

Ano 12, Vol XXIII, Número 2, Jul-Dez, 2019, p. 286-299.

## CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE TERRAS MULATAS NA REGIÃO DE APUÍ-AMAZONAS

Mariana Coutrim dos Santos  
Wildson Benedito Mendes Brito  
Luís Antônio Coutrim dos Santos  
Uilson Franciscan  
Diogo André Pinheiro da Silva  
Pérsio de Paula Neto

**RESUMO:** Entre os solos antrópicos encontrados na região Amazônica encontram-se as Terras Mulatas, que são menos relatadas na literatura e, conseqüentemente, ainda possuem controvérsias sobre sua origem e formação. Portanto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar e classificar duas áreas de Terras Mulatas na região de Apuí-Amazonas. Foram abertos dois perfis de solos a fim de caracterização morfológica e coleta de amostras para análises, um em área de pousio e outro sobre área de pastagem. Inicialmente, os perfis foram caracterizados morfológicamente em campo. Em seguida, foram coletadas amostras de solo de cada horizonte para realização de análises físicas e químicas do solo. Apesar da sua natureza antropogênica, as Terras Mulatas avaliadas neste estudo apresentam caráter distrófico e uma baixa fertilidade natural. Todavia, esses solos apresentam ainda, uma melhor fertilidade química quando comparada com outros solos não antrópicos da região. Os atributos químicos das Terras Mulatas evidenciam que as alterações antropogênicas nestes solos não foram tão intensas para melhorar a sua fertilidade química destes solos, como acontece nos solos de Terra Preta de Índio.

**Palavras-chave:** Antropogênese, horizontes antropogênicos, solos Amazônicos, solos antrópicos

## CHARACTERIZATION AND CLASSIFICATION OF FINE LAND IN REGION APUÍ, AMAZON

**ABSTRACT:** Among the anthropic soils found in the Amazon region are the Mulatto Earth, which are less reported in the literature and, consequently, still have controversies about their origin and formation. Therefore, the objective of this work was to characterize and classify two areas of Mulatto Earth in the Apuí-Amazonas region. Two soil profiles were opened for morphological characterization and sampling for

analysis, one in fallow area and another on pasture area. Initially, the profiles were characterized morphologically in the field. Subsequently, soil samples were collected from each horizon for physical and chemical soil analysis. Despite their anthropogenic nature, the Mulatto Earth evaluated in this study have a dystrophic character and a low natural fertility. However, these soils still have a better chemical fertility when compared to other non-anthropogenic soils in the region. The chemical attributes of Mulatto Earth show that the anthropogenic changes in these soils were not as intense to improve their chemical fertility as in the soils of Indian Black Earth.

**Keywords:** Amazonian soils, Anthropogenesis, Anthropogenic soils, Anthropological horizons.

## INTRODUÇÃO

Os solos da região Amazônica geralmente são conhecidos por serem muito intemperizados, de baixa fertilidade natural e capacidade de troca catiônica (Cunha et al., 2007). Em contraste a estes solos de terra firme, existem os solos antrópicos que ocorrem nessa região, as chamadas Terras Pretas de Índio (TPI) e Terras Mulatas (TMs).

As TPIs apresentam alta fertilidade natural e, como propriedades marcantes, coloração escura e a presença de fragmentos de cerâmica e/ou líticos e artefatos indígenas incorporados à matriz dos horizontes superficiais (Kampf & Kern, 2005). Já as TMs geralmente ocorrem por uma ampla faixa circundando os solos de TPIs, também com formação relacionada com cultivos indígenas de longo prazo. Além disso, ainda apresentam uma coloração bruno acinzentada em seus horizontes superficiais, com pouco ou nenhum fragmento de cerâmica (Sombroek et al., 2010).

As TMs apresentam menor fertilidade química em comparação às TPIs, apresentando apenas um ligeiro aumento nos valores de pH e nos teores de fósforo, cálcio, magnésio, manganês e zinco (Fraser et al., 2011 e Campos et al., 2011). Além destas, as TMs geralmente apresentam altos teores de carbono orgânico, o qual é encontrado em sua maior parte na forma de carbono pirogênico. A recalcitrância desse carbono lhe confere uma alta estabilidade, transformando-o em um importante reservatório de carbono estável no solo, mitigando desta forma a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (Cunha et al., 2010).

