

CARACTERIZAÇÃO DE TERRENOS TECNOGÊNICOS: UMA ABORDAGEM TÁTIL-VISUAL PARA CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO EM ESCALA LOCAL

CHARACTERIZATION OF TECHNOGENIC GROUNDS: A TACTILE-VISUAL APPROACH FOR CLASSIFICATION AND MAPPING AT LOCAL SCALE

Tatiane Ferreira OLIVATTO, Daniele TOYAMA, Natália de Souza ARRUDA, Denise Balestrero MENEZES

Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos. Rod. Washington Luiz, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP. E-mail: tatianeolivatto@yahoo.com.br; danitoyama01@gmail.com; arrudanatalia@hotmail.com; denisebm@ufscar.br

Introdução
Materiais e métodos
 Proposta de classificação
 Aplicação
Resultados e discussões
 Proposta de Classificação de Depósitos Tecnogênicos
 Caracterização histórica e socioambiental
 Sondagens e perfil geológico
 Mapeamento de depósitos tecnogênicos da área verde urbana
Conclusões
Referências

RESUMO - A alteração das formações superficiais através das atividades antrópicas pode ocasionar problemas futuros em termos de ocupação do solo. Diante disso, é necessário que essas modificações sejam incluídas nas caracterizações e mapeamentos geotécnicos. Este estudo apresenta uma abordagem para caracterização e mapeamento de depósitos tecnogênicos em escala local, baseado em metodologias de classificação já existentes. Para tal, propôs-se uma análise comparativa de aplicação na cabeceira de um afluente do rio Monjolinho, localizado no bairro Jockey Club, em São Carlos - SP. A caracterização foi realizada a partir da associação de informações históricas, estudo das alterações temporais na paisagem, campanhas de sondagem e análises visuais. A proposta compreende a inserção de subclasses transitórias na classificação tradicional e o mapeamento utilizou a técnica de interpolação *Spline* e representação discreta, visando extrapolar as informações pontuais levantadas para demarcar a ocorrência dos depósitos de acordo com as classes estabelecidas. Através de uma análise comparativa foi possível verificar que para as escalas de detalhe, as subclasses adicionadas possibilitam uma melhor representação das informações de tipo de material adquiridas, evitando generalizações que, dependendo da finalidade do mapeamento temático, possam impactar negativamente na tomada de decisão.

Palavras-chave: Antropoceno. Depósitos Tecnogênicos. Terrenos Artificiais. Mapeamento Geotécnico.

ABSTRACT - Changing surface formations through anthropic activities can cause future problems in terms of land occupation. Therefore, these modifications need to be included in geotechnical characterizations and mappings. This study presents an approach for the characterization and mapping of technogenic deposits on a local scale, based on existing classification methodologies. For this, a comparative analysis of application was proposed at the Monjolinho tributary riverhead, located in the Jockey Club neighborhood, in São Carlos - SP. The characterization was based on the association of historical information, study of temporal changes in the landscape, survey campaigns and visual analyses. The proposal comprises the insertion of transient subclasses in the traditional classification and the mapping used the Spline interpolation technique and discrete representation, aiming to extrapolate the point information collected to demarcate the occurrence of deposits according to the established classes. Through a comparative analysis it was possible to verify that for the detail scales, the added subclasses allow a better representation of the material type information acquired, avoiding generalizations that, depending on the purpose of thematic mapping, may negatively impact decision making.

Keywords: Anthropocene. Technogenic Deposits. Artificial Terrain. Geotechnical Mapping.

INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas, incluindo o processo acelerado de urbanização, causam constantes mudanças no uso do solo. Estas alterações podem gerar impactos ambientais negativos que, por sua vez, desencadeiam degradação ambiental. A degradação dos córregos em função da intensa urbanização é comum em cidades brasileiras, ocasionando contaminação dos recursos hídricos, supressão da vegetação natural, erosão, descarga inadequada de sistemas de drenagem urbana, dis-

posição irregular de efluentes e resíduos sólidos e modificação do terreno (Silva, 2000; Peloggia et al., 2016, Galiano et al., 2021).

Percebe-se, portanto, que as atividades humanas intensificam e provocam a ocorrência de processos naturais. A erosão, por exemplo, pode ser desencadeada a partir da remoção da vegetação para fins agrícolas e urbanísticos. Adicionalmente, a execução de grandes obras de engenharia e mineração, também de origem antrópica, altera

drasticamente o meio físico (Rosembaum et al., 2003; Rodrigues, 2005).

Neste contexto, em que o ser humano pode ser interpretado como um agente geológico relevante, emerge a Geologia do Tecnógeno (ou do Antropoceno) visando estudar as alterações no meio físico provocadas pela população humana (França-Junior & Souza, 2014, Steffen et al., 2020). tornando-se assim uma nova abordagem para o estudo dos processos superficiais que estão sujeitos à geotecnogênese (Peloggia, 2005).

Peloggia et al. (2014) descrevem ainda quatro conceitos relevantes para a ciência da Geologia do Antropoceno. O primeiro se refere a terrenos tecnogênicos, os quais são “formados por materiais geológicos acumulados ou por exposições de substrato natural antes não aflorante, em virtude de ações de deposição ou remoção”. O segundo trata das camadas tecnogênicas como “depósitos ou horizontes de solo tecnogênicos”, termos utilizado geralmente para descrever terrenos com sobreposição de camadas tecnogênicas. O terceiro conceito discorre sobre depósitos tecnogênicos como sendo “formações superficiais criadas por processos de acumulação diretamente realizados ou induzidos pela agência humana”. E por fim, horizontes de solo tecnogênicos “são porções de *solum* modificadas *in situ* por ações humanas” (Peloggia et al., 2014).

A partir destes conceitos, diversos autores propõem abordagens diferentes para descrever solos e terrenos antropologicamente modificados. Uma das mais tradicionais para depósitos tecnogênicos é a classificação proposta por Fanning & Fanning (1989), que considera majoritariamente a composição e origem dos materiais. Nesta classificação os depósitos são categorizados em função do material constituinte em “materiais úrbicos, que são detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem; materiais gárbicos sendo estes materiais detriticos como lixo orgânico de origem humana; materiais espólicos que são, materiais terrosos escavados e redepositados por obras de terraplanagem e materiais dragados, provenientes da dragagem de cursos d'água” (Fanning & Fanning, 1989, segundo Pereira, 2011, p.82).

Curcio et al. (2004) e Volungevicius & Skorupskas (2011) abordam a questão de solos quimicamente alterados pelas atividades humanas, descrevendo que a antropogênese dos solos extrapola a presença desses materiais. Estes autores atentam para situações de inversão,

mistura ou remoção de horizontes, incluindo também modificações na composição química ou na granulometria, bem como a incorporação de materiais tóxicos ou sépticos.

A Sociedade Americana de Engenheiros Civis (ASCE) também apresenta importantes contribuições ao longo dos anos. Foi a partir dos estudos iniciais desenvolvidos pela ASCE que Fanning & Fanning (1989) desenvolveram uma classificação que detalha especificamente a composição de depósitos tecnogênicos de gênese do tipo construído, diferentemente de Oliveira (1990) que menciona, além dos construídos (aterros), os induzidos (oriundo de erosão e/ou desmatamento) e os modificados (alterado por efluentes e adubos).

O Serviço Geológico Britânico (BGS, do inglês British Geological Survey), por sua vez, adota a classificação de terrenos artificiais desenvolvida a partir das propostas de McMillan & Powell (1999), Rosembaum et al. (2003), Price et al. (2004) e Price et al. (2011). Esta classificação se baseia em morfoestratigrafia, caracterizando categorias de terreno que englobam terreno produzido (local em que houve acúmulo de material sobre a superfície), terreno preenchido (local escavado e posteriormente aterrado), terreno escavado (local onde a superfície natural foi escavada), terreno movimentado (movimentação e subsidência de material resultante de atividade mineradora) e terreno complexo (local no qual a superfície original foi intensamente remodelada de forma que não se pode enquadrar nas outras classes).

Em sua classificação mais atual de terrenos tecnogênicos, Peloggia (2017) é influenciado pelos trabalhos desenvolvidos pelo BGS (McMillan & Powell, 1999, Rosembaum et al., 2003, Price et al., 2004, Price et al., 2011), por Oliveira (1990), Peloggia (1994, 1997, 1998, 1999) e Peloggia et al. (2014), considerando ainda a classificação da Geologia de Engenharia Soviética (Chemekov, 1983; Ter-Stepanian, 1988) e da Ciência dos Solos Norte-Americana (Fanning & Fanning, 1989). Nesta classificação são delimitadas quatro classes básicas: agradação, degradação, modificados e/ou mistos, sendo que cada classe é associada a categorias geológicas (respectivamente depósitos tecnogênicos, cicatrizes tecnogênicas, horizontes alterados e unidades compostas e complexas).

