



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Solos Antropogênicos: solos decorrentes da ação humana em perspectiva ao Antropoceno

Rafael Cardoso Teixeira¹, Pablo de Azevedo Rocha², Henrique Amorim Machado³, André Luiz Lopes de Faria⁴, Liovando Marciano da Costa⁵

¹Mestre e professor da SEE-MG E-mail: teixeirarcgeo@gmail.com. ²Doutor e técnico da Universidade Federal de Vitória E-mail: pdeazevedorocha@gmail.com. ³Doutor e professor da Universidade Estadual de Minas Gerais – Ituiutaba E-mail: henrique.mahchado@uemg.br. ⁴Doutor e professor da Universidade Federal de Viçosa E-mail: andre@ufv.br. ⁵Doutor e professor aposentado da Universidade Federal de Viçosa E-mail: liovandomc@yahoo.com.br.
Artigo recebido em 13/06/2021 e aceito em 09/02/2022

RESUMO

Os solos antropogênicos são o resultado da modificação ou formação de aspectos físicos, químicos e morfológicos a partir da ação humana (antropogênese), especificamente na época Antropoceno, sobre solos ou ambientes naturais, seja adicionando ou retirando materiais na superfície terrestre, formando pedons ou corpos tridimensionais artificiais. Estes solos possuem uma diversidade de fatores na sua formação, entre os quais o período de tempo da sua formação, o tipo de alteração na constituição química, principalmente a adição de materiais orgânicos e inorgânicos e nas propriedades físicas e morfológicas, tais como textura, compactação, decapeamento e cor. A análise e estudos destes solos ainda podem ser consideradas complexas, em função principalmente das variáveis envolvidas e do material atualmente disponível para seu estudo. Neste contexto, existe uma forte discussão a nível acadêmico sobre a conceituação dos solos formados pela ação humana e principalmente a distinção destes. Desse modo, este artigo tem como base realizar um levantamento e discussão sobre os conceitos e características referentes aos três principais tipos de solos antropogênicos existentes no território brasileiro: arqueoantrossolos (Terra Preta de Índio e Sambaquis), antropossolos e solos urbanos. Portanto, o objetivo é realizar uma revisão, discussão e distinção para o conceito, e as características vigentes de cada tipo de solo antropogênico, abordando as principais e mais observadas características físicas, químicas e morfológicas detectadas em estudos voltados para estes tipos de solos.

Palavras-Chave: Antropogênese, arqueoantrossolos, antropossolos e solos urbanos.

Anthropogenic Soils: soils resulting from human action in perspective to the Anthropocene

ABSTRACT

Anthropogenic Soils are the result of the transformation or formation of physical, chemical and morphological aspects from the human action (anthropogenesis), specifically in the Anthropocene epoch, over soils or natural environments, either by adding or removing materials on the earth's surface, forming pedons or three-dimensional artificial bodies. These soils have a diversity of factors in their formation, such as the time of their formation, the type of alteration in the chemical constitution, mainly the addition of organic and inorganic materials and the physical and morphological properties, such as texture, compaction, tailing disposal and color. The analysis and studies of these soils can still be considered complex, mainly due to the variables involved and the material currently available for their study. In this context, there is a strong discussion at the academic level about the conceptualization of the soils formed by human action and especially the distinction of these. Thus, this article is based on a survey and discussion about the concepts and characteristics of the three main types of anthropogenic soils existing in Brazil: arqueo-anthrosols (Amazonian Dark Earth and Sambaquis/shell middens), anthrosols and urban soils. Therefore, the objective is to perform a review, discussion and distinction for the concept, and the current characteristics of each type of anthropogenic soil,

addressing the main and most observed physical, chemical and morphological characteristics detected in studies aimed at these types of soils.

Key-words: Anthropogenesis, arqueo-anthrosols, anthrosolos and urban soils.

Introdução

Os processos antropogênicos tendem a realizar significativas alterações nos sistemas naturais da superfície terrestre, formando um sistema denominado de antroposfera (Baccini e Brunner, 2012), caracterizado como sendo um ambiente físico construído e (re)organizado pelas ações humanas sobre os sistemas naturais.

Nesta perspectiva, a atividade humana vem alterando as formas e os componentes dos sistemas naturais presentes na superfície terrestre, construindo e alterando feições e ambientes que são categorizados como antropogênicos (Peloggia, 2019; Tarolli et al., 2019; Castree, 2021), além de mudanças na composição química destas áreas (Xavier et al., 2019; Teixeira et al., 2021).

Em relação à porção superficial da litosfera, as ações humanas provocam mudanças nas dinâmicas dos meios físico e biótico, que possuem uma relação direta com o avanço tecnológico e os hábitos da sociedade moderna (Stern et al., 1996; Giddings et al., 2002; Tortell, 2021).

De acordo com Binkley (2019), Head (2019) e Head et al. (2021), desde o início do antropoceno a influência da ação humana sobre os solos vem aumentando, onde esse aumento tende a continuar ocorrendo. Assim, os solos antropogênicos são um exemplo de como a natureza é alterada pela ação humana (Krause et al., 2021), tornando-se onipresentes na superfície terrestre e ao mesmo tempo, em geral, ainda pouco introduzidos nas pesquisas de pedogênese e classificação de solos (Ureta e Otaegui, 2021).

Em razão das alterações supracitadas, este artigo tem como objetivo realizar um panorama de revisão, discussão e distinção sobre questões conceituais básicas que abrangem os principais tipos de solos antropogênicos (Howard, 2017), entendidos aqui como solos formados a partir da ação humana, definida como antropogênese ou antropedogênese (Richter, 2019), que podem gerar alterações físicas, químicas e morfológicas nos mesmos, os quais podem ser distinguidos em: arqueoantrossolos (Kämpf e Kern, 2005; Corrêa, 2007; Silva, 2018; Hilbert e Soentgen, 2020), antropossolos/tecnossolos (Krause et al., 2021; Teixeira et al., 2021) e solos urbanos (Craul, 1985a; Pedron et al., 2004; Costa et al., 2019; Poyat et al., 2020).

O desenvolvimento dos solos antropogênicos está compreendido temporalmente na época geológica designada como Antropoceno (Huot et al., 2015; Head, 2019; Zalasiewicz et al., 2019) onde o surgimento destes solos deve ser considerado como o “golden spikes” para sinalizar o início dessa época geológica (Certini e Scalengui, 2011; Richter, 2019). Oliveira et al., (2005) argumentam que o termo Tecnógeno (Antropoceno) é advindo da alteração do ambiente, que inclui os solos, pela ação das técnicas humanas, pretéritas e atuais, ao qual o termo Antropoceno foi proposto a partir da década de 2000 (Crutzen e Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Head, 2019).

Desenvolvimento

Solos Naturais e Antropogênicos

O estudo da origem e formação dos solos é feito na *pedologia* (*pedon* = terra e *logia* = estudo), campo de estudo recente, com menos de 200 anos de história, iniciado por Dokuchaev (1846-1903). Sendo o solo natural designado como um corpo tridimensional (*pédon*) espacializado pela superfície terrestre (*polipédon*), composto por camadas ou horizontes sobrejacentes desenvolvidos naturalmente sobre o material de origem (rocha ou sedimentos/depósitos).

Atualmente, dentre as diversas definições de solo, com viés natural, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2018) é quem define o conceito mais utilizado no Brasil. Segundo o SiBCS, o solo é “uma coleção de corpos naturais constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos...”, que são provenientes de materiais minerais e/ou orgânicos, sendo suporte para matéria viva, incluindo organismos vegetais e animais como, micro e macroorganismos, aos quais podem ser alterados pela ação humana.

A formação de solos naturais é proveniente da ação conjunta de alguns fatores, como fora inicialmente sugerido por Dokuchaev (1846-1903) e sistematizado por Jenny (1941), os quais são: material de origem, clima, relevo, organismos e tempo. Sobre essa ação conjunta dos fatores de formação ocorrem os processos primordiais de desenvolvimento dos solos, a pedogênese.

Havendo processos físicos, químicos e biológicos no substrato que vão dar origem aos solos.

Estes cinco fatores citados integram a base da visão da pedologia clássica, onde a sociedade, mesmo com sua capacidade de trabalho teleológica é considerado na pedogênese, em teoria, como um organismo vivo, de maneira análoga em essência e intensidade aos demais organismos, como bactérias, fungos, térmitas ou vegetais.