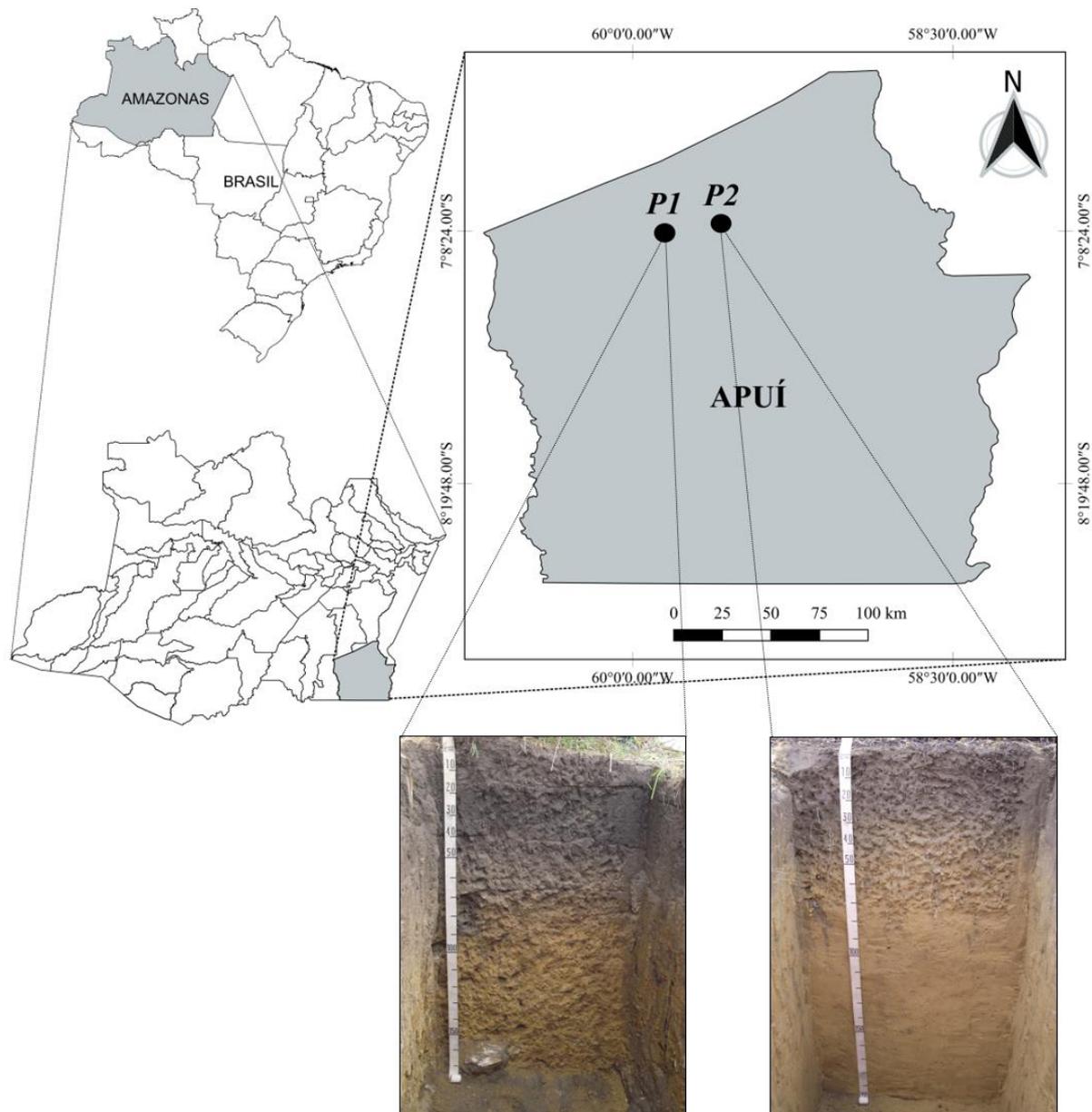
Acredita-se que as TMs possuam formação e propriedades decorrentes através de cultivos de longa duração (Sombroek, 1966). Deste modo, as TMs seriam as áreas agrícolas Pré-colombianas em torno das TPIs, onde lhe foram conferidas uma melhoria na sua fertilidade pelo uso da atividade agrícola (Sombroek et al., 2010). Estudos de solos antrópicos e, sobretudo, aqueles que buscam entender a gênese das TMs e suas propriedades físicas e químicas podem trazer benefícios para a região Amazônica, principalmente em relação a implantação de uma agricultura mais sustentável.

No entanto, a busca e diferenciação de TPIs e TMs não é uma tarefa simples. No campo, elas podem ser distinguidas entre si pela cor e ausência ou raridade de artefatos arqueológicos. Porém, a gradação difusa entre esses dois tipos de solo pode dificultar sua diferenciação. A distinção morfológica entre TMs e solos naturais também pode ser difícil por razões semelhantes. Além disso, a presença de carvão não pode servir como um indicador de terra mulata, porque também ocorre em solos não antropogênicos como resultado de incêndios florestais naturais (Kern et al., 2017).