Como observado nas literaturas, a classificação dos terrenos tecnogênicos apresenta variações a

depende da finalidade da classificação, seja ela para planejamento, análise de risco ou análise geoambiental (Peloggia, 2019). Galiano et al. (2021), por exemplo, destacam o mapeamento de dados geotécnicos como técnica para subsidiar o planejamento do uso e ocupação do solo, sendo desejável a inclusão de “informações do meio físico, pertinentes a diversas áreas do conhecimento, como a geologia, a ciência do solo, a hidrogeologia, a geomorfologia, entre outras”.

Neste sentido, a incorporação de aspectos de terrenos artificiais ou que tiveram algum impacto antropogênico é relevante para a composição de cartas geológico-geotécnicas mais precisas. Além disso, a interdisciplinaridade na identificação destes depósitos vai além do contexto das Geociências, sendo necessárias análises que extrapolem as ideias das ciências da terra (Peloggia, 2019), considerando também o contexto social do processo de urbanização.

À medida que os depósitos tecnogênicos passam a compor cartas geológico-geotécnicas, a variedade de classificações pode resultar em incompatibilidade nas análises e interpretações realizadas pelas partes interessadas. Neste sentido, a identificação de correlações entre as classificações existentes na literatura e a possibilidade de utilizá-las em conjunto mostram-se convenientes. A figura 1, extraída de Peloggia et al. (2014), apresenta as classes e categorias estabelecidas pelo autor em sua última proposta, relacionando-as à classificação genética - embasada em Sherlock (1922), BGS e Lyell 1867 - e incluindo a correspondência dos tipos de materiais - com base em Fanning & Fanning (1989) e diversos outros autores.

Um outro ponto a ser observado é que as classificações utilizadas nestes mapeamentos podem variar também em função da escala do mapeamento pretendido e da finalidade e/ou produto final desejado. De forma geral, a caracterização do meio físico geológico-geotécnico regional pode ser desenvolvida nas escalas 1:50.000 ou 1:25.000. Contudo, tratando de mapeamentos para subsidiar o diagnóstico ambiental, projetos de obras de engenharia ou implantação de novos empreendimentos, são desejáveis escalas maiores que 1:10.000 e 1:5.000, visando identificar eventuais problemas geológico-geotécnicos (Zaine, 2000).

Estudos que abordem a questão da escala dos mapeamentos de depósitos tecnogênicos são escassos. O mais difundido é a classificação

proposta por Ford et al. (2010), que se desenvolve a partir da classificação do BGS. Esta classificação se refere a um método hierárquico no qual o detalhamento das informações é resultado do enquadramento em classes, tipos e unidades, sendo a classe o nível mais básico de informação e a unidade a mais detalhada. De acordo com os autores, a hierarquia de unidade é adequada para escalas maiores do que 1:10.000, a hierarquia de tipo, para a escala 1:10.000 e a hierarquia de classe, para escala 1:50.000 (1:25.000 no máximo).

Peloggia (2018) aborda a questão de escalas de mapeamento intermediárias e detalhadas ao propor uma classificação com base no que é apresentado na figura 1 (classe, categoria e tipo) incluindo-se, no caso dos depósitos tecnogênicos de terreno produzido, o material constituinte do solo (Fanning & Fanning, 1989). Desta forma, obtém-se um mapeamento mais detalhado para fins de análise de riscos, de planejamento territorial, análise geoambiental ou mesmo em mapas específicos (temáticos) de terrenos tecnogênicos (Peloggia, 2018). Porém, em alguns casos, ainda pode ser falha para escalas da ordem de 1:5.000 ou maiores.

Um exemplo do que pode ocorrer é que dados extremamente detalhados obtidos durante trabalhos de campo, principalmente em análises de amostras de solo, acabam sendo generalizados ao serem enquadrados nas classes pré-definidas. Dependendo da finalidade, como em projetos de áreas a serem reflorestadas ou em obras de construção civil e de drenagem urbana sobre solos e terrenos artificiais, este detalhamento ainda maior é extremamente desejável. Peloggia (2019) reforça a importância das investigações acerca das transformações geoecológicas que ocorrem nesses terrenos, a fim de compreender “de que maneira e em que ritmo os processos ecológicos de interação entre a biosfera e o substrato antropogênico atuam”.

A partir dos fundamentos apresentados, esta pesquisa propõe um detalhamento da classificação de depósitos tecnogênicos incorporando subclasses de classificação para o atributo “Tipo de Material”, a fim de viabilizar o mapeamento em escala local (grande escala). A ênfase deste trabalho não recai, portanto, sobre uma nova classificação, mas sim numa proposta de inclusão de classes intermediárias para resultar no detalhamento dos materiais observados em investigações táteis-visuais.

Classe	Categorias	Classificação Genética		Correlação com outras classificações e exemplos típicos	
Terreno Tecnogênico Agradação	Depósitos tecnogênicos	Depósitos construídos de 1ª geração	Depósitos construídos (1, 2)	Materiais de solo úrbico (4), materiais de solo dragados (4), materiais de solo espólico (4), materiais de solo gárbico (4), urbisols* [grandes quantidades de artefatos em seu perfil como tijolos] (5), constructossols* [solos construídos pela mistura de material natural e rejeitos] (5), tecno-sedimentos (6), solos urbanos (5). Ex.: aterros em geral, diques, barragens de terra, bora-foras, depósitos de lixo/aterros sanitários e enrocamentos.	
			Depósitos construídos de preenchimento (2)		
		Depósitos induzidos de 1ª geração	Depósitos sedimentar induzido aluvial		Camadas culturais (7), depósitos culturalmente acelerados (8), depósitos de vale acelerado (8), aluvião de pós-assentamento (8), sedimentos aluviais-tecnogênicos. Ex.: depósitos sedimentares relacionados às redes de drenagem atuais.
			Depósitos sedimentar induzido coluvial		
Depósitos de 2ª ordem	Depósito remobilizado	Coberturas retrabalhadas (9). Ex.: retrabalhamento de depósitos previamente existente			
Degradação	Cicatrices tecnogênicas induzidas	Terreno erodido (cicatrices erosivas) (3)		Ex.: sulcos, ravinas e voçorocas	
		Terreno escorregado (Cicatrices de deslizamento)		Ex.: escorregamentos em geral	
		Terreno afundado (afundamento por subsidência ou colapso) (2)		Ex.: dolinas, poços, sumidouros, depressões	
	Cicatrices tecnogênicas construídas	Terreno escavado (superfície de escavação) (2)		Superfícies de terreno escalpelado (4), Solos decapíticos (4). Ex.: cortes de terraplanagem e cavas de mineração.	
Modificado	Horizontes alterados	Solo quimicamente alterado		Solos antropogênicos (10), Antropossolos (10), Horizontes tecnogenicamente modificados (6), industrisols* [ocorrem em locais de plantas industriais e nas proximidades] (5), ekransols* [solos que estão sob ruas e vias pavimentadas] (5)	
		Solo mecanicamente alterado			
Terrenos tecnogênicos mistos	Unidades compostas	Camadas sobrepostas		Ex.: aterro (depósito construído) sobre depósito de assoreamento (induzido) ou sobre horizontes de solo tecnogênico.	
	Unidades complexas	Camadas complexas		Ex.: aterro alterado por efluentes (depósitos construído e modificado), camadas arqueológicas.	

*Descrição de Dias (2017). (1) Sherlock (1922); (2) De acordo com o Serviço Geológico Britânico (BGS); (3) Lyell (1867); (4) Fanning & Fanning (1989); (5) Charzynski et al. (2013); (6) Mozharova & Gol'tsova (2008); (7) Chemekov (1983); (8) According to the American Society of Civil Engineers; (9) Peloggia (1994); (10) Curcio et al. (2004). Fonte: Modificado de Peloggia et al. (2014).

Figura 1 – Quadro da síntese e correlação das classificações.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa teve início a partir de levantamento bibliográfico acerca da temática de classificação e mapeamento de depósitos tecnogênicos, embasando as etapas subsequentes de elaboração da proposta de classificação e aplicação prática em uma área verde urbana que sofreu alterações antropogênicas. A figura 2 apresenta as etapas adotadas para realização deste trabalho.

