Cunha et al., 2009; Joseph et al., 2010).

O carbono pirogênico, sob qualquer forma, manifesta papel significativo na formação das propriedades químicas, físicas e físico-químicas das TPAs, melhorando a sua condição físico-hídrica e de fertilidade em comparação com os solos amazônicos de terra firme natural (Joseph et al., 2010; Kern et al., 2017), manifestando, altos níveis de capacidade de troca de

cátions, carbono orgânico, cálcio, fósforo e micronutrientes no horizonte antrópico (Alho et al., 2019). Por esses vestígios, as TPAs têm sua formação entrelaçada às atividades das primeiras civilizações e são, portanto, terras pedoindicadoras do modo de vida dos povos indígenas amazônicos (Aquino, 2017).

Com efeito dessas características, tanto de fertilidade do solo, como de evidências históricas, as TPA's são bastante reconhecidas pela comunidade acadêmica e têm despertado interesse por parte de produtores rurais, sendo considerada um modelo de agroecossistema sustentável. Assim, observamos que essas áreas possuem ao mesmo tempo características adequadas à exploração agrícola e a presença de material arqueológico pré-colombiano.

A lei 3.924 de 26 de julho de 1961 (Brasil, 1961) possui diretrizes que proíbem o aproveitamento econômico, destruição ou mutilação de jazidas arqueológicas e pré-históricas, nas quais as TPAs podem se enquadrar, com objetivo de proteção à integridade destes sítios. Entretanto, alguns locais de TPA já possuem cultivo (Cunha et al., 2007; Lumbreras et al., 2019; Santos et al., 2013), demonstrando o interesse do homem por essas manchas de terra. Kern et al. (2017) afirmam que, devido à fertilidade e/ou à localização das TPAs, estes locais estão sob ameaça da agricultura, extração e construção, mesmo com restrições legais propostas. Como forma de proteção desse patrimônio ao uso agrícola o pagamento de serviços ambientais (PSA) pode ser uma alternativa.

Para a realização deste tipo de medida é necessário um estudo sobre cada caso em que se é prestado o serviço ambiental, sendo importante para isso, a classificação de aptidão agrícola de cada área. Esse tipo de classificação evidencia as possibilidades e limitações da terra, conceituando a sua adaptabilidade para diversos fins (Cati, 2014). Vários são os sistemas que podem classificar a aptidão agrícola de uma terra, podendo variar entre países e regiões, levando em consideração especificidades, como sua cultura, aspectos econômicos e ambientais, leis etc.

Os solos de TPA vem sendo genericamente classificados como aptos para o uso agrícola com base em sua elevada fertilidade, entretanto, a utilização agrícola de um local considera aspectos não só de natureza do solo, como também de paisagem e relevo. Logo, depreendemos que classificar a aptidão agrícola das TPAs com base apenas na fertilidade do solo, não nos dá um bom indicador para o uso desta terra. Além disso, há a possibilidade de variação de aptidão de uso desses solos entre os diferentes locais. Assim, objetivamos classificar a capacidade de uso de diferentes sítios de TPA, a fim de dar subsídios ao uso conservacionista das TPAs.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizamos um levantamento bibliográfico nas bases de dados Scielo, Scholar Google, Science Direct e Scopus, utilizando as palavras-chaves Terra Preta Arqueológica, horizonte antrópico, Terra Escura da Amazônia, solos antrópicos e Terra Preta de Índio. À essa fase foi dado o nome de pré-seleção, no qual foram encontrados 195 trabalhos.

Para determinar a capacidade de uso do solo de sítios de TPA usamos a metodologia “Recomendações para o uso sustentável da terra” (Recommendations for Sustainable Land Use), que faz parte da proposta “Pagamentos por serviços ambientais agrícolas” (Payments for Farm Environmental Services) (Wadt, 2013). Esta metodologia utiliza indicadores de solo

e de paisagem para classificar o solo em quatro classes de qualidade de uso (boa, moderada, restrita e inadequada), em seis grupos de intensidade de uso da terra (culturas anuais, culturas perenes, pastagens, sistemas agroflorestais, florestas plantadas e florestas naturais) e em três níveis tecnológicos de produção.