Além disso, os solos de TMs ainda são pouco relatados na literatura e, portanto, possuem mais controvérsias em relação a sua origem e formação. A maior parte dos trabalhos avaliando solos antrópicos da Amazônia, concentram-se nas TPIs, e uma minoria busca entender a formação das TMs. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi a caracterização e classificação de duas áreas de Terras Mulatas na região de Apuí, sul do estado do Amazonas.

## **METODOLOGIA**

A área de estudo fica localizada no município de Apuí, região Sul do Estado do Amazonas (Figura 1). O clima da região é Clima úmido tropical (A), subtipo climático Am (chuvas do tipo monção), com uma ampla variação de precipitação pluvial anual (2.500 e 3.100 mm), e temperatura média anual do ar superior a 26°C (Alvares et al., 2013).



**Figura 1: Mapa de localização e perfis de Terra Mulata.**

Para a amostragem dos solos, inicialmente foi realizado um caminhamento perimétrico por toda área de Terra Mulata, onde foram selecionados dois locais para abertura de trincheiras e amostragem de material. O perfil 1 (TM1) foi coletado nas coordenadas  $07^{\circ} 08' 12,0''$  S e  $59^{\circ} 51' 08,9''$  W, situado no topo baixo da paisagem, sobre pousio, e o perfil 2 (TM2) sob as coordenadas  $07^{\circ} 06' 22,9''$  S e  $59^{\circ} 35' 57,6''$  W, localizado no topo plano da paisagem, sobre pastagem.

As trincheiras foram caracterizadas morfológicamente e, em seguida, coletou-se amostras deformadas e amostras com estrutura preservada para realização das análises físicas e químicas. A caracterização morfológica foi realizada conforme descrito por Santos et al. (2013). Os fragmentos de cerâmica e frações maiores que 2 mm (cascalho 2-20 mm) presentes foram quantificados por pesagem, estabelecidos pela razão massa de fragmentos de cerâmica e/ou cascalho /massa da amostra.

A análise granulométrica foi realizada pelo método do densímetro. Foi utilizado solução de NaOH 0,1 mol.L<sup>-1</sup> como dispersante químico. A fração argila foi determinada pelo densímetro, e as frações areia grossa e fina foram separadas por tamisação, já o silte foi calculado por diferença, conforme Gee & Or (2002). Também pelo densímetro, foi determinado a argila dispersa em água e, a partir deste, estimado o grau de floculação.

A densidade do solo (Ds) foi obtida pelo método do anel volumétrico, conforme descrito em Grossman & Reinsch (2002), onde o solo contido em anel volumétrico foi seco em estufa à 105°C, até peso constante. A densidade de partículas sólidas do solo (Dp) pelo método do balão volumétrico. A porosidade total foi estimada a partir dos dados obtidos das densidades do solo e das partículas, empregando-se a seguinte expressão:  $P_t = 100 (1 - D_s/D_p)$ , conforme Embrapa (1997). Os solos foram classificados seguindo critérios definidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013).

As amostras deformadas também foram utilizadas para realização de análises químicas, seguindo metodologia da Embrapa (1997). O pH foi determinado potenciométricamente, utilizando-se relação 1:2,5 de solo em água e em KCl. A acidez potencial (H+Al) foi determinada volumetricamente através da titulação de NaOH em acetato de cálcio a pH 7,0 como reagente, além da adição de fenolftaleína como indicador. Já a acidez trocável (Al<sup>3+</sup>) foi determinada utilizando KCl 1 mol L<sup>-1</sup> como extrator e NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup> como titulante em presença de azul de bromotimol como indicador colorimétrico.

Cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>) foram extraídos com solução extratora de KCl. Potássio (K), sódio (Na<sup>+</sup>) e fósforo (P) disponíveis foram extraídos com Mehlich<sup>-1</sup>. A partir dos resultados foram calculadas: soma de bases (SB), obtida pela soma dos cátions trocáveis Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>; capacidade de troca catiônica (CTC), obtida

somando-se SB com H+Al; saturação por bases (V%) e por alumínio (m%). O carbono orgânico (CO) foi determinado pelo método da oxidação via úmida, com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os atributos morfológicos das Terras Mulatas (TMs). Os horizontes superficiais (Au) das TMs apresentam coloração acizentadas com Matiz de 7,5 YR para o perfil 1 e 10 YR para o perfil 2, ambos os solos apresentam valor e croma baixos ( $\leq 3$ ), mostrando uma nítida diferenciação entre o horizonte A antropogênico e os horizontes diagnósticos subsuperficiais. Os horizontes A antropogênicos de coloração escura é resultante dos resíduos de queimadas e do acúmulo de matéria orgânica (Smith, 1980).