Proposta de Classificação

O desenvolvimento da proposta de classificação com foco em escala local, 1:5.000 ou maior, teve início a partir de levantamento bibliográfico acerca da temática de classificação de depósitos tecnogênicos.

Destacamos os trabalhos de Fanning & Fanning (1989), Peloggia (1997, 1998, 2005, 2018), Mirandola & Macedo (2014) e Pereira (2011), além

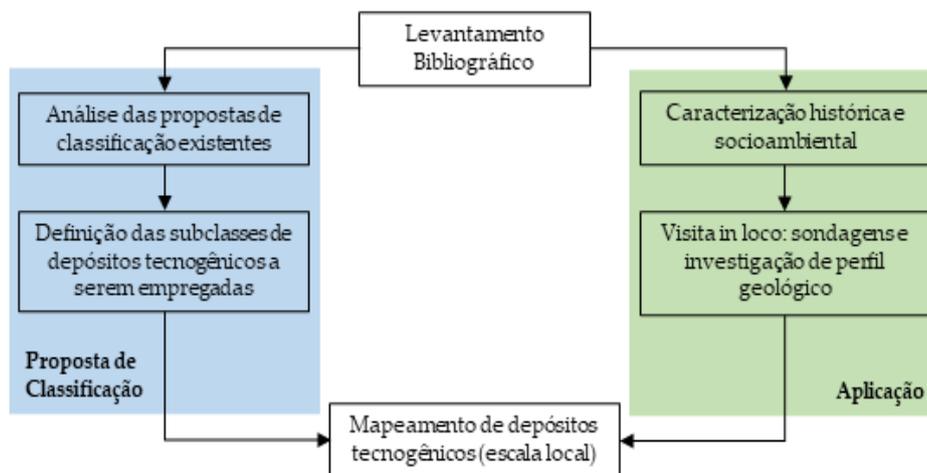


Figura 2 – Fluxograma da metodologia adotada.

além dos estudos desenvolvidos pelos autores que compõem a figura 1, que contribuirão para a discussão aqui proposta.

As metodologias propostas por esses autores foram criticamente analisadas e a partir da informação levantada, foram incorporadas classes intermediárias para classificação de depósitos tecnogênicos a fim de se obter um mapeamento mais detalhado e discriminatório.

Este mapeamento mais detalhado se deu respeitando-se os níveis hierárquicos descritos na figura 1, de classe, categoria e classe genética. As subclasses, desenvolvidas com base em Fanning & Fanning (1989), foram introduzidas no nível hierárquico de tipo de material, principalmente,

devido ao fato dos materiais apresentarem variação consideravelmente mais significativa nas investigações táteis-visuais, característica que pode ser evidenciada em escala local - quando comparado aos outros níveis e classificações.

Aplicação

A área objeto de estudo está inserida na bacia hidrográfica do rio Monjolinho, no bairro Jockey Club, fundado em 1955, na zona norte do município de São Carlos – SP (Figura 3). O bairro foi inicialmente concebido para ser uma área industrial, porém, com o passar do tempo, o uso urbano residencial predominou na área, tendo aproximadamente 7 mil habitantes (Scarpinella & Silva, 2019).

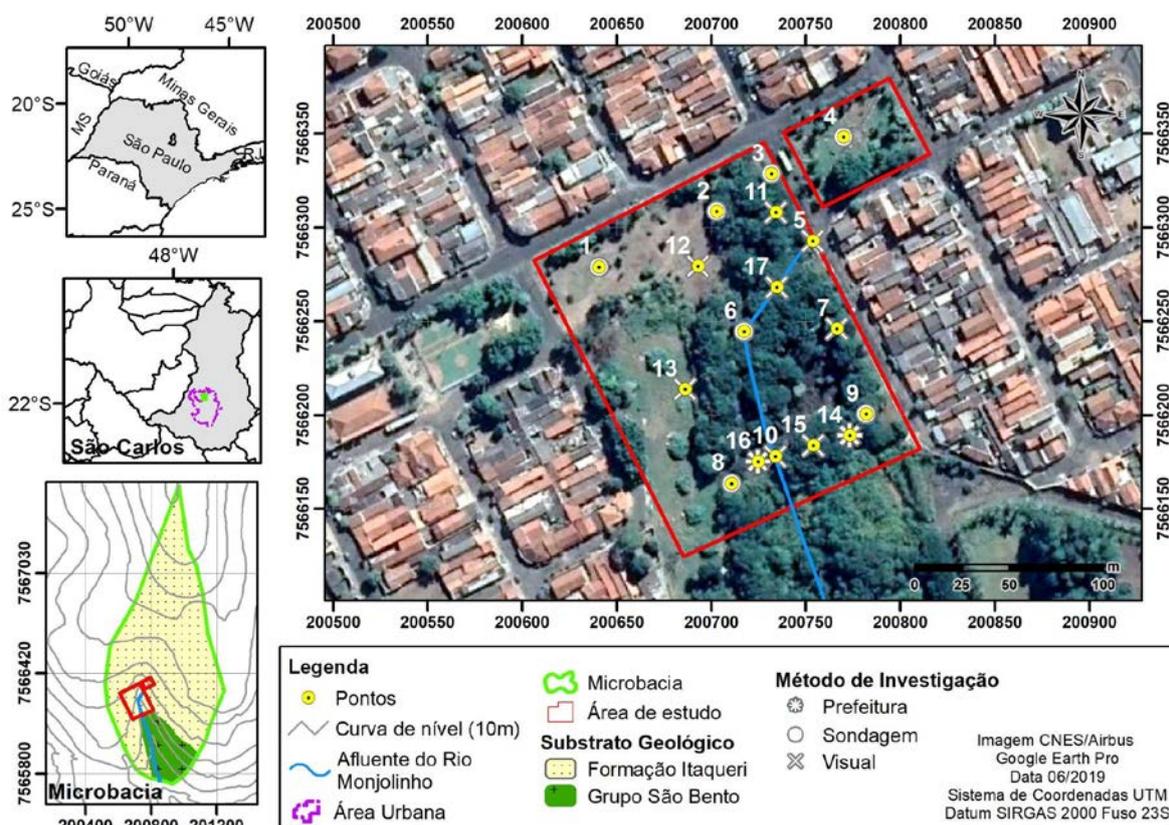


Figura 3 - Localização da área de estudo e dos pontos investigados.

Como etapa preliminar para a aplicação da proposta de classificação e mapeamento de depósitos tecnogênicos, foi realizado um levantamento histórico e socioambiental das questões relevantes de alterações de uso do solo ocorridas ao longo dos anos na área de estudo. Essa etapa é de extrema importância para a familiarização com o local e definição dos pontos a serem investigados *in loco*.

O método adotado consistiu na análise da evolução histórica através de consulta à literatura e documentos, imagens de satélite Digital Globe obtidas do Google Earth®, mapas temáticos, atividades de campo e sondagens do solo. Através da consulta bibliográfica, levantaram-se dados referentes ao processo de urbanização da área de estudo. Pelas imagens de satélite realizou-se o estudo da evolução da paisagem considerando as fisionomias de uso do solo e identificação da vegetação bioindicadora de degradação ambiental.

Para a identificação dos depósitos tecnogênicos foram realizadas campanhas de sondagem com o auxílio de um trado concha, além de avaliação visual. A escolha desses pontos se deu devido à distribuição relativamente homogênea na área de investigação, além de facilidade de acesso. Alguns deles foram selecionados devido à possibilidade de acesso à informação disponibilizada, conforme uso identificado no levantamento bibliográfico e de acordo com a cobertura do solo observada, buscando-se homogeneidade neste aspecto também, como é o caso dos locais onde ocorreram intervenções por parte do poder público.

Ao todo foram investigados 17 pontos (identificados na figura 3), sendo que em 7 deles foram realizadas sondagens, 8 foram caracterizados apenas a partir de avaliação visual superficial, visto que não foi possível avançar com trado manual e 2 deles foram caracterizados com base

em informações sobre obras realizadas pelo poder público (dados obtidos junto à prefeitura municipal de São Carlos). Foi realizada uma caracterização tátil-visual do solo e dos materiais manufaturados pelo homem encontrados nestes pontos, bem como a análise dos perfis naturalmente expostos observados na área de estudo.

Além dos pontos investigados, foi realizado o estudo de um perfil geológico observado no local (Figura 3, ponto 10).

Este estudo foi embasado por consulta aos mapas de geologia e de materiais inconsolidados, sendo possível identificar as camadas de materiais naturais e artificiais presentes no substrato.