Os trabalhos científicos levantados durante a etapa de pré-seleção foram analisados quanto a disponibilidade dos atributos utilizados como indicadores de solo e paisagem. A metodologia de Wadt (2013) é bastante clara e objetiva e dá alternativas para obter alguns indicadores por meio de cálculo, tais como, o teor de água disponível no solo, as entradas anuais de água e a erodibilidade do solo.

O teor de P remanescente não se encontrava em todos os trabalhos. Para superar essa ausência, Matoso et al. (2016) consideraram que solos com mais de 35% de argila continham um teor de P remanescente menor que 5 mg kg^{-1} . No entanto, como uma das características do horizonte antrópico é a elevada disponibilidade de P (SANTOS et al., 2018) esta alternativa foi considerada inadequada. Realizou-se, portanto, a interpretação dos níveis de P no solo utilizando o teor extraível de P em Melich 1 e o conteúdo de argila no solo (Sousa; Lobato, 2004), inferindo que o nível muito baixo de P no solo corresponde a um teor de P remanescente menor que 5 mg kg^{-1} .

Dados de estação seca para as diferentes áreas foram obtidos de acordo com a localidade do perfil. Na falta de dados acerca da declividade dos perfis, essa informação foi retirada de trabalhos selecionados a parte, cujo objeto de estudo era o relevo e geografia das regiões onde se encontravam os perfis. Para o parâmetro restrições de mecanização, foi levado em consideração os fragmentos cerâmicos e líticos encontrados nos perfis de TPA, observando a quantidade em g kg^{-1} e classificando-os em graus de impedimento 0, 1 e 2 conforme proposto pela metodologia de Wadt (2013). Quando o trabalho não descrevia a quantidade em g kg^{-1} de fragmentos, considerou-se o grau 1 de impedimento, visto que mesmo a menor quantidade pode causar danos à longo prazo a implementos utilizáveis na área.

Na ausência de algum outro dado essencial, contactaram-se os autores dos trabalhos levantados e quando não houve resposta, os trabalhos foram excluídos do banco de dados. Os perfis que continham o horizonte A antrópico abaixo dos 100 cm também foram excluídos, pois o horizonte em questão estava abaixo da profundidade limite proposta pela metodologia de Wadt (2013). Ao final foram selecionadas oito publicações (Campos et al., 2011; Santos et al., 2013; Macedo et al., 2017; Lumbreas et al., 2019; Macedo et al., 2019; Lima et al., 2002; Soares et al., 2018), compreendendo 20 sítios de TPA com as características necessárias para aplicar a metodologia “Recomendações para o uso sustentável da terra” (Wadt, 2013).

Como os dados utilizados originaram-se de levantamentos pedológicos que analisam horizontes pedogenéticos e não camadas pré-determinadas de solo, realizamos o cálculo da média ponderada de cada atributo de solo para as camadas de 0-25, 25-60 e 60-100 cm, preconizadas por Wadt (2013).

Com base em chaves de identificação, foram tomadas decisões quanto à qualidade das classes de uso da terra para cada fator limitante: deficiência de fertilidade, deficiência de água, deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão e restrições à mecanização. O fator limitante com maior restrição foi então utilizado para definir as classes de qualidade de uso da

terra. Estas classes foram definidas para cada tipo de uso da terra (grupo de intensidade) e nível tecnológico de produção (Wadt, 2013). Após, as classes de qualidade de uso da terra foram analisadas por meio de estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a moda dos diferentes grupos de intensidade de uso, em todos os níveis tecnológicos verificamos que pastagem, floresta plantada e floresta nativa obtiveram com maior frequência a classe de qualidade boa, enquanto os grupos sistema agroflorestal, culturas perenes e culturas anuais obtiveram a classe moderada.

Os principais fatores que levaram a limitação de uso do solo foram a deficiência de fertilidade e a suscetibilidade à erosão no nível tecnológico de produção 1 e a deficiência de oxigênio no nível tecnológico de produção 2. No nível tecnológico 3 não houve restrição para nenhum grupo de intensidade de uso. Assim, detalhamos a discussão para os diferentes níveis tecnológicos.