Ambos perfis sofrem uma pequena variação de textura do horizonte A antropogênico em relação aos horizontes subsuperficiais, variando de francoarenosa a francoargilosa, corroborando assim com Teixeira e Martins (2003) e Neves Junior (2008), que mostraram que os solos antrópicos da Amazônia podem apresentar textura variando desde a classe areia até argila. A variação de textura encontrada nos horizontes A antropogênicos das TMs, mostram que os povos pré-colombianos não escolhiam as áreas de ocupação por um padrão de classe textural.

Tabela 1: Caracterização morfológica de duas Terras Mulatas na Região de Apuí, AM.

Hor.	Prof. (cm)	Cor (úmida)	Textura	<sup>1</sup> Estrutura	<sup>2</sup> Consistência (seca, úmido e molhado)	<sup>3</sup> Transição
<b>TM1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico</b>						
Aup	0-14	7,5 YR 3/2	francossiltosa	fr. peq. gran. e bl. sub.	lig. dr., mfri., lig.plás. lig.peg.	cla. e pla.
Au <sub>1</sub>	14-40	7,5 YR 2,5/2	francossiltosa	fr. e mod. peq. gran. e bl. sub.	lig.dr., mfri., lig.plás. lig.peg.	cla. e pla.
Au <sub>2</sub>	40-65	7,5 YR 4/3	francossiltosa	fr. peq. a méd. bl. sub.	lig.dr., mfri., plás. peg.	abr. e pla.
Bi <sub>1</sub>	65-87	10 YR 4/4	franco-argilosiltosa	fr. peq. e méd. bl. sub.	mdr., fri., mplás. mpeg.	gra. e ond.
Bi <sub>2</sub>	87-155	10 YR 6/6	franco-argilosiltosa	fr. peq. e méd. bl. sub.	fri., mplás. mpeg.	cla. e pla.
BCc	155-183 <sup>+</sup>	10 YR 6/6	francoargilosa	-	fri. plás. peg.	-
<b>TM2 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico</b>						
Aup	0-15	10 YR 3/1	francoarenosa	fr. e mod. peq. a méd. gran. e bl. sub.	lig.dr., fri., lig.plas. lig.peg.	gra. e pla.
Au <sub>1</sub>	15-38	10 YR 3/2	francoarenosa	fr. e mod. peq. e med. gran. e bl. sub.	lig. dr., fri., lig.plas. lig.peg.	cla. e ond.
AB	38-73	10 YR 4/4	franco-argiloarenosa	mac. e fr. peq. e med. bl. sub.	lig. dr., fri., lig.plas. lig.peg.	gra. e pla.
BA	73-105	10 YR 5/6	franco-argiloarenosa	mac. e fr. peq. a med. bl. sub.	mdr. fri. lig. plas. lig. peg.	gra. e pla.
Bw <sub>1</sub>	105-168	10 YR 5/8	franco-argiloarenosa	mac. fr. peq. e med. bl. sub.	mdr., fri., lig. plas. lig. peg.	dif. e pla.
Bw <sub>2</sub>	168-200 <sup>+</sup>	10 YR 6/6	franco-argiloarenosa	fr. mpeq. e peq. bl. sub.	mdr., fri., lig. plas. lig. peg.	-

Hor.: horizonte; Prof.: profundidade. <sup>1</sup>fr.: fraca, mod.: moderada; peq.: pequena, mpeq.: muito pequena; méd.: média; granular; bl. ang.: blocos angulares; bl. sub.: blocos subangulares. <sup>2</sup>mfri.: muito friável; fri.: friável; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.:muito pegajoso. <sup>3</sup>cla.: clara; pla.: plana; gra.:gradual; dif.: difusa; ond.:ondulada.

Em primeira instância, notou-se a presença de fragmentos cerâmicos nos perfis, os quais continham os artefatos nos dois primeiros horizontes, mas em baixa quantidade (5 a 22 g.kg<sup>-1</sup>) (Tabela 2), confirmando o processo de antropização na formação e/ou alteração destes solos. Conforme Kern et al. (2017), TMs geralmente apresentam raros ou nenhum artefato arqueológico, fazendo com que raramente sejam reconhecidas como sítios arqueológicos.