Uma vez caracterizados os depósitos tecnogênicos, foi utilizado o software ArcGis para a execução do mapeamento dos mesmos. Optou-se pelo método de interpolação, visando extrapolar as informações obtidas *in loco* em cada ponto para a área como um todo. Os métodos de interpolação mais comuns para este tipo de representação são: inverso ponderado da distância; krigagem; curvatura mínima ou *Spline*; vizinho mais próximo; triangulação com interpolação linear; médias móveis e polinômio local (Igaz et al., 2021). Optou-se pelo método de interpolação *Spline* devido à característica de resultar numa superfície suavizada que passa exatamente através dos pontos amostrados, representando os valores dos pontos. De acordo com Igaz et al. (2021), esta técnica de interpolação se mostrou mais adequada para dados de amostragem de solo. Também se optou pela representação discreta dos resultados, uma vez que as classes desejadas são qualitativas.

Para fins de avaliação da efetividade da classificação proposta, além do mapeamento com base na classificação detalhada proposta, foram desenvolvidos os mapeamentos de acordo com cada nível hierárquico sintetizado na figura 4 - classe/categoria, classe genética e tipo de material.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Proposta de Classificação de Depósitos Tecnogênicos

Considerando Fanning & Fanning (1989), foi elaborada a figura 4, que apresenta as classificações essenciais descritas pelos autores, gárbico, úrbico, espólico, natural e erodido, bem como categorias adicionais de transição espólico-úrbico e natural-espólico propostas neste trabalho. As classes adicionais de transição viabilizaram um maior detalhamento, justificando-se pela

possibilidade de melhor representar as informações levantadas *in loco*, sem que informações relevantes adquiridas em sondagens e caracterizações táteis-visuais sejam generalizadas numa quantidade reduzida de classes, o que inviabilizaria a incorporação destes mapeamentos para tomada de decisões específicas, como alocação de empreendimentos e obras de engenharia civil ou escolha de melhores locais para reflorestamento, por exemplo.

Categoria	Descrição
Erodido	Material que sofreu com o processo de erosão, marcado por cicatrizes criadas por processos induzidos
Natural	Material inconsolidado
Natural/Espólico	Depósito de material escavado e redepositado pouco espesso, terreno preenchido (<20 cm)
Espólico	Depósito de material escavado e redepositado espesso, terreno preenchido (>20 cm)
Espólico/Úrbico	Depósito de material aterrado composto em maior fração por solo, porém com presença de resíduos de construção civil e outros materiais
Úrbico	Depósito de material aterrado composto por maior fração de resíduos da construção civil e outros materiais do que por solo
Gárbico	Depósito de resíduos sólidos de origem urbana

Figura 4 – Quadro das categorias de classificação dos depósitos adotados neste estudo (Adaptado de Fanning & Fanning, 1989. Organização: Toyama et al., 2019).

Cabe ressaltar que a classificação desenvolvida neste trabalho não se trata de uma classificação inédita, muito menos substitui as anteriores propostas por outros autores, as quais são indicadas para estudos de escalas menores, onde o foco é o estudo preliminar das condições do terreno em relação a depósitos tecnogênicos (Ford et al., 2010; Zaine, 2000). O que se propõe é a criação de subclasses de transição com base na classificação já bem difundida por Fanning & Fanning (1989), visando facilitar o mapeamento detalhado. Considera-se também que estas classes de transição são adequadas, pois uma vez incorporados ao terreno, os depósitos tecnogênicos passam a interagir junto ao mesmo (Volungevicius & Skorupskas, 2011), resultando em alterações nos materiais em diferentes intensidades.

Caracterização histórica e socioambiental

As investigações sobre a evolução histórica do local revelaram que antes da fundação do bairro, a área configurava uma grande fazenda com a presença de uma hípica (Jockey Club, dando origem ao nome do bairro) (Figuras 5A e 5B), atualmente ocupada pela multinacional Tecumseh. Na porção inferior da fotografia é possível observar a vegetação existente no entorno do corpo hídrico da área de estudo, sendo este o registro mais antigo levantado na pesquisa bibliográfica.

A figura 5C apresenta uma fotografia aérea da região no ano de 1978. Nessa imagem, é possível observar o início da empresa Tecumseh no local onde antes era a hípica e, no entorno, o início do traçado urbanístico observado atualmente no local. É possível ver a área estudada (destacada em vermelho), apresentando uma pequena vege-



Figura 5 - (A) Vista da hípica (s/d). (B) Vista aérea da hípica Jockey Club (s/d). (C) Fotografia aérea do bairro (1978). (D) Fotografia da inauguração do Sistema de Abastecimento de Água do Jardim Jockey Club (1991). Fonte: Fundação Pró-Memória de São Carlos (s/d).

tação ciliar no entorno do canal hídrico, em toda sua extensão. O processo de urbanização se concretizou em torno de 1991, quando o bairro foi contemplado com um sistema de abastecimento de água potável (Figura 5D). Desta forma, verifica-se que todos os processos de modificação do meio físico estão associados à ocupação do solo, inicialmente enquanto uso agrícola e, posteriormente, como desenvolvimento urbano misto residencial e industrial.

A partir da intensificação da ocupação do entorno, a área investigada neste trabalho passou a sofrer diversas modificações e impactos das atividades humanas. A figura 6 evidencia estas alterações, ilustrando a evolução da paisagem de 2004 a 2020.

Na figura 5C, referente ao ano de 1978, observa-se que havia um fragmento de mata ciliar natural na porção norte da área de estudo, ausente no ano de 2004, como indicado na figura 6A. Na figura 6B já são evidentes em 2011 os

processos erosivos desencadeados no local desprovido de vegetação.

Verifica-se então que houve uma tentativa de reflorestamento entre 2012 e 2014 - figuras 6C e 6D, respectivamente - quando foi realizado um aterramento para possibilitar o reflorestamento e construção de galerias no leito do córrego, com dissipadores de energia. Nas imagens de 2016 e 2020 é possível verificar que a restauração evoluiu consideravelmente, uma vez que a vegetação se restabeleceu com sucesso no processo de recuperação da área (Figuras 6E e 6F).

Na imagem de 2020 foi constatada a presença de *Tithonia diversifolia*, demarcada em amarelo na figura 6F - fato este confirmado na ocasião de visita a campo. Esta vegetação pode ser um indicativo de ocorrência de solo tecnogênico, uma vez que a planta se desenvolve com facilidade em solos degradados (Santa Catarina, 2016) e tem sido observada em vários locais aterrados com materiais espólicos (resíduos de construção).