Jenny (1941) compreendia a ação humana na pedogênese a partir de ações têmporo-espaciais bastante restritas. Para o autor, estas ações poderiam ser divididas em duas: (i) eliminando a cobertura vegetal natural e consequentemente alterando o pedoclima; e (ii) promovendo práticas agrícolas que alteram as características dos solos.

A elucidação de Jenny (1941) tocava somente a temática de alteração de solos naturais,

não chegando à perspectiva da formação de solos antropogênicos.

Como exemplo desta escola clássica, Dagnino (2005) mensura a participação humana no processo de formação de um solo como sendo responsável por parte da contribuição dos organismos vivos (Tabela 1), onde designa o Homem como sendo proporcional, em teoria, a apenas ¼ deste fator.

O conceito de solos antropogênicos se baseia em qualquer alteração física, química e ou morfológica significativa sobre os solos que sejam provenientes de ações humanas, distinguindo esses pacotes pedológicos alterados dos solos de formação natural, onde os processos pedogenéticos já estejam presentes.

Tabela 1. Esquema teórico da diferença dos fatores de formação para solos naturais e antropogênicos, derivado da proposição de Dagnino (2005).

Fatores de Formação de Solos	
Solos Naturais (Visão Clássica)	Solos Antropogênicos (Visão Crítica)
I – Material de Origem	I – Material de Origem
II – Relevo	II – Relevo
III – Clima	III – Clima
IV – Tempo	IV – Tempo
V – Organismos . Microorganismos (micro-flora, micro-fauna) . Vegetais Superiores (macro-flora) . Animais (macro-fauna) . Homem (sociedade)	V – Organismos . Microorganismos (micro-flora, fauna) . Vegetais Superiores (macro-flora) . Animais (macro-fauna)
-----	VI – Homem

De acordo com Kämpf e Kern (2005), em consonância com os apontamentos de Jenny (1941), o processo de formação de solos naturais pode ser expresso pela equação $S = f(c, o, r, m, t)$, onde a pedogênese (S) é derivada da interação entre os fatores clima (c), organismos (o), relevo (r), material de origem (m) e tempo (t).

A formação de solos antropogênicos pode ser expressa adaptando a equação anterior pela equação $S = f(a)_{c, o, r, m, t}$, onde a ação humana (a) se torna o principal fator de formação destes solos, influenciando os demais fatores, dando uma nova dinâmica ou reiniciando ao tempo zero o processo de pedogênese (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação entre os fatores de formação de solos naturais e antropogênicos.

SOLOS NATURAIS	SOLOS ANTROPOGÊNICOS
$S = f(c, o, r, m, t)$	$S = f(a)_{c, o, r, m, t}$
S = interação entre os fatores f = função c = fator clima o = fator organismos r = fator relevo m = fator material de origem t = fator tempo	S = interação entre os fatores f = função a = ação humana c = fator clima o = fator organismos r = fator relevo m = fator material de origem t = fator tempo

Cada tipo de solo antropogênico (arqueossolos, antropossolos e solos urbanos) possui propriedades específicas, que são possíveis de serem evidenciadas somente no seu caráter de

Visão Clássica versus Visão Crítica para a classificação da ação humana em solos

Um exemplo no Brasil, com relação à visão clássica da influência da ação humana no solo é a 3ª edição do SiBCS (EMBRAPA, 2013), que atribuiu o termo antrópico somente para 2 casos:

I) O primeiro caso é referente ao horizonte diagnóstico superficial “A Antrópico”, voltado para a ordem dos Latossolos. Ao qual é designado como um horizonte modificado pelo uso humano através de residência ou de cultivos em período prolongado de tempo, adicionando materiais antropogênicos minerais ou orgânicos ao solo, tais como restos de artefatos cerâmicos, líticos e/ou alimentícios (EMBRAPA, 2013).

II) O segundo caso que o termo antrópico é aplicado refere-se à ordem dos Gleissolos Tiomórficos Órticos Antrópicos (4º nível categórico, subgrupos), onde “antrópico” neste SiBCS (EMBRAPA, 2013) ainda se encontrava em fase de avaliação, indicando que são “solos alterados por atividades de mineração, construção de estradas, dragagens ou outras operações de movimentos de terras para fins não agrícolas” (EMBRAPA, 2013).

Na 4ª edição do SiBCS (EMBRAPA 2014), o termo “antrópico” é considerado nas classes do 4º nível categórico (subgrupos), onde além da ordem dos Gleissolos Tiomórficos Órticos Antrópicos, é inserido as seguintes ordens: i) Latossolos Amarelos Distrocóses antrópicos e ii) Latossolos Amarelos Distróficos antrópicos.

Na 5ª edição do SiBCS (EMBRAPA, 2018) o termo “antrópico” aparece como pertencente ao conceito de “extraordinário”, acrescentando mais duas ordens de solos, somando-se à edição anterior: i) Argissolos Amarelos Distróficos plintossólicos antrópicos e ii) Argissolos Vermelhos Eutróficos abrupticos latossólicos antrópicos (EMBRAPA, 2018).

Para todos os solos ao qual o termo “antrópico” no atual SiBCS (EMBRAPA, 2018) aparece, se refere especificamente ao horizonte “A Antrópico”, onde não há evidência de termos vinculados à formação de solos, mas sim termos que designam alterações ou modificações de características em seu horizonte superficial.

formação *in loco*, ao qual compreende a localização geográfica e as finalidades de usos, pretéritos e/ou atuais, do ambiente pelo agente humano.

O SiBCS (EMBRAPA, 2013; 2014; 2018) salienta que o homem é apenas um agente modificador de solos ou um fator de formação somente do horizonte A Antrópico. Quanto aos termos formação e modificação de solos, é necessário compreender que estes apresentam significados distintos para a pedologia.

Ambos os termos são ações realizadas pelo agente humano, mas a formação é designada ao conjunto de processos que dão origem a um solo e o termo alteração se refere a um ou mais componentes (físicos, químicos e morfológicos) do solo que são alterados, sem que tal alteração provoque a formação de um novo solo. Ao longo do artigo a diferença dos dois termos será demonstrada pelos exemplos citados.

Como um exemplo direto, o SiBCS (EMBRAPA, 2013; 2014; 2018) destaca a ação do agente humano somente no horizonte A Antrópico, não reconhecendo o agente antropogênico como fator direto na formação de novos solos, com propriedades físicas, químicas e morfológicas distintas dos solos naturais. Enquanto diversos sistemas de classificação, tais como a Soil Taxonomy e a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) reconhecem a formação desses solos antropogênicos (Dias, 2017).

No caso de o agente antropogênico ser considerado um fator de formação, um conceito de transição na pedologia se dá pelo termo “*anthrosols*” (FAO, 2015), também discutido por Lepsch (2002), que os definem como sendo solos que apresentam muitas evidências de atividades humanas (adição de matéria orgânica, aterro, nivelamento do terreno, irrigação) em que são modificados na parte mais superficial do perfil, em torno de até 1 metro de profundidade, e são resquícios de onde se estabeleceram pequenos grupos humanos por um longo período de tempo.

Esse conceito utiliza o termo modificação, que se aplica muito bem no Brasil, em parte, aos solos conhecidos como Terra Preta de Índio (TPI), encontrados na Amazônia, e os sambaquis, encontrados nas planícies litorâneas e nas planícies fluviais amazônicas. Já para Corrêa (2007) esses solos antropogênicos são denominados como arqueossolos.

Quanto ao termo antropossolos, Curcio et al., (2004) designam que esses solos

antropogênicos são de origem recente ou atual, sendo consequência de maior pressão humana a partir da inserção de aparato tecnológico e intensidade de uso sobre a superfície terrestre.

E os solos urbanos ocorrem especificamente em áreas urbanizadas (Silva et al., 2011), onde as ações humanas podem alterar características químicas, físicas e morfológicas devido à necessidade de adaptar este espaço aos seus usos e ocupações. Ocasionalmente variado grau de alteração de acordo com a intensidade e/ou necessidade do tipo de uso (indústrias, moradias, parques urbanos e outras formas de ocupação).

Arqueoantrossolos – solos antropogênicos seculares e milenares

Os arqueoantrossolos são solos antropogênicos formados por civilizações indígenas em período de tempo que se compreende entre alguns milhares de anos, a partir de grupos humanos que migraram pela América do Sul cerca de 15.500 anos antes do presente (Cramon-taubadel et al., 2017; Souza et al., 2020), correspondendo à arqueoantrossolos milenares derivados da fase inicial de sedentarização indígena até arqueoantrossolos seculares (Corrêa, 2007; Kämpf e Kern, 2005).