Tabela 2: Caracterização física de duas Terras Mulatas na Região de Apuí, AM.

Hor.	Prof	Frações da amostra total			Granulometria da terra fina					ADÁ	GF	S/A	Ds	Dp	Pt	
		Material Lítico	Frag. Cerâm.	Terra Fina	Areia Total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila							
cm		g.kg <sup>-1</sup>										%	-	g.cm <sup>-3</sup>		%
<b>TM1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico</b>																
Aup	0-14	34	10	956	207	88	119	507	286	24	92	1,8	1,0	2,6	62	
Au <sub>1</sub>	14-40	42	5	953	186	67	119	530	284	24	92	1,9	0,9	2,6	65	
Au <sub>2</sub>	40-65	44	0	956	179	61	118	537	284	24	92	1,9	1,0	2,7	63	
Bi <sub>1</sub>	65-87	80	0	920	186	66	120	522	292	122	58	1,8	1,2	2,7	56	
Bi <sub>2</sub>	87-155	165	0	835	181	61	120	504	315	0	100	1,6	1,3	2,7	53	
BCc	155-183 <sup>+</sup>	480	0	520	218	52	166	445	337	0	100	1,3	-	-	-	
<b>TM2 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico</b>																
Aup	0-15	16	22	962	758	330	428	69	173	48	72	0,4	1,0	2,7	63	
Au <sub>1</sub>	15-38	35	25	940	766	326	440	59	175	73	58	0,3	1,3	2,7	51	
AB	38-73	13	0	987	723	298	425	61	216	148	32	0,3	1,4	2,7	49	
BA	73-105	18	0	982	640	265	375	69	291	243	17	0,2	1,4	2,7	49	
Bw <sub>1</sub>	105-168	27	0	973	639	266	373	78	284	171	40	0,3	1,5	2,7	45	
Bw <sub>2</sub>	168-200 <sup>+</sup>	24	0	976	658	276	382	37	305	0	100	0,1	1,4	2,7	48	

Hor.Horizonte; Prof.: profundidade; ADÁ: Argila dispersa em água; GF: Grau de flocculação; S/A: Relação silte/argila; Ds: Densidade do Solo; Dp: Densidade de Partículas; Pt: Porosidade Total.

A densidade do solo (Ds) mostrou menores valores nos horizontes A antropogênicos superficiais, os quais foram próximos à 1, com um aumento em profundidade, em ambos perfis. Observa-se que os menores valores de Ds nos horizontes A antropogênicos foram decorrentes dos maiores teores de matéria orgânica, assim como visto por Martins et al. (2006), diferentemente das TPIs, que apresentam valores de densidade do solo melhor correlacionada com distribuição granulométrica das partículas (Teixeira et al., 2009). O aumento da Ds normalmente ocorre simultaneamente com o decréscimo dos teores de matéria orgânica (Kern e Kämpf, 1989). A densidade de partícula (Dp), foi a variável que apresentou a menor variação dentre os horizontes avaliados, indicando uma homogeneidade entre as áreas de TMs estudadas (Viana et al., 2011), e que esta variável é pouco influenciada pelas alterações antrópicas.

Os valores de porosidade total do solo foram altos nos dois perfis, sendo que todos os horizontes superficiais apresentaram valores maiores que 50% e decrescem gradativamente em profundidade. Estas maiores porosidades nos horizontes superficiais são decorrentes dos menores valores de  $D_s$ , que mostram um comportamento semelhante, porém, com uma relação inversa. Como já mencionado, a matéria orgânica afeta os valores de  $D_s$  e, por conseguinte, também explica os maiores valores de porosidade encontrado nos horizontes superficiais (Andrade et al., 2009; Cunha et al., 2010).

O pH em água variou entre 5,0 a 6,0 na TM1 e de 5,1 a 6,1 em TM2 (Tabela 3), valores considerados moderadamente ácidos. Apesar disso, esta variação não ultrapassa os limites estabelecidos por Falcão et al. (2010), para horizontes superficiais de solos antrópicos, e se situam na margem adequada para o cultivo da maioria das espécies de hortaliças e frutíferas implantadas na região, mesmo sem qualquer tipo de calagem ou correção nas áreas. Os valores de pH em KCl nos horizontes antrópicos variam de 4,1 a 5,0. Os perfis apresentam  $\Delta pH$  negativo, evidenciando assim o predomínio de carga líquida negativa, mostrando que nestes solos a capacidade de troca catiônica (CTC) supera a capacidade de troca aniônica (CTA) em condições de pH natural (Fernandes et al., 2008).