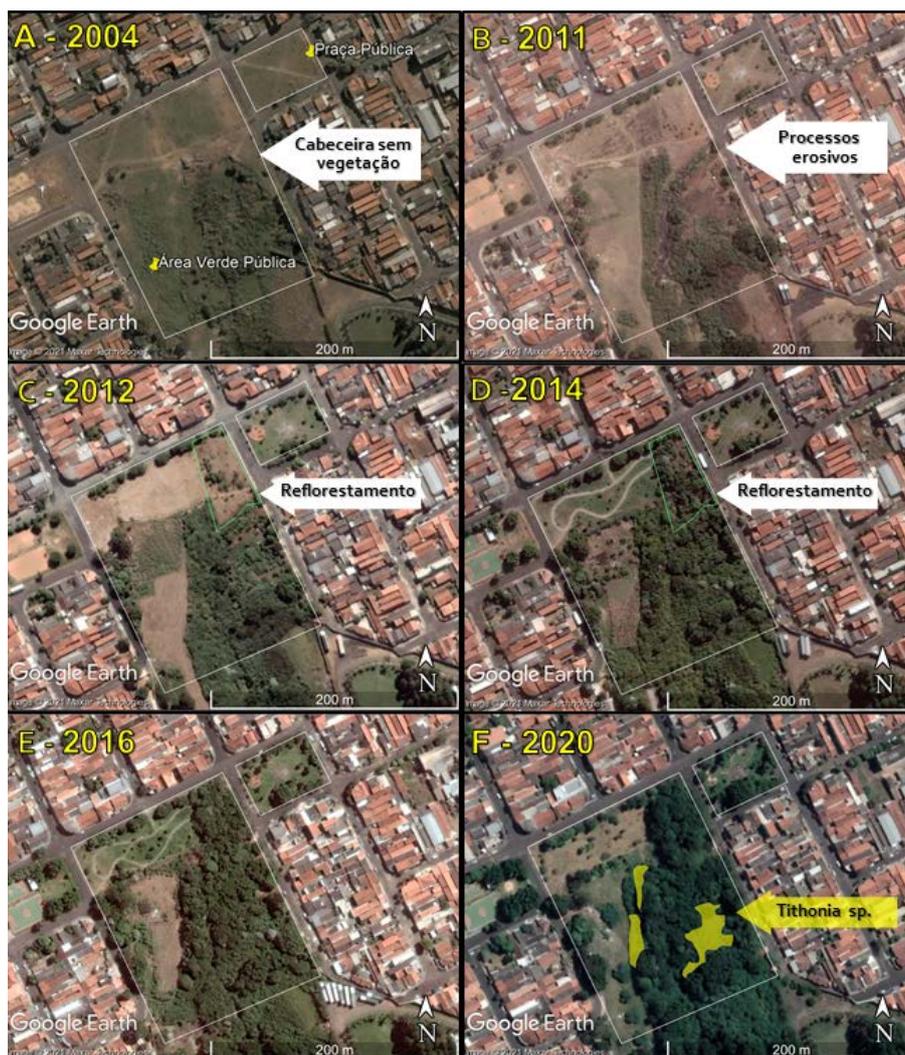


Figura 6 - Evolução da paisagem da área de estudo. (A) Cabeceira desmatada (2004). (B) Processo erosivo (2011). (C) Reflorestamento (2012). (D) Evolução do reflorestamento (2014). (E) Restauração da área (2016). (F) Condição atual (2020), sendo a área demarcada indica ocorrência de *Tithonia diversifolia* (Imagens DigitalGlobe da plataforma ©Google Earth).

As atividades *in loco* permitiram averiguar que em alguns locais o aterro realizado para o reflorestamento não foi adequado, ocasionando queda de diversos espécimes arbóreos já adultos

devido à dificuldade de enraizamento da vegetação, conforme exemplo ilustrado na figura 7. Nesta figura é possível notar inclusive a presença de depósitos tecnogênicos agregados às raízes expostas.



Figura 7 - Queda de espécimes arbóreos adultos.

Além do aterramento realizado pelo Poder Público, a área sofre com o descarte irregular de resíduos sólidos de origem urbana e de construção civil. O córrego também sofre degradação de sua qualidade através do recebimento de efluente de ligações clandestinas de esgoto. A figura 8 apresenta registros desses impactos.

A porção oeste da área é desprovida de vegetação e utilizada pela comunidade para criação de animais domésticos (e. g. galinhas, cavalos) e cultivo de alguns espécimes rasteiros (e. g. abóbora). Na área ocorre acúmulo de resíduos sólidos que são triados por moradores da

proximidade para revenda (sucatas). Como já mencionado, a vegetação é composta principalmente por herbáceas invasoras como *Tithonia diversifolia*, verificando-se também a presença de *Ricinus communis* - indicativa da ausência de potássio no solo (Meira et al., s/d) - e outras espécies, compondo um dossel de baixa densidade.

O tipo de vegetação constatada *in loco*, aliado à análise das imagens e fatos históricos nos permite inferir onde ocorrem solos naturais e não naturais, norteando a escolha dos locais (pontos) prioritários para as investigações táteis-visuais.



Figura 8 - (A) Descarte de resíduos da construção civil às margens do córrego. (B) Descarte de resíduos urbanos e de construção na mata ciliar (presença de materiais plásticos, vidros, cerâmicas, compensados de madeira). (C) Descarte de resíduos urbanos e de construção na borda da área de estudo (presença de cerâmicas, plásticos, tecidos, vidros, espumas, madeira, entre outros). (D) Registro do descarte de efluente no córrego.

Sondagens e Perfil Geológico

No canal é possível observar um perfil geológico, evidenciando as camadas de depósitos naturais dos tecnogênicos (Figura 9). Os mapeamentos desenvolvidos por Aguiar (1989) e Pons (2006) foram referência para identificar os estratos na área de estudo, sendo que o substrato geológico corresponde à Formação Itaqueri, conforme identificado na figura 2, e os materiais inconsolidados transportados correspondem ao

Arenoso III, formado a partir da contribuição de diferentes litologias, sendo encontrados nas regiões mais altas do Planalto de São Carlos.

Segundo Aguiar (1989), o material inconsolidado Arenoso III corresponde a depósitos de materiais transportados e retrabalhados, predominantemente areno-argiloso, que recebeu contribuição de todas as unidades geológicas da área, com registro frequente de linhas de seixos em profundidades de 2,5 a 8 metros.

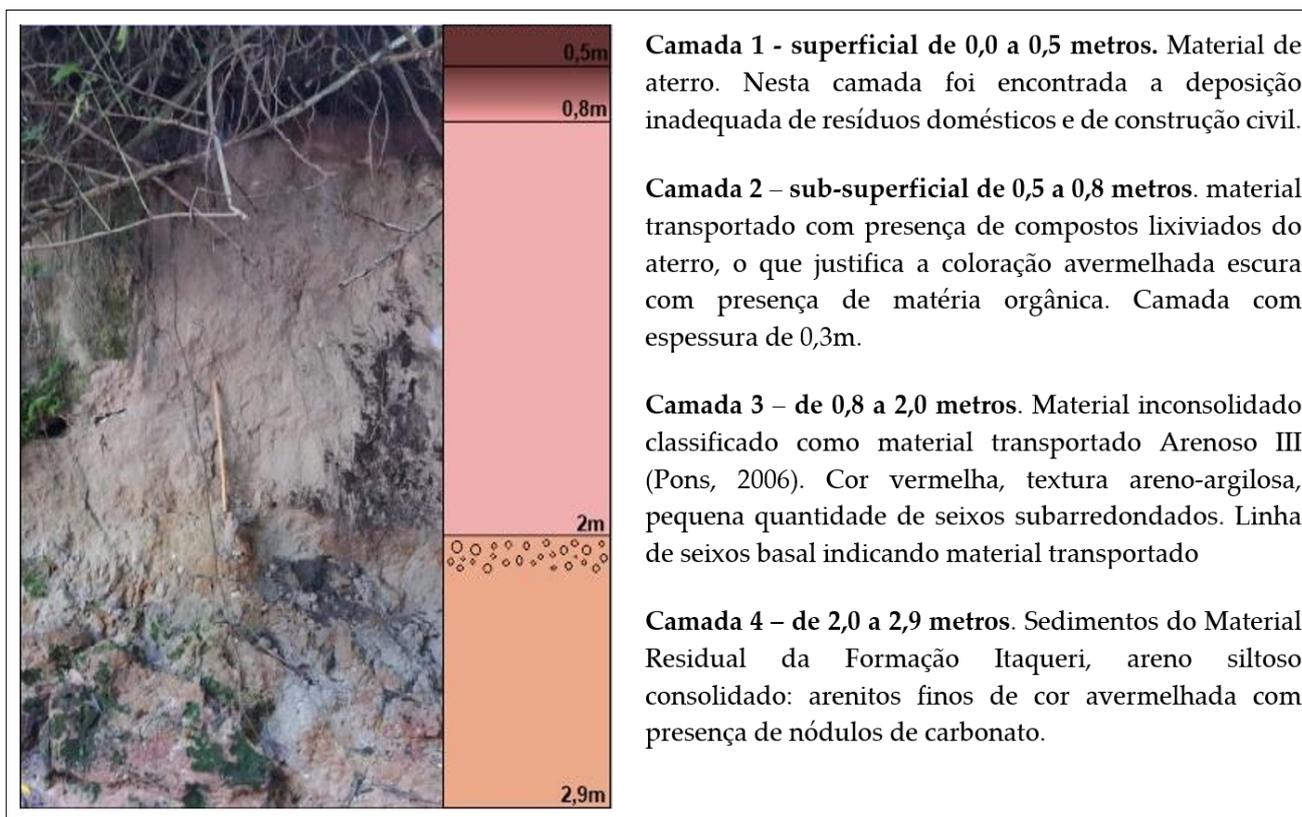


Figura 9 - Perfil de solo da área de estudo. Fonte: Modificado de Toyama et al. (2019).

Além das camadas naturais de material residual da Formação Itaqueri e de material inconsolidado Arenoso III, ocorrem mais duas camadas no perfil (Figura 9). O material de artificial, camada 1, utilizado nos aterramentos da área para conter os processos erosivos, é constituído por solo de matriz majoritariamente arenosa, tendo incorporados materiais de origem artificial. Nas escavações foram observados fragmentos de cerâmica, vidro, plásticos, tecidos, mangueiras, tijolo, cimento, piso e brita, indicando a formação de depósitos tecnogênicos na área de estudo. A camada 2 apresenta-se como uma transição entre os depósitos tecnogênicos (camada 1) e o material transportado Arenoso III (camada 3).