Nível tecnológico de produção 1

No nível tecnológico de produção 1 os sítios de TPA apresentaram maior restrição quanto ao uso da terra, principalmente para as classes culturas anuais e culturas perenes (Tabela 1). Os grupos de intensidade de uso sistema agroflorestal (exceção perfil 19), pastagem, floresta plantada e floresta obtiveram classes de qualidade de moderada a boa.

Tabela 1. Classes de qualidade de uso da terra de vinte sítios de Terra Preta Arqueológica em seis grupos de intensidade de uso do solo para o nível tecnológico 1

Sítio	CA	CP	SAF	P	FP	FN
1	3	3	3	4	4	4
2	4	3	3	4	4	4
3	3	3	3	4	4	4
4	4	3	3	4	4	4
5	3	3	3	4	4	4
6	2	2	3	3	3	4
7	2	2	3	3	3	4
8	3	3	3	4	4	4
9	2	2	3	4	4	4
10	2	2	3	4	4	4
11	3	3	3	4	4	4
12	2	3	3	3	4	4
13	3	3	3	4	4	4
14	2	3	3	3	4	4
15	3	3	3	4	4	4
16	2	2	3	4	4	4
17	3	3	3	4	4	4
18	2	2	3	4	4	4

19	1	1	2	3	3	4
20	2	2	3	3	3	4
Mínimo	1	1	2	3	3	4
Máximo	4	3	3	4	4	4
Média	2,58	2,58	2,95	3,74	3,84	4
Mediana	3	3	3	4	4	4
Moda	3	3	3	4	4	4
Desvio padrão	0,75	0,59	0,22	0,44	0,36	0

CA: culturas anuais; CP: culturas perenes; SAF: sistemas agroflorestais; P: pastagem; FP: floresta plantada; FN: Floresta nativa.

Os sítios 6, 7, 9, 10, 16, 18 e 20 foram classificados na classe de qualidade restrita para o uso com culturas anuais e perenes, tendo como principal fator limitante a deficiência de fertilidade. Essa restrição se deve ao fato de que culturas perenes e anuais são muito dependentes de recursos externos para o seu estabelecimento, como adubos e fertilizantes, tanto nos estádios iniciais, quanto na manutenção das plantas, no caso das culturas perenes. Costa (2014), afirma que plantas agrícolas, especialmente as que sofreram seleção artificial para características de interesse econômico, são plantas de crescimento rápido e/ou produção elevada e, por isso, exigem grandes quantidades de nutrientes minerais prontamente disponíveis.

Os sítios 6 e 7 apresentaram na camada intermediária (25 a 60 cm) saturação por alumínio maior que 30%, associada a soma de bases menor que $1,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$ de solo, resultando em uma limitação média de fertilidade do solo. Santos et al. (2013) classificaram os solos destes sítios como Argissolo Amarelo distrófico. O caráter distrófico (saturação por base $< 50\%$) é um indicador de baixa fertilidade do solo (SANTOS et al., 2018). Os sítios 9, 10, 16, 18 e 20 foram caracterizados por leve deficiência de fertilidade do solo, caracterizada por soma de bases menor ou igual a 6 cmolc kg^{-1} , com saturação por alumínio menor que 30% e textura franco arenosa ou mais fina.

No sítio 19, a deficiência de fertilidade resultou no máximo nível de restrição, tornando este local inapto ao uso com culturas anuais e perenes e restrito para sistemas agroflorestais. A baixa soma de bases ($\leq 1,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$ de solo) desse solo levou a esse resultado, além da consequente baixa saturação por bases (V%), sendo menor que 30% na média ponderada das profundidades entre 0-25 cm. É válido observar que Soares et al. (2018) classificaram o horizonte A do perfil do sítio 19 como antrópico, usando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos de 2006, que considerava a presença de carvão e de fragmentos de artefatos cerâmicos e/ou líticos como suficiente para caracterizar um horizonte A antrópico. Porém, a edição atual do sistema requer adicionalmente a essas evidências, um mínimo de 30 mg kg^{-1} de P extraível em Melich1 para caracterizar um horizonte A antrópico (SANTOS et al., 2018). Deste modo, o perfil 19 não se enquadraria hoje como um perfil de TPA, considerando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) e o sistema internacional “World Reference Base” (IUSS Working Group WRB, 2015) atuais, visto que esse apresenta valores abaixo de 20 mg kg^{-1} de P.