Os maiores valores de cálcio foram observados na TM 2, a qual alcançou 5,69  $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  para o horizonte Aup. Os valores de  $\text{Mg}^{2+}$  foram baixos nos dois perfis, com exceção para os horizontes superficiais, que apresentam apenas um pequeno incremento deste nutriente. Estes resultados corroboram com os relatados por Fraser et al. (2011), que também observam apenas um ligeiro aumento nos valores de pH e nos teores cálcio e magnésio. Segundo Kern et al. (2017), valores intermediários entre solos adjacentes e TPIs contribuem como mais indicativos das atividades humanas e podem ser vistos como um registro de diferenças nas práticas culturais, bem como no tempo e na intensidade das ocupações.

Tabela 3: Caracterização química de duas Terras Mulatas na Região de Apuí, AM.

Hor.	Prof. (cm)	pH $\text{H}_2\text{O}$	pH KCl	$\Delta\text{pH}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$	SB	$\text{Al}^{3+}$	H+Al	CTC	V	m	P	CO
					..... $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ .....								.. %	...	mg $\text{kg}^{-1}$	$\text{g}.\text{Kg}^{-1}$
<b>TM1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico</b>																
Aup	0-14	5,0	4,1	-1,0	1,61	0,34	0,08	0,04	2,07	1,84	20,80	22,87	9	47	16,9	35,56

Au <sub>1</sub>	14-40	5,1	4,1	-1,1	0,86	0,17	0,08	0,03	1,14	2,24	18,58	19,72	6	66	18,6	33,62
Au <sub>2</sub>	40-65	6,0	4,3	-1,7	0,69	0,03	0,95	0,11	1,79	0,87	11,14	12,93	14	33	4,8	9,66
Bi <sub>1</sub>	65-87	5,8	4,2	-1,6	0,51	0,03	0,80	0,10	1,44	0,76	7,04	8,48	17	35	1,9	7,88
Bi <sub>2</sub>	87-155	5,3	4,2	-1,2	0,55	0,03	0,35	0,06	0,99	0,66	3,49	4,48	22	40	2,9	3,83
BCc	155-183 <sup>+</sup>	5,8	4,5	-1,3	0,63	0,02	0,36	0,06	1,07	0,47	2,65	3,72	29	31	5,4	2,87
<b>TM2 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico</b>																
Aup	0-15	6,0	5,0	-1,0	5,69	1,25	0,12	0,05	7,11	0,77	6,17	13,28	54	10	17,4	31,52
Au <sub>1</sub>	15-38	6,1	5,1	-1,0	4,50	0,28	0,03	0,03	4,84	0,73	5,59	10,43	46	13	6,3	25,00
AB	38-73	5,1	4,2	-0,9	0,76	0,04	0,01	0,03	0,84	0,65	4,28	5,12	16	44	7,0	7,61
BA	73-105	5,1	4,2	-0,9	0,71	0,03	0,02	0,03	0,79	0,62	3,49	4,28	18	44	4,1	4,13
Bw <sub>1</sub>	105-168	5,2	4,4	-0,8	0,66	0,03	0,01	0,04	0,74	0,44	2,53	3,27	23	37	1,2	2,06
Bw <sub>2</sub>	168-200 <sup>+</sup>	5,5	4,6	-0,8	0,74	0,02	0,01	0,03	0,80	0,35	2,35	3,15	25	30	0,4	2,44

Hor.: Horizontes; ΔpH: Delta pH; SB: Soma de Bases; V: Saturação por Base; m: Saturação por Alumínio; CO: Carbono Orgânico.

Os solos apresentam maior CTC em seus horizontes A antropogênicos, estabelecendo assim, uma nítida diferença para os horizontes subsuperficiais que não são antropogênicos. Esse maior valor de CTC nos horizontes superficiais decorre dos maiores teores de matéria orgânica, corroborando assim com Kweon et al. (2013), que afirmam que o aumento da porcentagem de argila e matéria orgânica do solo acarretam em aumento da CTC do solo. Jorio et al. (2012) explicita que em terras antropogênicas a CTC é corroborada pelo carbono pirogênico, que através da sua lenta oxidação, produz grupos carboxílicos nas bordas do anel aromático, elevando a CTC e reatividade do Carbono no solo.

Em relação aos valores de saturação por bases (V%), apenas o horizonte Aup do perfil 2 mostrou valor superior a 50% e, portanto, ambos perfis foram considerados distróficos, em decorrência dos baixos valores de soma das bases trocáveis do solo. As terras mulatas exibem uma grande heterogeneidade em seus atributos, principalmente nos químicos, indicando que estes solos não necessariamente mostram CTC e V% elevados, como acontece com a maioria dos solos antrópicos conhecidos como terra preta de índio. Mesmo em áreas de TPIs existem uma grande variação no grau de fertilidade, conforme os resultados da caracterização de 7 perfis antrópicos mostrados por Santos et al. (2013), apenas 3 exibem caráter eutrófico, corroborando com os presentes resultados.