Dos 17 pontos investigados, 7 foram classificados a partir da constatação tátil visual durante campanha de sondagem com trado, 8 foram identificados por constatação visual, uma vez que eram áreas com alta concentração de resíduos (por exemplo, resíduos sólidos urbanos ou de construção civil) inviabilizando o avanço na sondagem e 2 foram classificados com base em informações levantadas previamente. Conforme descrito na seção de Materiais e Métodos, a distribuição homogênea dos pontos, tanto em relação à localização quanto ao uso do solo, possibilitou uma investigação abrangente dos depósitos tecnogênicos na área de aplicação. O

estudo histórico prévio da área também foi de grande valia na escolha dos pontos de sondagem, principalmente no que diz respeito a aterros e processos erosivos que ocorreram no local.

As principais classes de terrenos tecnogênicos encontrados na área de estudo foram de depósitos tecnogênicos sobre terreno natural ou escavado, classificado como terreno tecnogênico de agradação, entre os depósitos construídos de 1ª geração e depósitos induzidos de 1ª geração. Além destes temos a identificação do terreno tecnogênico de degradação, com a presença de cicatrizes tecnogênicas induzidas classificadas como terreno erodido.

Na figura 10 estão discriminados todos os pontos amostrados e descritos e sua respectiva classificação. Os depósitos classificados como úrbico, pontos 1, 2, 3 e 12, são compostos por solos de textura areno-siltosa, com fragmentos de construção civil, conforme ilustrado nas figuras 11A e 11B. O avanço com o trado foi possível apenas até 30 cm de profundidade, sendo que a partir deste ponto o solo estava saturado com fragmentos artificiais. Estes pontos estão localizados na região norte da área de estudo, onde foram encontradas árvores com raízes pouco desenvolvidas devido à impedância imposta pela elevada concentração dos fragmentos encontrados nas sondagens.

P	Classe	Categoria	Classificação Genética	Tipo de Material	Descrição tátil/visual	Materiais encontrados
1	Terreno Tecnogênico de Agradação	Depósitos Tecnogênicos	Construído	Úrbico	Arenoso, coloração marrom claro	Fragmentos de cerâmica, plástico e cimento
2			Construído	Úrbico	Areno-siltoso	Fragmentos de cerâmica, vidro, plásticos, fibras plásticas constituindo grandes tecidos, mangueiras, tijolo
3			Construído	Úrbico	Areno-siltoso, coloração marrom claro	Fragmentos de piso, tijolo, plástico
4			Construído	Espólico	Superfície: areno siltoso. Após 85 cm de prof. material areno argiloso de cor amarelada	Aproximadamente 27 cm de material de aterro com presença de plástico
5	Terreno Tecnogênico de Degradação	Cicatrizes Tecnogênicas	Terreno Erodido	Erodido	Sondagem não realizada	Início da drenagem apresentando processos erosivos (saída de tubulação de rede de galeria sem dissipador de energia adequado)
17						
6	Terreno Tecnogênico de Agradação	Depósitos Tecnogênicos	Induzido	Natural/Espólico	Solo areno-siltoso	Solo de aterro, com ausência de materiais manufaturados pelo homem. É possível visualizar junto à calha do rio o perfil descrito
7			Construído	Gárbico	Sondagem não realizada	Descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos e de construção civil
8			Construído	Espólico/Úrbico	Arenoso	Fragmentos de vidro, brita e cimento
9			Construído	Espólico/Úrbico	Areno-siltoso	Fragmentos de vidro, brita, cerâmica
10			Induzido	Natural/Espólico	Sondagem não realizada	Solo de aterro, com ausência de materiais manufaturados pelo homem. É possível visualizar junto à calha do rio o perfil descrito
11			Construído	Espólico/Úrbico	Sondagem não realizada	Intenso descarte de resíduos de construção civil
12			Construído	Úrbico	Sondagem não realizada	Fragmentos de cerâmica, plástico e cimento (observados sob as raízes de uma árvore caída, a qual cresceu sem sustentação)
13			Construído	Espólico/Úrbico	Sondagem não realizada	Foi verificado, através das imagens de satélite, aterro para viabilizar um reflorestamento, mas também há evidências de fragmentos manufaturados
14			Construído	Espólico	Sondagem não realizada	Aterro recente realizado por obra pública (informação proveniente da Prefeitura)
15			Terreno Tecnogênico de Degradação	Cicatrizes Tecnogênicas	Terreno Erodido	Erodido
16	Terreno Tecnogênico de Agradação	Depósitos Tecnogênicos	Construído	Espólico	Sondagem não realizada	Aterro recente realizado por obra pública (informação proveniente da Prefeitura)

*P = Identificação do ponto investigado.

Figura 10 - Síntese descritiva dos pontos investigados.



Figura 11 - Depósitos tecnogênicos. (A) e (B) Úrbico. (C) Espólicio/úrbico. (D) Espólicio. (E) Natural/ espólicio. (F) Gárbico.

Os locais classificados como espólicios/úrbicos são depósitos de aterro caracterizados pela presença de fragmentos de rocha juntamente com intensa incorporação de resíduos de construção civil (ponto 11) e outros materiais manufaturados (pontos 8, 9 e 13) - vide figura 11C. Foi possível identificar rochas alteradas, provavelmente basalto, e pequenos fragmentos de blocos de cimento. Essa mudança de materiais resulta em um depósito areno-siltoso mais desenvolvido, com presença de matéria orgânica. O trado nesta área avançou com pouca resistência.

Os depósitos antropogênicos caracterizados como espólicios, pontos 4, 14 e 16, variam, da superfície para camadas mais profundas, de textura areno-siltosa para areno-argilosa de cor amarelada, decorrente da alteração dos fragmentos de rochas. Foi registrada a presença de um pequeno fragmento de plástico (Figura 11D). O trado avançou sem dificuldade até a profundidade de 1 metro.

Os depósitos naturais/espólicios, pontos 6 e 10, diferenciam-se do espólicio com relação à presença

de matéria orgânica, mudança na coloração e compactação, conforme fotografia da figura 11E. Sua textura é areno-siltosa, sem grandes fragmentos provenientes de material de aterro na camada subsuperficial. O trado avançou com dificuldade, o que é característica de solos bem compactados. Ambos os pontos estão localizados às margens do afluente do Rio Monjolinho.

Toda a extensão do referido afluente foi classificada como formação natural, considerando que foi observado Material Residual da Formação Itaqueri na calha do corpo hídrico. Por fim, os depósitos classificados como gárbicos, ponto 7, possuem presença intensa de descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos, de acordo com o observado nas figuras 11F, 6B 6C.

Mapeamento de Depósitos Tecnogênicos da Área Verde Urbana

A partir das informações coletadas foram desenvolvidos mapas temáticos dos depósitos tecnogênicos da área de estudo, com base em diferentes metodologias de classificação. Os resultados estão representados na figura 12

(exibidos na escala 1:5.000).

A figura 12a representa o mapeamento conforme classe e categoria, detalhados na tabela 1, enquanto que a figura 12b refere-se a classificação genética descrita nesta mesma tabela. A figura 12c refere-se ao mapeamento baseado na classificação de Fanning & Fanning

(1989), representando os depósitos das classes erodido, formação natural, espólio, úrbico e gárbico. A figura 12d, por sua vez, refere-se ao mapeamento baseado na classificação mais detalhada proposta, considerando as categorias de transição adicionais natural-espólio e espólio-úrbico.