A diminuição de formação desses arqueoantrossolos teve início com a inserção europeia sobre a América, principalmente em território brasileiro, que dizimou indígenas em áreas litorâneas e posteriormente amazônicas, sendo os locais da presença dos sambaquis, das TPI e das Terras Mulatas, respectivamente (Corrêa, 2007).

Os sítios de sambaquis e principalmente de TPI junto as Terras Mulatas possuem maior extensão espacial, portanto, maior

representatividade. Vasconcelos (2013) salienta que existem outros arqueoantrossolos presentes em outros tipos de sítios arqueológicos, porém possuem uma pequena expressão espacial quando comparados aos anteriores. Tal como na região semiárida brasileira, onde Souza et al. (2020) estudam quatro perfis na região do Cariri, definindo-os como contemporâneos às TPI amazônicas.

Os sambaquis (Figura 1) podem ser encontrados desde a faixa litorânea do Rio Grande do Sul até o litoral paraense, com ausência na costa do Maranhão e Rio Grande do Norte, estando sempre associados a ambientes abundantes em alimentos na área litorânea ou em sistemas flúvio-lacustres interioranos da Amazônia, onde concentravam-se na região do Baixo Amazonas (Corrêa, 2007). Já as TPI (Figura 2) são encontradas exclusivamente na Amazônia, onde também possuem designações como “Amazonian Dark Earth, Terra Preta Antropogênica e Terra Preta Arqueológica” (Kämpf, 2003).

Ambos os arqueoantrossolos supracitados são registros pré-históricos da ocupação humana na América do Sul. Segundo Denevan (2001), o registro da ação humana pré-histórica no solo pode ser observado na forma de dois tipos de alterações: i) visíveis na superfície do terreno, como construções de terra e outros materiais (p.e., sambaquis) ou escavações (canais, fossos e estradas), e ii) não visíveis na superfície do terreno, mas detectáveis por estratigrafia, análise química do solo, palinologia e outros procedimentos arqueológicos e de análises pedológicas (físicas, químicas, morfológicas e mineralógicas).

O registro e a existência atual desses solos antropogênicos só são possíveis, de acordo com Figuti (1999), devido a ocorrência de ambientes que possuam pH neutro ou básico, indicando pouca atividade de H^+ no meio.

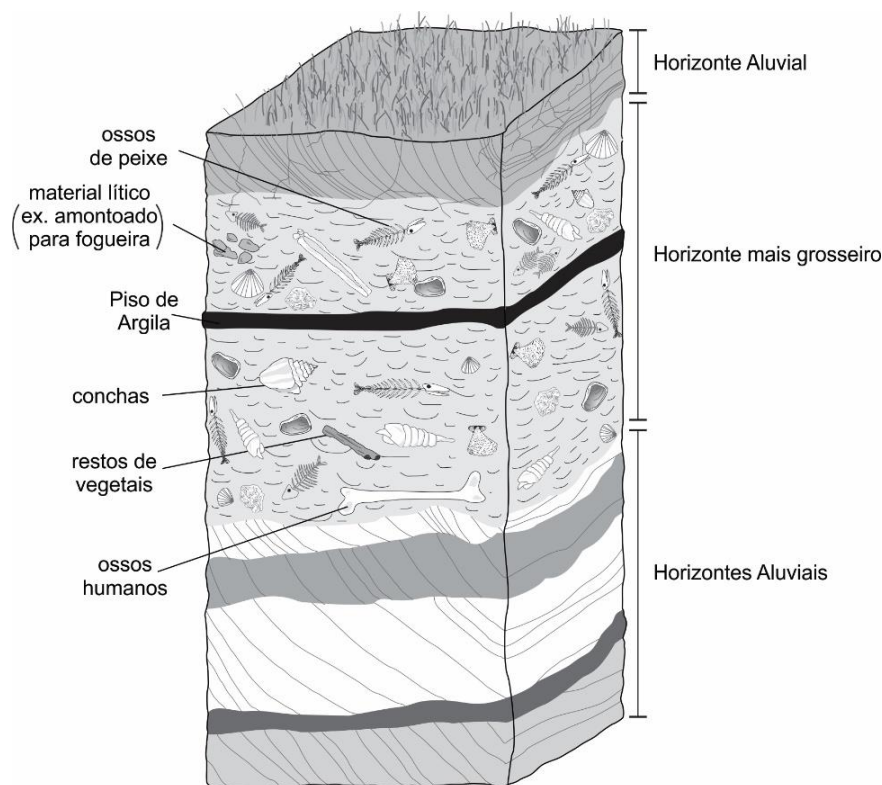


Figura 1. Perfil esquemático de um Sambaqui.

Esses ambientes com pH neutro ou básico são formados a partir das características de pH dos próprios materiais depositados, ao qual é um aspecto ideal para que ocorra a preservação ou baixa velocidade de decomposição de resquícios de materiais humanos provenientes de ações que ocorreram há séculos ou milênios, como os sambaquis e as TPI, que são formadas em paleoambientes compreendidos, temporalmente, no Holoceno.

Os locais que apresentam arqueoantrossolos serviram como sítios de assentamento de civilizações, em geral, de grande período de permanência (sedentarização), apresentando acúmulo de grandes volumes de materiais resultantes da atividade humana. Kämpf e Kern (2005) destacam que esses materiais podem

ser de origem animal (ossos, conchas, sangue, fezes) ou vegetal (palmeiras).

A utilização do fogo era prática comum das antigas civilizações, tanto de índios marisqueiros quanto de ceramistas, deixando resíduos de matéria orgânica de combustão incompleta, carvão e cinzas (Sousa et al. 2020), junto ao solo, resíduos ricos em nutrientes, como P, Ca, Mg e teor expressivo de carbono orgânico. Taube Júnior (2013) encontrou como principais compostos orgânicos, relacionados a matéria orgânica (MO) de TPI, ácidos monocarboxílicos insaturados, ramificados e insaturados, hidroxiácidos e álcanóis (álcoois lineares n-saturados), informando a importância destes compostos na incorporação de MO nas TPI e em Terras Mulatas

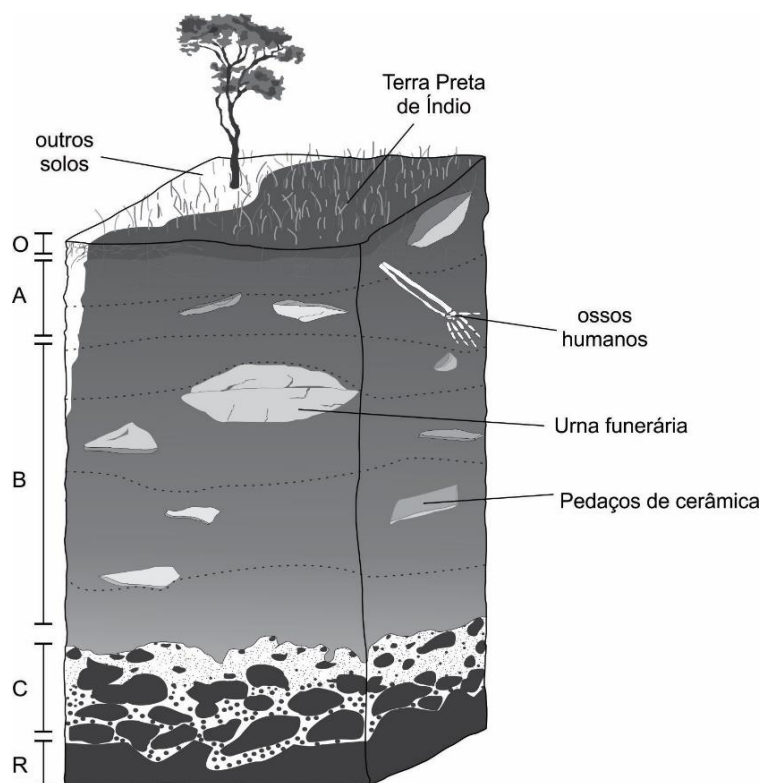


Figura 2. Perfil esquemático de uma Terra Preta de Índio. Horizontes: O = horizonte ou camada superficial, de constituição orgânica; A = mineral superficial, com concentração de matéria orgânica decomposta; B = subsuperficial de acumulação de argila, Si, Fe, Al e constituintes minerais ou de sesquióxidos, com desenvolvimento estrutural; C = mineral de material inconsolidado pouco afetado por processos pedogenéticos; R = camada mineral de material consolidado. A figura denota dois horizontes B, a esquerda é de origem antropogênica e o da direita é de origem natural.