Os sítios de TPA são frequentemente caracterizados por elevada fertilidade do solo (Cunha et al., 2009), porém, como observado, a fertilidade pode ser um fator limitante ao uso da terra de sítios de TPA quando cultivados com culturas anuais e perenes sob a independência de insumos externos à propriedade, como corretivos de acidez e fertilizantes minerais.

Nos sítios 12 e 14, constatamos um grau de erodibilidade maior que $2 \text{ t.h Mj}^{-1} \text{ mm}$, o que representa classe de qualidade restrita ao uso do solo com culturas anuais (Wadt, 2013). Esses perfis estão localizados em áreas de várzea, locais onde a margem de rios tende a sofrer erosão, fenômeno localmente conhecido como terras caídas, processo natural nestas áreas (Macedo et al., 2019; Teixeira et al., 2009).

Corrigir problemas com erosão em uma área, requer não só práticas de melhora na cobertura vegetal do solo, mas também medidas que necessitam a utilização de máquinas agrícolas, para construção de terraços, curvas de nível e canais escoadouros vegetados, para melhor infiltração e condução da água na área (Cati, 2014). Logo, a falta de mecanização agrícola pode ser um fator limitante para o uso de TPA.

Nível tecnológico de produção 2

No nível tecnológico de produção 2, as classes de qualidade dos sítios de TPA variaram de moderada a boa para todos os grupos de intensidade de uso, com exceção do grupo culturas anuais, que apresentou classe de qualidade restrita ao uso em quatro sítios (12, 13, 14 e 15) (Tabela 2), devido ao risco de deficiência de oxigênio. Estes solos, amostrados por Macedo et al. (2019), estão localizados em áreas de várzea, sofrendo inundações periódicas durante o ano. O potencial agrícola de solos com essas características é limitado, devido à deficiência de oxigênio frequente (SANTOS et al., 2018).

Tabela 2. Classes de qualidade de uso da terra de vinte sítios de Terra Preta Arqueológica em seis grupos de intensidade de uso do solo para o nível tecnológico 2

Perfil	AC	PC	AFS	G	FP	FN
1	3	3	3	4	4	4
2	4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4
5	3	3	3	4	4	4
6	3	3	3	4	4	4
7	3	3	3	4	4	4
8	3	3	3	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4
10	4	4	4	4	4	4
11	3	3	3	4	4	4
12	2	3	3	4	4	4
13	2	3	3	4	4	4
14	2	3	3	4	4	4

15	2	3	3	4	4	4
16	3	3	3	4	4	4
17	3	3	3	4	4	4
18	3	3	3	4	4	4
19	3	3	3	3	3	4
20	3	3	3	4	4	4
Mínimo	2	3	3	3	3	4
Máximo	4	4	4	4	4	4
Média	3	3,2	3,2	3,95	3,95	4
Mediana	3	3	3	4	4	4
Moda	3	3	3	4	4	4
Desvio padrão	0,63	0,40	0,40	0,22	0,22	0,00

CA: culturas anuais; CP: culturas perenes; SAF: sistemas agroflorestais; P: pastagem; FP: floresta plantada; FN: Floresta nativa.

Os sítios 12 e 14 apresentaram restrição de uso para culturas anuais no nível tecnológico de produção 1, devido sua elevada erodibilidade associada à falta de mecanização agrícola para medidas de contenção. Entretanto, observamos que mesmo que essas medidas fossem empregadas, devido ao aumento do nível tecnológico, a limitação ainda seria restrita para culturas anuais em decorrência da falta de oxigênio.