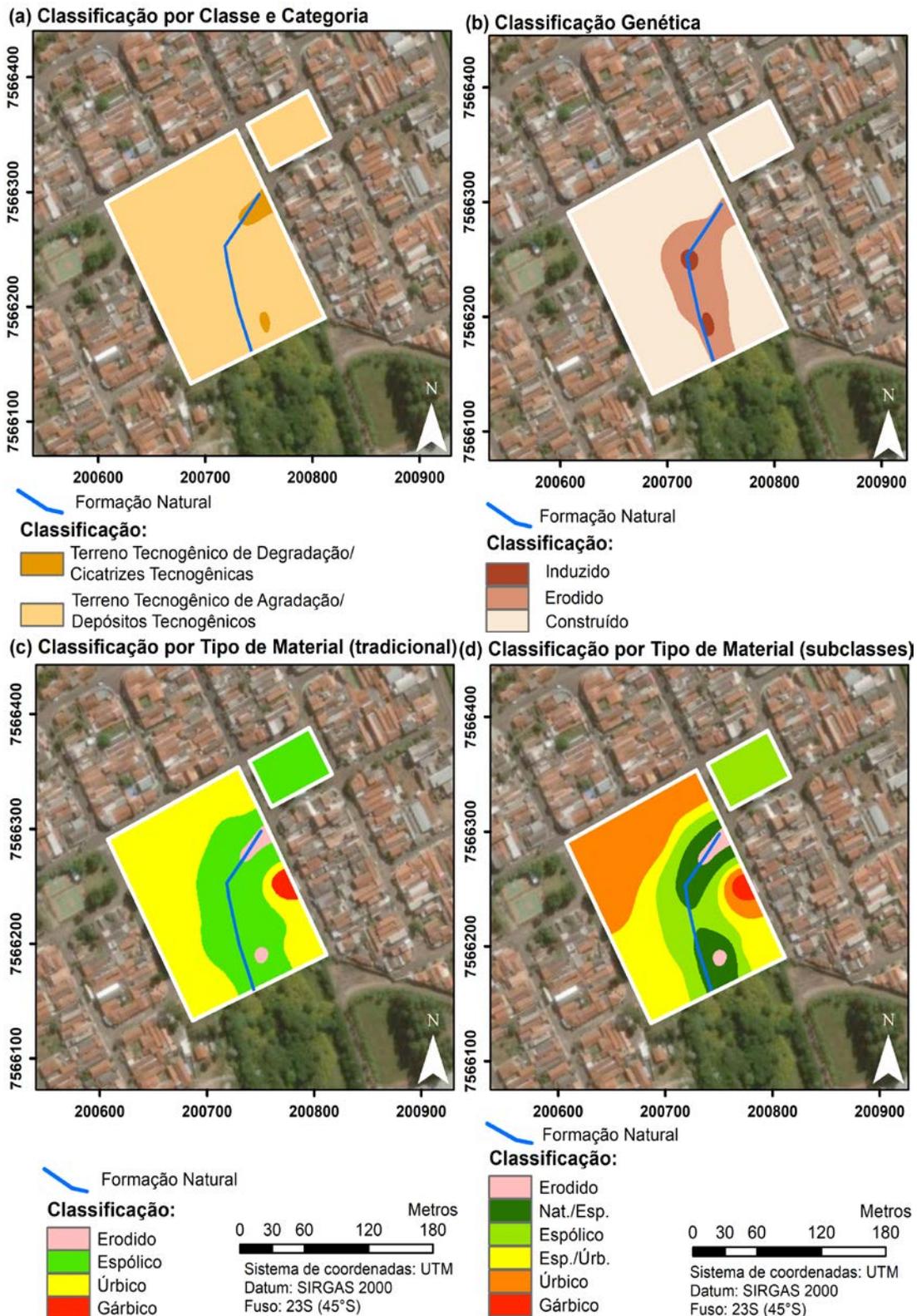


Figura 12 - Mapeamento dos depósitos tecnogênicos da área de estudo segundo diferentes metodologias. (a) e (b) Considerando os atributos de Classe, Categoria e Classificação genética de acordo com a Tabela 1. (c) Considerando a classificação proposta por Fanning & Fanning (1989). (d) Considerando a classificação elaborada neste trabalho.

Os resultados apresentados foram resultantes da técnica de interpolação *Spline*, a qual mostrou-se adequada para a finalidade de mapeamento de depósitos tecnogênicos devido à característica de obrigatoriedade de coincidência com a classe dos pontos investigados, desta forma, todos os pontos são necessariamente representados, independentemente de apresentarem mudanças repentinas de classe. Cabe ressaltar que o mapeamento da formação natural do terreno não foi incluído na interpolação, pois a ocorrência deste é coincidente com o afluente do córrego Monjolinho, identificado na figura 3. Os pontos identificados como erodidos ocorreram nas margens deste afluente, correspondendo a locais de destinação final de drenagem de águas pluviais.

A representação discreta dos resultados da interpolação é necessária devido à característica qualitativa dos dados. Desta forma, mesmo no caso da classificação proposta neste trabalho - que introduz classes transitórias - a natureza qualitativa dos dados de depósitos tecnogênicos são mantidas.

Os mapas temáticos das figuras 12a e 12b apresentaram poucas classes de diferenciação, consequência do nível hierárquico destas informações, que tratam de aspectos relacionados predominantemente com a maneira como que estes depósitos ocorreram na área. A composição destes mapas temáticos foi resultante das investigações dos fatos históricos e alterações na paisagem. Por outro lado, os mapas temáticos das figuras 12c e 12d tratam da origem dos materiais, se apoiando majoritariamente nas investigações táteis-visuais.

O mapeamento ilustrado na figura 12c exemplifica a problemática de escala, onde pontos com características discrepantes entre si acabam por ser representados de maneira generalizada.

Neste caso, apesar das informações serem representadas por mais atributos, algumas características observadas nas investigações táteis-visuais ainda acabam por ser generalizadas.

CONCLUSÕES

Através das observações em literatura foi possível constatar que os depósitos de origem antropogênica interferem no desenvolvimento da vegetação e na manutenção natural do meio. Desta forma, análises de imagens de satélite, pesquisas de campo e outras fontes acerca de depósitos superficiais de resíduos urbanos, construção civil e aterros recentes apresentam-se como aliados na

Já a figura 12d, ao incluir classes intermediárias às estabelecidas na metodologia original, permite incorporar e considerar todas as informações levantadas *in loco*, resultando em um mapeamento mais representativo do real. Isso pode ser observado, por exemplo, na caracterização dos pontos 2 e 9, por exemplo. No primeiro caso, ambos foram caracterizados como depósito tecnogênico úrbico. Contudo, durante as sondagens, apesar de ambos apresentarem uma porção de solo areno-siltoso, no ponto 2 foi identificada grande concentração de materiais de construção civil, incluindo fragmentos de cerâmica, vidro, plásticos, fibras plásticas constituindo grandes tecidos, mangueiras e tijolo; enquanto que no ponto 9 foi identificada menor concentração de entulho, sendo identificados apenas alguns fragmentos de vidro, brita e cerâmica. Desta forma, o ponto 2 caracteriza-se por um depósito úrbico e o ponto 9 caracteriza-se como um intermediário entre depósitos úrbicos e espólicos.

A porção norte da área de aplicação dos mapeamentos se diferencia bastante na comparação entre a classificação de Fanning & Fanning (1989) e a classificação proposta. O mapeamento detalhado deste local, com a inclusão das classes de transição, evidenciou o depósito tecnogênico originado do aterro realizado no passado para conter os processos erosivos (vide Figura 6) e que, na classificação tradicional, não se distingue.

Conforme mencionado na introdução, estes mapeamentos detalhados são de grande valia para o planejamento geoambiental e para a identificação de eventuais problemas geológico-geotécnicos. Pode-se mencionar a demarcação das erosões ocasionadas pela destinação final do sistema de drenagem de águas pluviais e a identificação dos depósitos úrbicos e espólicos/úrbicos, os quais coincidiram com a ocorrência de *Tithonia diversifolia* e com os locais onde foram encontrados os espécimes arbóreos adultos que não conseguiram desenvolver raízes profundas.

identificação da origem dos depósitos tecnogênicos. Complementando esta ferramenta, as sondagens mostraram-se essenciais para a caracterização detalhada dos mesmos. O estudo do perfil geológico encontrado no canal permitiu identificar as principais camadas de depósitos tecnogênicos, permitindo inclusive a observação do material inconsolidado transportado correspondente ao

Arenoso III, verificado também em literatura.

Na etapa de mapeamento verificou-se que a definição de categorias tem impacto significativo no resultado, dependendo da escala desejada. No caso das classes espóico, úrbico, gárbico e erodido, tratando-se de escalas maiores, muitas informações levantadas durante as sondagens são generalizadas ao adotar esta classificação. Por outro lado, a inclusão de subclasses de transição propostas neste trabalho - formação natural, erodido, natural/espóico, espóico, espóico/úrbico, úrbico e gárbico - evitou este efeito de generalização e proporcionou um maior detalhamento das feições investigadas.