Os teores de alumínio, foram mais elevados para os horizontes A superficiais da TM1, resultando assim, em maior saturação por alumínio perfil. Os maiores teores de Al observados para TM1 podem estar relacionados aos seus menores valores de pH, da

mesma forma que a TM2 apresenta baixos teores de Al trocável devido aos maiores valores de pH ( $\text{pH} \geq 6,0$ ). Para Guimarães et al. (2013), a atividade do alumínio em solução é controlada pelos valores de pH, sendo baixa ou nula em valores de pH superiores a 5,5.

Apesar dos valores de fósforo não serem muito elevados nestes solos antrópicos, os mesmos ainda são elevados para solos da região Amazônica. Ambos perfis apresentaram os maiores teores nos horizontes A antropogênicos, com média entre estes de  $17,7 \text{ mg.Kg}^{-1}$  na TM1 e de  $11,85 \text{ mg.Kg}^{-1}$  de P no perfil TM2. Os horizontes A antropogênicos apresentam os maiores valores de P em ambos os solos devido aos processos de antropização. Os maiores teores de P em solos antrópicos estão relacionados à deposição de cinzas de fogueiras, ossos de peixes, de caças e cascos de tartaruga (Smith, 1980).

Os teores de carbono orgânico (CO) são altos para ambos os solos em seus horizontes A antropogênicos e decrescem excessivamente em profundidade. Os horizontes superficiais apresentam mais de 5% de matéria orgânica do solo estimada pelos valores de CO. De acordo com Glaser et al. (2000), os maiores valores de matéria orgânica destes solos decorrem da alta taxa de decomposição de resíduos vegetais e animais e da rápida ciclagem de nutrientes. Conforme explicita Kern et al. (2017), tanto a terra preta quanto a terra mulata se formaram como resultado da transformação da MO (de fresca para carbonizada) e de sua concentração dentro de uma área circunscrita, conjuntamente com um programa semi-intensivo de décadas de cultivo, especialmente com incêndios fumegantes e produtores de carvão vegetal (cultivo de barra e carvão), os quais explicam o porquê dos níveis tão altos de CO.

Baseado nas descrições morfológicas, físicas e químicas os perfis de solos foram classificados no sistema brasileiro de classificação de solos como: Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico para a TM 1 e um Latossolo Amarelo Distrófico antrópico, para a TM 2.

## CONCLUSÕES

Apesar da sua natureza antropogênica, as Terras Mulatas avaliadas neste estudo apresentam caráter distrófico e uma baixa fertilidade natural. Todavia, esses solos

apresentam ainda, uma melhor fertilidade química quando comparada com outros solos não antrópicos da região.

Os atributos químicos das Terras Mulatas evidenciam que as alterações antropogênicas nestes solos não foram tão intensas para melhorar a fertilidade química destes solos, como acontece nos solos de Terra Preta de Índio.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728, 2013.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.411-418, 2009.

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, p. 598-609, 2011.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O.; TROMPOWSKY, P.; SANTOS, G. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazônica**, v.37, p.91-98, 2007.

CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; MARTINETO, L.; SANTOS, G. A. O carbono Pirogênico. In: TEIXEIRA, W. G., KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia -- Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Ed. Da Universidade Federal do Amazonas, Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, p. 264-285.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 2013. 353p.

FALCÃO, N. P. S.; MOREIRA, A.; COMERFORD, N. B. A fertilidade dos solos de Terra Preta de Índio da Amazônia Central. In: TEIXEIRA, W.G.; KERN, D.C.; MADARI, B.E.; LIMA, H.N. & WOODS, W.I., orgs. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia -- Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus, UFAM, 2010. p.190-201.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; OLIVEIRA, F. H. T.; FARIAS, D. R. Ponto de efeito salino nulo e cargas elétricas de solos do estado da Paraíba. **Caatinga**, v.21, n.2, p.147-155, 2008.

FRASER, J.; TEIXEIRA, W.; FALCÃO, N.; WOODS, W.; LEHMANN, J.; JUNQUEIRA, A. B. Anthropogenic soils in the Central Amazon: from categories to a continuum. **Area**, v.43, n.3, p.264–273, 2011.

GEE, G. W.; OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J.H. & TOPP, G.C., eds. **Methods of soil analysis. Physical methods**. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.4, p.255-293, 2002.