Ambos os arqueossolos tendem a possuir elevado valor de fertilidade (Xavier et al., 2019), mesmo após períodos de até aproximadamente 500 anos de abandono (Kern & Kämpf 1989; Lima et al. 2002; Ibraimo et al. 2004).

Desse modo, Denevan (2001) salienta que as TPI se distinguem dos demais solos amazônicos, principalmente argissolos e latossolos de baixa fertilidade presentes nas áreas de terra firme, por apresentarem altos valores de pH, P, Ca, Mg, Zn, Mn, capacidade de troca de cátions (T) e saturação por bases (V). Ao qual os elementos Ca, Mg, Zn e especialmente P são caracterizados como sendo indicadores geoquímicos de horizontes antropogênicos (Silva et al., 2011).

Para os arqueossolos os teores de P disponível podem ser bastante elevados, normalmente ultrapassando 500 mg kg^{-1} , sendo um tipo de solo que se encontra entre os que possuem maiores valores de P já estudados dentro da pedodiversidade de solos presentes no território brasileiro. Consequentemente, os valores de T e V também se apresentam elevados. Os solos de sambaquis também podem apresentar altos valores

para o Índice de Saturação por Sódio (ISNa), proveniente de influência marinha, como o “spray” salino, apontado por Ibraimo et al. (2004).

Quanto à textura, de acordo com Corrêa (2007), nos sambaquis há predominância da fração areia, derivada da influência de transporte por fatores eólicos pelo fato de boa parte dos índios marisqueiros habitarem costões rochosos cravados em cordões naturalmente arenosos. Ocorre também a existência abundante de fragmentos grosseiros ($> 2 \text{ mm}$), derivados da ação humana e, em alguns casos, também existe a presença de pisos de argila (Tenório et al., 2005).

Os pisos de argila, mais comuns em sambaquis (Barbosa 1999), se destacam devido a descontinuidade da textura que se dá entre os horizontes, onde os pisos de argila apresentam altos valores da fração argila, enquanto nos demais horizontes a fração areia predomina.

Quanto à cor, de acordo com Corrêa (2007), “todos os horizontes onde houve ocupações diretas de povos Pré-Históricos, o valor e croma das cores dos horizontes foram menores”, sendo a matéria orgânica o principal influenciador nas cores predominantes, que variam de cinzento-

escuro (10YR 4/1) a preto (2,5Y 2/1). Assim, esses são os padrões de cores característicos tanto para os sambaquis quanto para as TPI.

Além das TPI na Amazônia, existem as chamadas “Terras Mulatas”, que também são derivadas da ação humana. As “Terras Mulatas” possuem maior extensão espacial, ao qual é resultante de menor tempo de cultivo e menor quantidade de materiais antropogênicos adicionados ao solo, onde geralmente se encontram na periferia das TPI “representando cultivos semi-intensivos, enquanto as TPI, cultivos intensivos e prolongado uso de adubações” (Corrêa, 2007).

Quanto à classificação dos arqueossolos, alguns trabalhos buscaram definir uma classificação arqueopedológica (arqueologia e pedologia com ênfase na classificação). Entre os quais, foi criada a proposta “Legenda de Classificação Arqueopedológica” (Kämpf et al., 2003), com o intuito de promover, a partir da interdisciplinaridade de áreas de pesquisa, a categorização desses arqueossolos em grupos específicos.

Kämpf et al. (2003) salientam que existem restrições para a classificação por insuficiência de dados, mas é oportuno e válido propor termos para uma classificação específica para as TPI, adaptando termos de sistemas de classificação de solos já existentes como o SiBCS, U. S. Soil Taxonomy e World Soil Resource - WRB.

Solos Urbanos – espaços urbano e suburbano

A perspectiva de compreensão de solos criados e modificados pelo processo de urbanização, portanto, compreendidos dentro dos limites de áreas urbanas, tem como agente predominante a atividade humana (antropogênese).

Os primeiros trabalhos realizados com objetivo da compreensão de solos urbanos são provavelmente os de Zemlyanitsky (1963), Bockheim (1974) e seguindo nesta perspectiva, os de Craul e Klein (1980), Craul (1985a; 1985b; 1992; 1999), Stroganova e Agarkova (1993), Madrid et al. (2002), Pedron et al. (2004), Ruiz-Cortés et al. (2005), Scheyer e Hipple (2005), Silva (2011), CHEN et al. (2014), Yang e Zhang (2015), Burghardt et al. (2015), Costa et al. (2019), Poyat et al. (2020).

A definição proposta por Bockheim (1974), apropriada e útil para os solos urbanos segundo Craul (1985a), compreende o resultado das diversas formas de alteração do solo no espaço urbano, definindo-o como um horizonte artificial e superficial com espessura mínima de 50 cm, não agrícola, formado por “mistura, enchimento ou

contaminação da superfície terrestre em áreas urbanas e suburbanas” (Bockheim, 1974).

Craul (1985a), seguindo essa perspectiva, expõe oito características possíveis de serem encontradas em solos urbanos. Estas características, segundo o autor, são: i) grande variabilidade vertical e espacial; ii) estrutura do solo modificada que leva à compactação; iii) presença de uma crosta superficial no solo nu, geralmente hidrofóbico; iv) reação modificada do solo, geralmente elevada; v) aeração e drenagem de água restritas; vi) interrupção do ciclo de nutrientes e a atividade modificada dos organismos do solo; vii) presença de materiais antrópicos e contaminantes; e viii) regime de temperatura do solo modificada (Poyat e Trammel, 2019).

Pode ser acrescentado a essas características a alteração do pH dos solos, possuindo forte tendência à alcalinidade (Silva, 2011; Costa e Peloggia, 2019) e tendência de variabilidade ou descontinuidade dos valores químicos em horizontes com direta influência humana em relação à horizontes derivados da evolução natural do ambiente anterior à urbanização. Costa e Peloggia (2019) detectaram alta variabilidade para os valores de Zn (290%), para o Ph e outros caracteres químicos, apresentando alta complexidade e heterogeneidade dos solos da área urbana de seu estudo.

Em relação aos solos urbanos, Pedron et al. (2004) destacam que os termos “solos antrópicos” (atualmente solos antropogênicos) e “solos urbanos” não são equivalentes. Sendo “solos antrópicos” aqueles que são modificados pelo uso intenso e continuado do homem pela exploração mineral, agrícola e urbana. Assim, os solos urbanos estão sendo (ou podem ser) designados como uma subdivisão dos solos antropogênicos, devido à sua restrição para as áreas urbanas.

Quanto à modificação de características dos solos urbanos, Pedron et al. (2004) destacam a morfologia, a compactação, a erosão e a poluição dos solos como possíveis modificações. Tendo como maior destaque as possíveis modificações quanto às características de aumento na concentração de metais pesados, deposição de rejeitos de construção civil e industriais, além da alteração da variabilidade hídrica e térmica do solo do ambiente urbano.

Os solos em áreas urbanas (Figura 3), segundo Silva (2011), são descaracterizados a partir de decapeamentos, aterros (com diversos tipos de materiais) e impermeabilização (asfáltica ou imobiliária), tornando-se irreconhecíveis quando comparados aos solos de origem natural. Assim, o autor indica que os solos urbanos perdem

suas funções naturais, sendo suporte para edificações e de atividades de transporte. Além de valores de temperatura mais elevada, ocasionando maior evaporação com consequência de solos mais secos e de menor atividade biológica.

Quanto à contaminação dos solos urbanos, as principais causas são as indústrias, postos de combustíveis, depósitos de resíduos urbanos (Silva, 2011), lixões e aterros controlados. Sendo estas ações humanas as que possuem a capacidade de aumentar os valores de alguns elementos químicos (Cd, Zn, Cr, Pb, Ni e Fe) em níveis acima

dos encontrados normalmente em meios naturais e também dos recomendados à qualidade ambiental e da saúde humana.

Portanto, o conceito de solos urbanos está restrito às áreas urbanas, onde ocorrem alterações nos aspectos físicos (compactação, variabilidade de textura e de porosidade), químicos (pH, elementos químicos e contaminantes) e morfológicos (estrutura e cor). Sendo estas alterações as que indicam a origem humana e a artificialidade destes solos.