Nível tecnológico de produção 3

No nível tecnológico de produção 3, como esperado, a classe de qualidade de uso da terra nos diferentes grupos de intensidade de uso foi de moderada a boa (Tabela 3). A menor restrição de uso nos níveis tecnológicos mais altos é explicada pelo fato de que nesses níveis há a demanda de insumos externos, com intensidade de moderada a alta (Wadt, 2013), podendo então solucionar as limitações de uso do solo, como deficiências nutricionais através de aplicação mecânica de adubos químicos, por exemplo, ou ainda, problemas com erosão existentes sendo solucionados com a construção de curvas de nível, terraços etc.

Tabela 3. Classes de qualidade de uso da terra de vinte perfis de Terra Preta Arqueológica em seis grupos de intensidade de uso do solo para o nível tecnológico 3

Perfil	AC	PC	AFS	G	FP	FN
1	3	3	3	4	4	4
2	4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	4	4	4
4	3	4	4	4	4	4
5	3	3	3	4	4	4
6	3	3	3	4	4	4
7	4	4	4	4	4	4
8	3	3	3	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4
10	4	4	4	4	4	4

11	3	3	3	4	4	4
12	3	3	3	4	4	4
13	3	3	3	4	4	4
14	3	3	3	4	4	4
15	3	3	3	4	4	4
16	3	3	3	4	4	4
17	3	3	3	4	4	4
18	3	3	3	4	4	4
19	4	4	4	4	4	4
20	4	4	4	4	4	4
Mínimo	3	3	3	3	3	4
Máximo	4	4	4	4	4	4
Média	3,3	3,35	3,35	4	4	4
Mediana	3	3	3	4	4	4
Moda	3	3	3	4	4	4
Desvio padrão	0,46	0,48	0,48	0,00	0,00	0,00

CA: culturas anuais; CP: culturas perenes; SAF: sistemas agroflorestais; P: pastagem; FP: floresta plantada; FN: Floresta nativa.

CONCLUSÕES

Os sítios de TPA não podem ser genericamente classificados como aptos para o uso agrícola com base no seu elevado teor de carbono orgânico e de nutrientes, devendo-se considerar mais atributos de solo, paisagem, intensidade de uso e nível tecnológico empregado para obter sua classe de qualidade.

Pastagens, florestas plantadas e florestas nativas não apresentam restrição de uso do solo em sítios de TPA. O uso do solo com culturas anuais, culturas perenes e sistemas agroflorestais depende do nível tecnológico empregado.

Em sistemas de produção que são amplamente independentes dos insumos agrícolas externos e utilizam recursos internos ao máximo (nível tecnológico de produção 1), a deficiência de fertilidade e a suscetibilidade à erosão são os principais fatores que restringem a intensidade de uso do solo. Assim, dos vinte sítios estudados dez apresentam restrição de uso para culturas anuais, sete apresentam restrição de uso para culturas perenes e um para sistemas agroflorestais.

Em sistemas de produção que demandam intensidade média a alta de insumos externos, mas não dependem da aplicação em larga escala de recursos (nível tecnológico de produção 2), a deficiência de oxigênio é o principal fator que restringe a intensidade de uso do solo. Assim, dos vinte sítios estudados quatro apresentam restrição de uso para culturas anuais, devido à sua posição na paisagem.

Em sistemas de produção que demandam intensidade média a alta de insumos externos e dependem da aplicação em larga escala de recursos (nível tecnológico de produção 3) não há restrição quanto a intensidade de uso do solo.