GLASER, B.; BALASHOV, E.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G; ZECH, W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. **Organic Geochemistry**, v.31, p.669-678, 2000.

GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J.H. & TOPP, C., eds. **Methods of soil analysis: Physical methods**. Madison, Soil Science of Society of América. p. 201-228, 2002.

GUIMARÃES, S. T.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; NEVES JUNIOR, A. F.; SILVA, F. W. R.; MACEDO, R. S.; SOUZA, K. W. Caracterização e classificação de Gleissolos da várzea do rio Solimões (Manacapuru e Iranduba), Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.2, p.317-326, 2013.

JORIO, A.; RIBEIRO-SOARES, J.; CANÇADO, L.G.; FALCÃO, N. P. S.; SANTOS, H. F.; BAPTISTA, D. L.; et al. Microscopy and spectroscopy analysis of carbon nanostructures in highly fertile Amazonian anthrosols. **Soil & Tillage Research**, v.122, p.61–66, 2012.

KÄMPF, N.; KERN, D.C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A.P.; CARDOSO, E. J. (Org.). **Tópicos em Ciência do solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, v.5, p.277-320.

KERN, D. C., KÄMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na região de Oriximiná, Pará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.13, p.219-225, 1989.

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. **Geoarchaeology**, v.32, n.6, p.694-706, 2017.

KWEON, G.; LUND, E.; MAXTON, C. Soil organic matter and cation-exchange capacity sensing with on-the-go electrical conductivity and optical sensors. **Geoderma**, v.199, p.80–89, 2013.

MARTINS, G. C.; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; VITORINO, A. C. T.; SILVA, M. L. N. Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.2, p.221-227, 2006.

NEVES JUNIOR, A. F. **Qualidade física de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) na Amazônia Central**. Piracicaba, 2008, 94f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; BERGAMIN, A. C.; SILVA, D. M. P.; MARQUES JÚNIOR, J.; FRANÇA, A. B. Caracterização de terras pretas arqueológicas no sul do estado do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.825-836, 2013.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 6ª ed. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100p.

SMITH, N. J. H. Anthrosol and human carrying capacity in Amazonia . In: **Annals of the Association of American Geographers**, 70. 1980, Durham. Annals. Durham, 1980. p.553-566.

SOMBROEK, W. **Amazon Soil: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon Region**. Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen, 1966. 330p.

SOMBROEK, W.; KERN, D.; RODRIGUES, T.; CRAVO, M. S.; CUNHA, T. J. F. WOODS, W.; GLASER, B. Terra Preta e Terra Mulata: Suas potencialidades agrícolas, sua sustentabilidade e suas reproduções. In TEIXEIRA, W. G., KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia -- Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Ed. Da Universidade Federal do Amazonas, Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, p.251-257.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. Soil physical characterization. In: LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GLASER, B.; WOODS, W. I. (Eds.), **Amazonian Dark Earths: Origin Properties Management**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, pp. 179-201, 2003.

TEIXEIRA, W.G.; MARTINS, G. C.; MACEDO, R. S.; NEVES JÚNIOR, A. F.; MOREIRA, A.; BENITES, V. M.; STEINER, C. As propriedades físicas e hídricas dos horizontes antrópicos das Terras Pretas de Índio na Amazônia Central. In TEIXEIRA, W. G., KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia -- Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Ed. Da Universidade Federal do Amazonas, Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, p.251-257.

VIANA, E.T.; BATISTA, M.A.; TORMENA, C.A.; COSTA, A.C.S.; INOUE, T.T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, p. 2105-2114, 2011.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.

**Recebido em 30/9/2019. Aceito: 13/11/2019.**

**Sobre os autores:**

**Mariana Coutrim dos Santos** – Mestranda em Ciências Ambientais – Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente.  
Contato: marianacoutrimsantos@gmail.com

**Wildson Benedito Mendes Brito** – Mestrando em Agronomia Tropical – Universidade Federal do Amazonas – UFAM.  
Contato: wild.brito@gmail.com

**Luís Antônio Coutrim dos Santos** – Bolsista de Pós-doutorado no Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia (PROCAD-AM) - Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente.  
Contato: santoslac@gmail.com

**Wilson Franciscon** – Mestre em Ciências Ambientais – Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente.  
Contato: uilson\_100@hotmail.com

**Diogo André Pinheiro da Silva** – Professor Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente.  
Contato: andredioogo@hotmail.com

**Pérsio de Paula Neto** – Engenheiro Ambiental - Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente.  
Contato: pv.apui@gmail.com