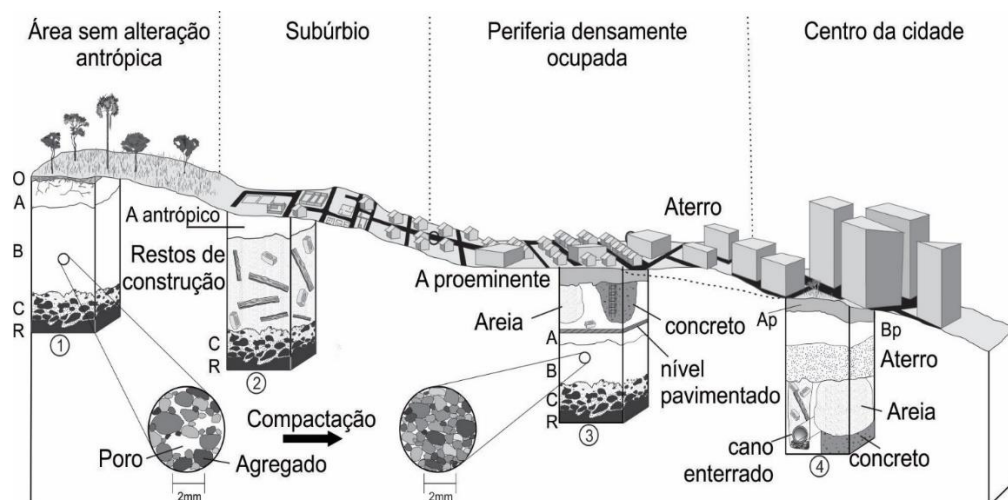


Figura 3. Esquema de solos antropogênicos de acordo com a localização em relação ao espaço urbano.

Antropossolos e Tecnossolos - época Tecnógeno recente

O termo antropossolo no Brasil é caracterizado pelo trabalho de Curcio et al. (2004), ao qual se assemelha bastante com a proposta do grupo de tecnossolos da WRB (FAO, 2015).

Segundo Curcio et al. (2004), antropossolo é definido como um “volume formado por várias ou apenas uma camada antrópica, constituído por material orgânico e/ou inorgânico” com espessura maior que 40 cm e “formado exclusivamente” (Curcio et al., 2004) por ação humana sobreposto a horizontes de solos naturais, saprolitos ou rocha. O termo antropossolo (de tradução do termo anthroposols) está incluído na classificação australiana de solos (Isbell e NCST, 2021).

Segundo Curcio et al. (2004), as áreas constituídas por volumes artificiais, criados pela ação do agente antropogênico, têm aumentado enormemente. Sendo essa ação designada de “antropogênese” (Curcio et al., 2004) ou “antropedogênese” (Richter, 2019), termos que se referem às ações humanas de forma a alterar diversos constituintes dos solos.

O conceito de tecnossolo se dá pela combinação de solos onde as propriedades e pedogênese são denominados por sua origem técnica, contendo quantidade representativa de artefatos humanos no seu volume, ou pela presença de camadas duras (rochas artificiais como concreto e asfalto) e geomembranas. Dessa forma, são solos fortemente influenciados por materiais construídos pela ação humana. Em si, os termos antropossolos e tecnossolos compreendem solos de mesma base de formação. Este artigo adotará o termo antropossolo.

De acordo com Leguedóis et al. (2018), do ponto de vista dos fatores pedogênicos, os tecnossolos (ou antropossolos) são solos artificiais formados em ambiente de clima quente úmido, onde a velocidade da pedogênese se torna mais rápida, são relativamente jovens e possuem heterogeneidade observada em perfil. Segundo o autor, os processos pedogênicos que ocorrem nos tecnossolos “estão associados a assembleias incomuns e geralmente parecem agir rapidamente” (Leguedóis et al., 2018), ocasionado em casos específicos uma velocidade mais rápida de pedogênese devido a possuírem materiais que não estão em equilíbrio com o ambiente.

A formação desse tipo de solo antropogênico não se encaixa nos arqueossolos, porque são solos formados em período de tempo mais recente, em áreas urbanas ou não urbanas (estradas, mineração, aterros, terraplanagem, entre outras ações), sendo um material originado exclusivamente a partir da ação humana, portanto, um pédon ou corpo tridimensional artificial.

Referindo-se ao Tecnógeno, atualmente designado como Antropoceno, Oliveira et al. (2005) argumentam que é nessa época que a ação humana passa a ser um agente geológico, ligado estritamente à perspectiva geológica, os autores destacam que “os novos ambientes, criados pelo homem em substituição aos ambientes passados conferem-lhe a qualidade de agente geológico” (Oliveira et al., 2005). Sendo os ambientes antropogênicos o resultado de ações humanas diversas, entre as quais a urbanização, agricultura, mineração, barragens, estradas e ferrovias.

Oliveira et al. (2005) analisam essa época pela perspectiva Geológica, mas pode ser pensado também na perspectiva pedológica, sendo o solo um substrato presente na paisagem e passível de ser transformado não somente pelos agentes intempéricos, mas também pela ação do agente antropogênico (Peloggia, 1998; Pedron et al., 2004; Certini e Scalengui, 2011; Richter, 2019). Dessa forma, se o homem passa a ser um fator de alteração geológico, pode também ser considerado um agente ou fator de formação pedológico, como discutido por Kämpf e Kern (2005), apresentado na Tabela 2.

Um dos precursores desses estudos voltados à compreensão da época em questão, ainda na perspectiva do termo Tecnógeno, é Ter-Stepanian (1988), que ao tomar conhecimento das mudanças ocasionadas pela ação humana, passa a denominá-la como um “novo e inesperado agente geológico”. Onde designa que o Holoceno é o início do Antropoceno, ao qual deve ser compreendido como a época de transição do Pleistoceno ou Quaternário para o Quinário ou Antropoceno (Ter-Stepanian, 1988). Atualmente, como salienta Head (2019), em análise da subdivisão aceita do Quaternário, mostra que Quinário não é considerado, mantendo a época Antropoceno como a formal subdivisão cronoestratigráfica dentro do período Quaternário.

De acordo com Oliveira (1995), essa época marcaria a forte influência da ação humana sobre “as novas coberturas pedológicas... que se encontram em processo de geração”, os antropossolos ou tecnossolos, e que neste momento, o Antropoceno, é designado como uma

época ao qual a atividade humana se torna “qualitativamente diferenciada” (Cassetti, 2005) de qualquer outra atividade biológica ou natural, tendo os processos antropogênicos uma intensidade e velocidade superior aos processos naturais.

Referente a esse pensamento de inserção do Antropoceno, com modificações não somente na Biosfera, mas também na Litosfera, Hidrosfera e Atmosfera, segue-se um esquema (Figura 4) proposto por Ter-Stepanian (1988) que apresenta uma cronologia com base na inserção do Antropoceno como época e a relação com as paisagens naturais e/ou antropogênicas.

PERÍODO	ÉPOCA	PAISAGENS
Quinário	Antropoceno	Antropogênica
Quaternário	Holoceno 0.0117 Ma AP	Natural
	Pleistoceno 2.588 Ma AP	

Figura 4. Ilustração Cronológica da proposta conceitual de Ter-Stepanian (1988) alterado com a inclusão dos termos Antropoceno e antropogênica. Fonte: Oliveira et al. (2005).

Nesse sentido, Peloggia (1998) destaca que a ação humana é transformadora e ativa sobre a natureza, modificando-a e criando novas condições ambientais para proveito humano, tirando as vantagens, removendo os obstáculos e enfim, “humanizando-a” (Peloggia, 1998) ou ao que Santos (1996) define como “natureza socializada”.

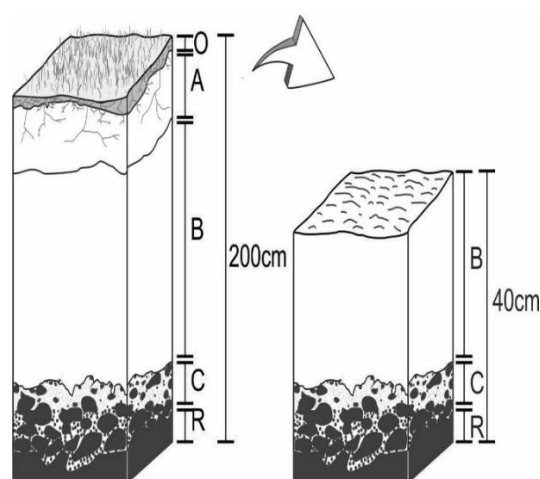


Figura 5. Perfil esquemático de antropossolo Decápico, com a remoção dos horizontes superficiais de um determinado tipo de solo.