REFERÊNCIAS

- ALHO, C. F. B. V.; ROSA, A. S.; MARTINS, G. C.; HIEMSTRA, T.; KUYPERA, T. W.; TEIXEIRA, G. W. Spatial variation of carbon and nutrients stocks in Amazonian Dark Earth. **Geoderma**, v. 337, p. 322–332, 2019.
- AQUINO, E. Assinatura espectral em Terra Preta de Índio da Amazônia brasileira. **Tese** apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de concentração: Ciência do Solo). Orientador: Prof. Dr. José Marques Júnior. Jaboticabal - SP, 2017.
- BRASIL. **Lei n. 3.924, DE 26 DE JULHO DE 1961.** Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. Planalto, Brasília, 26 jun. 1961.
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SOUZA, R. V. C. C.; ALMEIDA, M. C. Caracterização e classificação de terras pretas arqueológicas na Região do Médio Rio Madeira, **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 598-609, 2011.
- CATI. Comissão Técnica de Conservação do Solo. **Boas práticas em conservação do solo e da água.** Coordenado por Mário Ivo Drugowich. Campinas, 2014. 38p. (Manual Técnico, 81).
- CUNHA, T.J.F.; MADARI, B.E.; BENITES, V.M.; CANELLAS, L.P.; NOVOTNY, E.H.; MOUTTA, R.O.; TROMPOWSKY, P.M.; SANTOS, G.A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 1, p. 91-98, 2007.
- CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELLAS, L. P.; RIBEIRO, L. P.; BENITES, V. M.; SANTOS, G. A. Soil organic matter and fertility of Anthropogenic Dark Earths (Terra Preta de Índio) in the brazilian Amazon basin. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 85-93, 2009.
- COSTA, A. R. Nutrição Mineral de plantas vasculares. Évora: Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora, 2014, 139 p.
- IUSS Working Group WRB. **World reference base for soil resources 2014, update 2015.** Rome: FAO. 192 p. (World Soil Resources Reports, 106).
- JOSEPH, S. D. et al. An investigation into the reactions of biochar in soil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, p. 501-515, 2010.
- KERN, D. C.; LIMA, H. P.; COSTA, J. A.; LIMA, H. V.; RIBEIRO, A. B.; MORAES, B. M.; KÄMPF, N. Terras pretas: Approaches to formation processes in a new paradigm. **Gearchaeology**, v. 32, p. 1-13, 2017.

LIMA, H. N.; SCHAEFER, 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**, v. 110, p. 1-17, 2002.

LUMBRERAS, J. F.; SILVA, L. M. da; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; WADT, P. G. S.; PEREIRA, M. G.; DELARMELINDA-HONORÉ, E. A.; BURITY, K. T. L. **Guia de campo da XII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Rondônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

MACEDO, R. S.; TEIXEIRA, W. G.; CORRÊA, M. M.; MARTINS, G. C.; VIDAL-TORRADO, P. Pedogenetic processes in anthrosols with pretic horizon (Amazonian Dark Earth) in Central Amazon, Brazil. **PLoS ONE**, v. 12, n. 5, e0178038, 2017.

MACEDO, R. S.; TEIXEIRA, W. G.; LIMA, H. N.; SOUZA, A. C. G. de; SILVA, F. W. R.; ENCINAS, O. C.; NEVES, E. G. Amazonian dark earths in the fertile floodplains of the Amazon River, Brazil: an example of non-intentional formation of anthropic soils in the Central Amazon region. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 14, n. 1, p. 207-227, 2019. (ver)

MATOSO, S. C. G.; ZAQUEO, K. D.; NÓBREGA, S. L. Applicability of the ‘Recommendations for Sustainable Land Use’ method for Brazilian tropical soils. **Tropical Conservation Science**, v. 9, n. 2, p. 699-717, 2016.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 353 p.

SANTOS, L. A. C. dos; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E. de; BERGAMIN, A. C.; SILVA, D. M. P. da; MARQUES JUNIOR, J.; FRANÇA, B. C. Caracterização de Terras Pretas Arqueológicas no sul do estado do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 825-836, 2013.

SOARES, R.; MADDOCK, J. E. L.; CAMPOS, D. V. B.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; SANTELLI, R. E. O Papel das Terras Pretas de Índio no Antropoceno. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, p. 1659-1692, 2018.

SOMBROEK, W.; KERN, D.; RODRIGUES, T. E.; CRAVO, M. da S.; CUNHA, T. J. F.; WOODS, W.; GLASER, B. **Terra Preta e Terra Mulata: Suas Potencialidades Agrícolas, suas Sustentabilidades e suas Reproduções**. In: As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: EDUA: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 25-258.

TEIXEIRA, G. T.; KERM, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. 420 p.

WADT, P. G. S. **Payments for environmental services**. CPS, Plant City, Florida, United States of America, 2013.