Considerando a importância da inclusão dos

depósitos tecnogênicos nos trabalhos de cartografia geotécnica, pode-se concluir que para mapeamentos regionais, associados a escalas intermediárias, a classificação tradicional de Fanning & Fanning (1989) para materiais, bem como as outras classificações estudadas neste trabalho para classe, categoria e genética, mostram-se adequadas. Contudo, para trabalhos em escala local - ou ainda de detalhe - como é o caso da escala 1:5.000 adotada neste trabalho, a inclusão de subclasses para caracterização e mapeamento dos tipos de materiais se mostra promissora e essencial para o subsídio da tomada de decisão para a realização de obras de engenharia e ações de recuperação ambiental.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R.L. **Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos, SP**. São Carlos, 1989. 141 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- CHARZYNSKI, P.; BEDNAREK, R.; HULISZ, P.; ZAWADZKA, A. Soils within Torun urban area. In: CHARZYNSKI, P.; HULISZ, P.; BEDNAREK, R. (Ed.) **Technogenic Soils of Poland**. Torun: Polish Society of Soil Science, 2013. p.17-29.
- CHEMEKOV, Y.F. Technogenic deposits. In: INQUA CONGRESS, 11., 1983, Moscow. **Anais...** Moscou: INQUA, 1983. v.3. p. 62.
- CURCIO, G.R.; LIMA, V.C.; GIAROLA, N.F.B. **Antropossolos: proposta de Ordem (1ª aproximação)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 49p.
- DIAS, M.A. **Antropossolos: enquadramento taxonômico e implicações ambientais**. Curitiba, 2017. 132 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.
- ESRI INC. **ArcMap (versão 10.5.1)**. Redlands, Estados Unidos, 2016.
- FANNING D.S. & FANNING M.C.B. **Soil: morphology, genesis and classification**. New York: Wiley, 1989. 395p.
- FORD, J.; KESSLER, H.; COOPER, A.H.; PRICE, S.J.; HUMPAGE, A.J. **An enhanced classification for artificial ground**. Open Report OR/10/36, Nottingham: BGS, 2010, 29p.
- FRANÇA-JUNIOR, P. & SOUZA, M.L. Tecnógeno em ambientes fluviais: noroeste do Paraná, Brasil. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n. 2, p. 45-52, 2014.
- FUNDAÇÃO PRÓ-MEMÓRIA DE SÃO CARLOS. **Acervo Digital Fotográfico**. Acesso em novembro de 2018.
- GALIANO, V.A.G.; LORANDI, R.; SANTOS, F.M.; LOLLO, J.A. Carta de potencial de erosão acelerada como ferramenta para o ordenamento territorial. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 1, p. 150-166, 2021.
- IGAZ, D.; ŠINKA, K.; VARGA, P.; VRBIČANOVÁ, G.; AYDIN, E.; TÁRNÍK, A. The Evaluation of the Accuracy of Interpolation Methods in Crafting Maps of Physical and Hydro-Physical Soil Properties. **Water**, v. 13, n. 2, 2021.
- LYELL, C. **Principles of Geology**. 2ª Ed. Londres: John Murray, v. 1, 1867. 463p.
- MCMILLAN, A.A. & POWELL, J.H. 1999. **BGS Rock Classification Scheme. V.4 – Classification of artificial (man-made) ground and natural superficial deposits**. British Geological Survey Research Report Number RR 99-04, Nottingham: BGS, 1999, 65p.
- MEIRA, A.L.; LEITE, C.D.; MOREIRA, V.R.R. **Plantas indicadoras**. Fichas Agroecológicas - Tecnologias Apropriadas para a Agricultura Orgânica. Ministério da
- Agricultura, Pecuária e Abastecimento. S/d. Disp. em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-fertilidade-do-solo/35-plantas-indicadoras-parte-2.pdf>>. Acesso em dezembro de 2018.
- MIRANDOLA, F.A. & MACEDO, E.S. Proposta de classificação do Tecnógeno para uso no mapeamento de áreas de risco de deslizamentos. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n. 1, p. 66-81, 2014.
- MOZHAROVA, N.V. & GOL'TSOVA, T.V. Some features of technogenic soil layers and horizons in the zones of underground gas storages. **Moscow University Soil Science Bulletin**, v. 63, n. 3, p. 97-103. 2008.
- OLIVEIRA A.M.S. Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6., 1990, Salvador. **Anais...**São Paulo: ABGE, 1990. v. 1. p. 411-415.
- PELOGGIA, A.U.G. A ação do homem como ponto fundamental da geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n. 3, p. 257-268, 1997.
- PELOGGIA, A.U.G. A cidade, as vertentes e as várzeas: A transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 24-31, 2005.
- PELOGGIA, A.U.G. As coberturas remobilizadas: depósitos tecnogênicos de encostas urbanas no município de São Paulo. **Solos e Rochas**, v. 17, n.2, p. 125-120, 1994.
- PELOGGIA, A.U.G. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Xamã, 1998. 271p.
- PELOGGIA, A.U.G. Sobre a classificação, enquadramento estratigráfico e cartografia dos depósitos tecnogênicos. In: PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO/SEHAB/HABI (Ed.). **Estudos de Geotécnica e Geologia Urbana (I)**, São Paulo: Manual Técnico 3 (GT-GEOTEC), 1999. p. 35-50.
- PELOGGIA, A.U.G.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, A.A.; SILVA, E.C.N.; NUNES, J.O.R. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n. 1, p. 28-40, 2014.
- PELOGGIA, A.U.P. Classificação geológica e mapeamento de terrenos tecnogênicos (artificiais): estado da arte e análise comparativa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 16, 2018, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CBGE. 2018. p. 1-10.
- PELOGGIA, A.U.P. Conceitos fundamentais da análise de terrenos antropogênicos: o estudo da agência geológico-geomorfológica humana e de seus registros. **Revista do Instituto Geológico**, v. 40, n. 1, p.1-17, 2019.

- PELOGGIA, A.U.P. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. **Revista UNG - Geociências**, v. 16, n. 1, p. 102-127, 2017.
- PELOGGIA, A.U.P.; SAAD, A.R.; SILVA, R.V.; QUEIROZ, W. Processos de formação de terrenos e relevos tecnogênicos correlativos à urbanização: análise morfoestratigráfica e geoambiental aplicada na bacia do córrego água branca, Itaquaquecetuba (RMSP). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 2, p. 245-265, 2016.
- PEREIRA, A.A. Mapeamento e caracterização de depósitos tecnogênicos no bairro Batel, Guarapuava - PR. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 40, p. 80-90, 2011.
- PONS, N.A.D. **Levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos – SP, com auxílio de geoprocessamento**. São Carlos, SP, 2006. 201 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo,
- PRICE, S.J.; FORD, J.; KESSLER, H.; COOPER, A.; HUMPAGE, A. Artificial ground: mapping our impact on the surface of the Earth. **Earthwise**, v. 20, p. 30-32, 2004.
- PRICE, S.J.; FORD, J.R.; COOPER, A.H.; NEAL, C. Human as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain. **Phil. Trans. R. Soc. A**, v. 369, p. 1056-1086, 2011.
- RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 17, p. 101-111, 2005.
- ROSEMBAUM, M.S.; MCMILLAN, A.A.; POWELL, J.H.; COOPER, A.H.; CULSHAW, M.G.; NORTHMORE, K.J. Classification of artificial (man-made) ground. **EngineeringGeology**, v. 69, n. 3-4, p. 399-409, 2003.
- SANTA CATARINA. **Lista comentada de espécies exóticas invasoras no estado de Santa Catarina**: espécies que ameaçam a diversidade biológica. Florianópolis: Fundação do Meio Ambiente., 2016. 88 p.
- SCARPINELLA, G.D. & SILVA, R.S. Pomares urbanos em São Carlos, SP - Relato da Experiência de implementação. In: JORNADA DE GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL, 5., 2019, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2019.
- SHERLOCK, R.L. **Man as a geological agent: an account of his action on inanimate nature**. Londres: H.F. & G. Witherby, 1922. 372p.
- SILVA, S.F. **Avaliação das alterações ambientais na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Piçarrão, Campinas-SP**. São Carlos. 2000. 149 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Departamento de Geotecnia, Universidade de São Paulo.
- STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; ROCKSTRÖM, J.; SCHELLNHUBER, H.J.; DUBE, O.P.; DUTREUIL, S.; LENTON, T.M.; LUBCHENCO, J. The emergence and evolution of Earth System Science. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 1, p. 54-63, 2020.
- TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Technogene. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, v. 38, p. 133-142, 1988.
- TOYAMA, D.; ARRUDA, N.S.; OLIVATTO, T.F.; MENEZES, D.B. Identificação de depósitos tecnogênicos na microbacia do bairro Jockey Club, São Carlos – SP. In: CONGRESSO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 16., 2019, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: IFSuldeMinas, 2019.
- VOLUNGEVICIUS, J. & SKORUPSKAS, R. Classification of anthropogenic soil transformation. **Geologija**, v. 53, n. 4(76), p. 165-177, 2011.
- ZAINE, J.E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)**. Rio Claro. 2000. 149 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

*Submetido em 3 de outubro de 2021
Aceito para publicação em 30 de novembro de 2022*