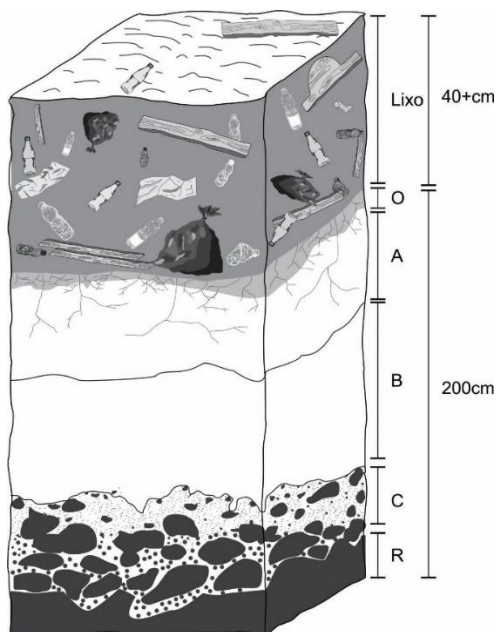


Figura 6. Perfil esquemático de um Antropossolo Lítico, com deposição de materiais orgânicos, inorgânicos e materiais minerais sobre e misturados ao solo.

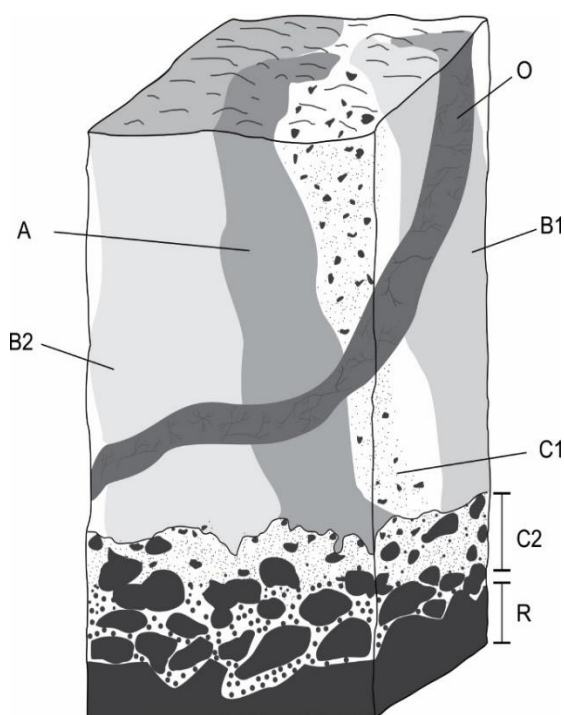


Figura 7: Perfil esquemático de um Antropossolo Móbilico, com a mistura de horizontes, ocasionando a mobilização dos horizontes em posições diferentes do seu desenvolvimento natural.

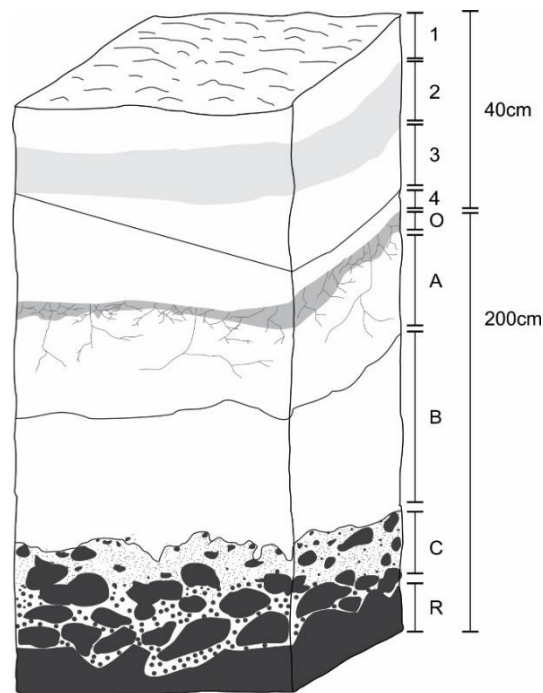


Figura 8: Perfil esquemático de Antropossolo Sômico, onde houve a adição de horizontes antropogênicos (1, 2, 3 e 4) sobre um perfil de solo natural com seus horizontes (A, B, C e R).

Segundo nessa perspectiva, Peloggia (1998; 2018) argumentam que a ação humana provoca alterações nas características naturais da paisagem e das esferas naturais, podendo ter consequências passíveis de abordagem sob três níveis: I – Formas – modificações no relevo e nas alterações fisiográficas da paisagem; II – Processos – alterações na fisiologia das paisagens; III – Depósitos Superficiais – solos formados pela atividade humana.

Os depósitos superficiais (nível III), aos quais atualmente podem ser caracterizados como depósitos tecnogênicos, de acordo com Peloggia (2018) e que são reconhecidos como um material geológico (Peloggia, 2003). Onde o nível III deve ser atualizado para: depósitos superficiais – mobilização de materiais pela atividade humana; pois entende-se que depósitos superficiais não são solos. São em si, um material de origem para a formação de novos solos (Peloggia 1996), nesse caso, um material de origem específico para os antropossolos ou demais solos antropogênicos.

Segundo Curcio et al., (2004), “para que possa ser categorizada uma condição de antropogênese”, termo que denota a ação humana na formação de antropossolos, algumas das condições relacionadas às ações humanas devem ter ocorrido, como: inversão ou mistura de horizontes genéticos e/ou diagnósticos; presença de materiais humanos; remoção de horizontes do

solo feito pelo homem, de forma manual, por máquinas e/ou implementos; modificações na paisagem ocasionadas pelo homem através da ação de máquinas e/ou implementos; composição granulométrica e química modificadas; e presença de materiais tóxicos e/ou sépticos.

Assim, os antropossolos são formações compreendidas na época Antropoceno, com principais alterações da paisagem nas últimas décadas. Curcio et al., (2004) classificaram os antropossolos da seguinte forma: uma Ordem, especificamente a dos Antropossolos; quatro Subordens: Decapítico (Figura 5), Lítico (Figura 6), Móbilico (Figura 7) e Sômico (Figura 8); oito

Grandes Grupos (Áquico, Órtico, Totático, Parciático, Mésclico, Camático, Êquico e Inêquico) e oito Subgrupos (Tóxico, Séptico, Eutrófico, Distrófico, Alumínico, Homogêneo, Heterogêneo e Saprolítico).

Os critérios de classificação para os solos com influências humanas em sua gênese ainda permanecem em construção, assim como seus próprios conceitos. Entretanto, referências, critérios e aproximações para a construção de uma chave de classificação já são possíveis de serem encontradas (Tabela 3).

Tabela 3. Referências, aproximações e critérios para consulta sobre a influência humana na gênese de solos antropogênicos.

Ordem	Escala temporal	Subordem	Crítérios	Exemplos brasileiros descritos
Arqueoantrossolos	12.000 - 500 anos A.P.	-	Vestígios arqueológicos em meio à matriz pedológica passível de datação ou que seja passível de dedução lógica para o período temporal recortado; Restos de alimentos e de utensílios que indiquem a permanência de dada população durante tempo suficiente para depósito do material; Altos teores de P, Ca, Mg e C orgânico comparados com solos próximos à área de sua ocorrência. (Sousa, 2016; Kämpf e Kern, 2005).	Sambaquis da fachada atlântica; Terra preta de índio ou Terra Preta Arqueológica; Terra Mulata; sítios arqueológicos de menor expressão espacial – Abrigo de Santa do Riacho e Bibocas II
Solos Urbanos	500 - 10 anos A.P.	-	≥50cm de espessura; grande variabilidade vertical e horizontal na morfologia, química e física (Craul, 1985a; Silva, 2011; Costa e Pelligia 2019); não ter uso agrícola; Mistura de materiais de diferentes origens (concreto, madeiras, vigas de ferro, e outros materiais de construção) (Bockheim, 1974; Craul, 1985a); pH alcalino.	Centro urbano de Cananéia (SP); Solos da cidade baixa - Salvador (BA); Centro de Vila Velha (ES).
	220 - 10 anos A.P. ou menos.	Decapítico	Quando um horizonte superficial for totalmente removido a partir de práticas humanas na superfície do solo (Curcio et al., 2004; Teixeira, 2015; Teixeira et al. 2021).	Solos às margens de novas rodovias utilizados durante pavimentação; Guarapari (ES)
		Lítico	Vestígios de depósito de lixo de diferentes tipologias (orgânico e inorgânico) em quantidades superiores à capacidade de decomposição e incorporação natural dos resíduos ao solo	Praça Victor Civita, Pinheiros (SP); Morro do Bumba, Niterói (RJ); Linha Vitória, Concórdia (SC); Guarapari (ES).

Antropossolos		(Curcio et al., 2004; Teixeira, 2015; Teixeira et al. 2021).	
	Mobilico	Intensa movimentação e rearranjo dos horizontes. Horizontes dispostos em posições incomuns (vertical, diagonal). Pouca ou nenhuma alteração química quando comparada a solos não alterados pela atividade humana no entorno (Curcio et al., 2004; Ureta e Otaegui, 2021).	-
	Sômico	Horizontes antropogênicos adicionados acima de qualquer solo com desenvolvimento pedológico "natural". (Curcio et al., 2004, Teixeira, 2015; Teixeira et al. 2020)	Guarapari (ES)

Conclusões

O ser humano é um agente pedogenético relevante, capaz de modificar as características químicas (aumento dos valores de diversos elementos químicos), físicas (compactação, impermeabilização e textura distinta da área) e morfológicas (perfis distintos de qualquer tipo de formação natural) dos solos. Tornando-se um fator de formação de solos que influencia na construção de feições únicas e irreplicáveis quando comparadas à pedogênese em meio natural.

Os conceitos aqui apresentados são referentes aos tipos de solos que são derivados de fatores de formação regidos sob um tempo geológico e natural (solos) e/ou artificial, subordinado a um tempo histórico (solos antropogênicos).

O fato de a gênese de solos antropogênicos envolver a artificialidade do fenômeno não exclui a relevância e coparticipação dos fatores de formação naturais. Todavia, uma vez que a alteração humana é interrompida, os fatores naturais tendem a homogeneizar as interferências e produzir um solo que guardam em si algumas evidências desta alteração, como é possível de se observar nos arqueossolos.

Os solos antropogênicos são formados em ambientes alterados pela ação humana, em si para uso humano, como a urbanização, agropecuária, mineração, estradas, barragens e portos. Onde o ambiente não é mais puramente natural, mas sim antropizado, ao qual os solos antropogênicos possuem distinção sobre o tempo de formação,

sobre o tipo de área onde é formado, tal como a diferença entre antropossolos e os solos urbanos.

Assim, em cada ambiente os fatores responsáveis pela formação dos solos antropogênicos se dão pela distinção das ações humanas, em razão das técnicas, do tipo de área e do período de formação, distinguindo-se os solos antropogênicos em solos urbanos, antropossolos e arqueossolos, conjuntamente às demais classes categóricas derivadas desses tipos.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem o apoio dos departamentos de Geografia e Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa; a CAPES e o CNPq pelo apoio financeiro para execução da pesquisa.

Referências

- Baccini, P., Brunner, P.H. 2012. Metabolism of the anthroposphere. Second edition. Cambridge, MA: MIT Press
- Barbosa, M. 1999. Reconstituição espacial de um assentamento de pescadores-coletores-caçadores: pré-história do Rio de Janeiro. In: Pré-história da Terra Brasilis, p. 205-221
- Binkley, D. 2019. Forest soils in the Anthropocene. Development in Soil Science, 36, 9-26
- Bockheim, J.G. 1974. Nature and properties of highly disturbed urban soils, Philadelphia,

- Pennsylvania. Paper presented before Div. S-5, Soil Science Society of America, Chicago, Illinois.
- Burghardt, W., Morel, J.L., Zhang, G.L. 2015. Development of the soil research about urban, industrial, traffic, mining and military areas (SUITMA). *Soil Science and Plant Nutrition*, 61, 3-21
- Casati, V. 2005. Geomorfologia. [S.I.]. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~santos/Geomorfologia_Geologia/Geomorfologia_ValterCasati.pdf. Acesso: 22 abr. 2021
- Castree, N. "Framing, deframing and reframing the Anthropocene." 50th Anniversary Collection: Anthropocene, *Ambio*, 50, 2021
- Certini, G., Scalengue, R. 2011. Anthropogenic soils are the golden spikes for the Anthropocene. *The Holocene*, 21, 1269–1274
- Chen, Y., Day S.D., Wick A.F., Mcguire K.J. 2014. Influence of urban land development and subsequent soil rehabilitation on soil aggregates, carbon, and hydraulic conductivity. *Science of The Total Environment*, 494–495, 329-336
- Corrêa G.R. 2007. Caracterização pedológica de arqueo-antropossolos no Brasil: sambaquis da região dos Lagos (RJ) e terras pretas do índio na região do baixo rio Negro/Solimões (AM). Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa
- Costa, J.R., Pedron, F.A., Dalmolin, R.S.D., Schenato, R.B. 2019. Field Description and Identification of Diagnostic Qualifiers for Urban Soils in Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 43, 1-17
- Costa, J.R., Peloggia, A.U.G. 2019. Geoquímica de Terrenos Urbanos Modificados pela Humanidade e Serviços Ecossistêmicos (SE): o Caso de Santa Maria (RS, Brasil). *Revista do Departamento de Geografia*, 37, 150-159
- Cramon-taubadel, N.V., Strauss, A., Hubbe, M. 2017. Evolutionary population history of early Paleoamerican cranial morphology. *Science Advances*, 3, 1-9
- Craul, P.J., Klein, C.J. 1980. Characterization of streetside soils of Syracuse, New York. *METRIA*, 3, 33-101
- Craul, P.J. 1985a. Urban soils. *METRIA*, 5, 45-61
- Craul, P.J. 1985b. A description of urban soils and their desired characteristics. *Journal of Arboriculture*, 11, 330-339
- Craul, P.J. 1992. Urban soil in landscape design. New York: John Wiley
- Craul, P.J. 1999. Urban Soil – Applications and Practices. Canada: John Wiley & Sons
- Curcio, G.R., Lima, V.C., Giarola, N.F.B. 2004. Antropossolos: Proposta de Ordem (1ª aproximação). Colombo: EMBRAPA Florestas
- Crutzen, P.J., Stoermer, E.F. 2000. The Anthropocene. *IGBP Newsletter*, 41, 17-18
- Crutzen, P.J. 2002. The “anthropocene”. *Journal de Physique*, 12, 1-5
- Dagnino, R.S. 2005. Antropossolo: A metamorfose do solo pela ação humana. Instituto de Geociências UNICAMP
- Denevan, W.M. 2001. Cultivated landscapes of native Amazônia and the Andes. Oxônia: Oxford University Press
- Dias, M.A. 2017. Antropossolos: enquadramento taxonômico e implicações ambientais. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná
- EMBRAPA. 2013. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. rev. ampl. Brasília: EMBRAPA
- EMBRAPA. 2014. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 4 ed. Brasília: EMBRAPA
- EMBRAPA. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5 ed. rev. ampl. Brasília: EMBRAPA
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2015. World reference base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. Rome
- Figuti, L. 1999. Economia/alimentação na pré-história do litoral de São Paulo. In: Pré-História da Terra Brasilis, p. 197-203
- Giddings, B., Bill, H., Geoff, O. 2002. Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. *Sustainable Development*, 10, 187-196
- Head, M.J. 2019. Formal subdivision of the Quaternary System/Period: Present status and future directions. *Quaternary International*, 500, 32-51
- Head, M.J., Steffen, W., Fagerlind, D., Waters, C.N., Poliers, C., Syvitski, J., Zalasiewicz, J.A., Barnosky, A.D., Cearreta, A., Jandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J.R., Rose, N.L., Summerhayse, C., Waprich, M. Zinke. J. 2021. The Great Acceleration is real and provides a quantitative basis for the proposed Anthropocene Series/Epoch. *Episodes Journal of International Geoscience*, Online First, 1-18

- Hilbert, K., Soentgen, J. 2020. From the “Terra Preta de Indio” to the “Terra Preta do Gringo”: A History of Knowledge of the Amazonian Dark Earths. In: *Ecosystem and Biodiversity of Amazonia*, p. 1-17
- Howard, J. 2017. *Anthropogenic Soils*. New York: Springer
- Huot, H., Simonnot, M.O., Morel, A.L. 2015. Pedogenetic Trends in Soils Formed in Technogenic Parent Materials. *Soil Science*, 180, 182-192
- Ibraimo, M.M., Schaefer, C.E.G.R., Ker, J.C., Lani, J.L., Rolim-Neto, F.C., Albuquerque M.A., Miranda, V.J. 2004. Gênese e micromorfologia de solos sob vegetação xeromórfica (caatinga) na Região dos Lagos (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 695-712
- Isbell, R.F., National Committee on Soil and Terrain. 2021. *The Australian Soil Classification*. Third Edition. Melbourne: CSIRO Publishing
- Jenny, H. 1941. *Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology*. New York: McGraw-Hill
- Kämpf, N., Woods, W.I., Sombroek, W., Kern, D.C., Cunha, T.J.F. 2003. Classification of Amazonian Dark Earths and other ancient anthropic soils. In: *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*, p. 77-102
- Kämpf, N., Kern, D.C. 2005. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: *Tópicos em Ciência do solo*, p. 277-320
- Kern, D.C., Kämpf, N., 1989. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológicas na região de Oriximiná - PA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 13, 219-225
- Krause, M.B.; Faria, A.L.L.; Teixeira, R.C.; Costa, L.M. 2021. O agente antrópico como formador de ambientes: química, física e classificação de antropossolos. *Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente*, 3, 37-61
- Lepsch, I.F. 2010. *Formação e Conservação dos Solos*. Segunda Edição. São Paulo: Oficina de Textos
- Leguédóis S., Sére G., Auclerc., Cortet J., Huot H., Ouvrad S., Watteau F., Schwartz C., Moel J.L. 2016. Modelling pedogenesis of Technosols. *Geoderma*, 262, 199-212
- Lima, T.A., 1999. Em busca dos frutos do mar: os pescadores-coletores do litoral Centro-Sul do Brasil. *Revista USP*, 44, 270-327
- Machado, C.A., 2012. *Gênese e Morfologia de Depósitos Tecnogênicos na Área Urbana de Araguaína (TO)*. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Uberlândia
- Madrid, L., Díaz-Barrientos., E., Madrid, F., 2002. Distributions of heavy metals contents of urban soils in parks of Seville. *Chemosphere*, 49, 1301-1308
- Oliveira A.M.S., Brannstrom C., Nolasco M.C., Peloggia A.U.G., Peixoto M.N.O., Coltrinari L. 2005. Tecnógeno: registros da ação geológica do homem. In: *Quaternário do Brasil*, p. 363-378
- Pedron, F.A., Dalmolin, R.S.D., Azevedo, A.C., Kaminski, J. 2004. Solos Urbanos. *Revista Ciência Rural*, 5, 1647-1653
- Peloggia, A.U.G. 1996. Delineação e aprofundamento temático da geologia do Tecnógeno do município de São Paulo: as consequências geológicas da ação do homem sobre a natureza e as determinações geológicas da ação humana em suas particularidades referentes à precária ocupação urbana. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade de São Paulo
- Peloggia, A.U.G. 1998. *O Homem e o Ambiente Geológico: Geologia, Sociedade e Ocupação Urbana no Município de São Paulo*. São Paulo: Editora Xamã
- Peloggia, A.U.G. 2018. Classificação e mapeamento geológico de terrenos tecnogênicos (artificiais): uma análise comparativa. *Revista do Instituto Geológico*, 39, 1-15
- Peloggia, A.U.G. 2019. Conceitos fundamentais da análise de terrenos antropogênicos: o estudo da agência geológico-geomorfológica humana e seus registros. *Revista do Instituto Geológico*, 40, 1-17
- Poyat, R.V., Trammell, T.L.E. 2019. Climate change and urban forest soils. In: *Global change and forest soils: Cultivating stewardship of a finite natural resource*, p. 189-211.
- Poyat, R.V., Day, S.D., Brown, S., Schwarz, K., Shaw, R.E., Szlavecz, K., Trammell, T.L.E., Yesilonis, I.D. 2020. Urban Soils. In: *Forest and Rangeland Soils of the United States Under Changing Conditions*, p. 127-144
- Richter, D.D. 2019. Game Changer in Soil Science The Anthropocene in soil science and pedology. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 183, 5-11
- Ruiz-Cortés, E., Reinoso, R., Diaz-Barrientos, E., Madrid, L. 2005. Concentrations of potentially

- toxic metals in urban soils of Seville: relationship with different lands uses. *Environmental Geochemistry and Health*, 27, 465–474
- Santos, M., 2006. A natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. Quarta Edição. São Paulo: Editora USP
- Scheyer, J.M., Hipple, K.W., 2005. Urban Soil Primer. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska
- Silva, A. 2011. Solos Urbanos. In: Geomorfologia Urbana, p. 43-69
- Silva, F.W.R., Lima, H.N., Teixeira, W.G., Motta, M.B., Santana, R.M. 2011. Caracterização química e mineralogia de solos antrópicos (terras pretas de índio) na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 673-681
- Silva, A.F.C. 2018. Caracterização morfológica, física e química de terra preta arqueológica e sambaqui associados na Amazônia. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal Rural da Amazônia
- Sousa, D.V. 2016. Pedoarqueologia de sítios pré-históricos na bacia do rio São Francisco: abrigo de Santana do Riacho e Bibocas II. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa
- Sousa, D.V., Guimarães, L.M., Felix, J.F., Ker, J.C., Schaefer, C.E.G.R., Rodet, M.J. 2020. Dynamic of the structural alteration of biochar in ancient Anthrosol over a long timescale by Raman spectroscopy. *PLoS ONE*, 15,1-19
- Souza, J.J.L.L., Souza, B.I., Xavier, R.A., Pacheco, A.A., Pessenda, L.C., Brito, E.S. 2020. Archaeanthrosol formation in the Brazilian semiarid. *Catena*, 193, 104603
- Stern, D.I., Common, M.S., Barbier, E.B. 1996. Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets Curve and sustainable development. *World Development*, 24, 1151-1160
- Stroganova, M.N., Agarkova, M.G. 1993. Urban soils: experimental study and classification (exemplified by soils of Southwestern Moscow). *Eurasian Soil Science*, 25, 59-69
- Tarolli, P.; Cao, W.; Sofia, G.; Evans, D.; Ellis, E.C. 2019. From features to fingerprints: A general diagnostic framework for anthropogenic geomorphology. *Progress in Physical Geography*, 43, 95-128
- Taube Júnior, P.S. 2013. Caracterização biogeoquímica de solos antropogênicos da estação experimental do Caldeirão (Iranduba, AM-Brasil). Tese (Doutorado em Química) - Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina
- Teixeira, R.C. 2015. Antropossolos em Guarapari (ES): A Geografia dos Solos Antrópicos. Monografia (Bacharel em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa
- Teixeira, R.C., Rocha, P. A., Faria, A.L.L., Costa, L.M. 2020. Classificação de Antropossolo em ambiente litorâneo: o caso sobre falésia em Anchieta (ES). *Cadernos Agroecológicos*, 15, 1-5
- Teixeira, R. C., Rocha, P.A., Faria, A.L.L., Costa, L.M. 2021. Classificação e propriedades químicas e físicas de Antropossolos no Município de Guarapari - ES. *Revista do Departamento de Geografia*, 41, e181636
- Ter-Stepanian, G. 1988. Beginning of the Technogene. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 38, 133-142
- Tortell, P.D. 2021. Earth 2020: Science, society, and sustainability in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117, 8683–8691
- Ureta, S., Otaegui, A. 2021. Seeing copiapósols: anthropogenic soils, strategic unknowing, and emergent taxonomies in northern Chile. *Agriculture and Human Values*, 38, 881-892
- Vasconcelos, B.N.F., Ker, J.C., Schaefer, C.E.G.R., Prous, A., Andrade, F.V. 2013. Antropossolos em sítios arqueológicos de ambiente cárstico no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37, 986-996
- Yang, J.L., Zhang, G.L. 2015. Formation, characteristics and ecoenvironmental implications of urban soils – A review. *Soil Science and Plant Nutrition*, 61, 30-46.
- Xavier, N.L., Xavier, J.R.M., Costa, J.A. 2019. Composição química dos solos dos sítios arqueológicos AP-MA-05 em Macapá-Amapá. *Periódico Tchê Química*, 16, 889-902
- Zalasiewics, J.; Waters, C.N.; Williams, M.; Summerhayes, C. 2019. The Anthropocene as a geological time unit: a guide to the scientific evidence and current debate. Cambridge: Cambridge University Press
- Zemlyanitsky, L.T. 1963. Characteristics of the soils in the cities. *Soviet Soil Science*, 5, 468-475