

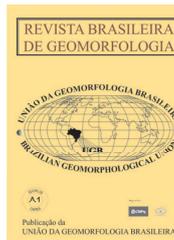


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 18, nº 4 (2017)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1279>



TERRENOS E PROCESSOS TECNOGÊNICOS NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL CABUÇU-TANQUE GRANDE, GUARULHOS (SP): ANÁLISE, MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO

TECHNOGENIC GROUND AND PROCESSES IN THE CABUÇU – TANQUE GRANDE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA, GUARULHOS (SP): ANALYSIS, MAPPING AND QUANTIFICATION

Eliana Queiroz de Godoi Santos

*Programa de Pós-Graduação em Análise Geoambiental, Universidade de Guarulhos
Pça. Tereza Cristina, nº 229, Guarulhos, São Paulo. CEP: 07023-070. Brasil
Emails: lyashow@hotmail.com*

Anderson Targino da Silva Ferreira

*Programa de Pós-Graduação em Análise Geoambiental, Universidade de Guarulhos
Pça. Tereza Cristina, nº 229, Guarulhos, São Paulo. CEP: 07023-070. Brasil
Emails: andersontsferreira@gmail.com*

Alex Ubiratan Goossens Peloggia

*Pesquisador Independente
Av. São Luís, no. 71, apto 304. São Paulo, São Paulo. CEP: 01046-001. Brasil
Emails: alexpeloggia@uol.com.br*

Antonio Roberto Saad

*Programa de Pós-Graduação em Análise Geoambiental, Universidade de Guarulhos
Pça. Tereza Cristina, nº 229, Guarulhos, São Paulo. CEP: 07023-070. Brasil
Emails: asaad@prof.ung.br*

Antonio Manoel dos Santos Oliveira

*Programa de Pós-Graduação em Análise Geoambiental, Universidade de Guarulhos
Pça. Tereza Cristina, nº 229, Guarulhos, São Paulo. CEP: 07023-070. Brasil
Emails: amanoel2030@gmail.com*

Marcelo Soares Teles Santos

*Centro de Formação em Ciências, Tecnologias e Inovação, Universidade Federal do Sul da Bahia
Rod. Ilhéus-Vitória da Conquista, km 39, BR 415, Itabuna, Bahia. CEP: 45613204. Brasil
Email: marcelostsantos@gmail.com*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
08/07/2017
Aceito (Accepted):
15/08/2017

Palavras-chave:

Terrenos Tecnogênicos; EUPS;
APA-CTG.

Keywords:

Technogenic Ground; USLE,
EPA-CTG.

Resumo:

O presente estudo permitiu mapear e analisar os terrenos e os processos geológicos e geomorfológicos tecnogênicos (antropogênicos) que têm recentemente transformado de forma significativa a Área de Proteção Ambiental Cabuçu - Tanque Grande (APA-CTG), localizada no município de Guarulhos (SP). A metodologia empregada consistiu na análise e cartografia da diversidade de terrenos tecnogênicos e do relevo associado, bem como da aplicação da Equação Universal da Perda de Solos (EUPS) de forma adequada à particularidade da nova configuração da paisagem gerada pela ação humana. Foram caracterizados terrenos tecnogênicos mistos, modificados, de degradação e agradativos, que juntos ocupam 697 ha e apresentaram um potencial de perda de solo com cerca de 8.610,3 $ton\ ha^{-1}ano^{-1}$, principalmente nas áreas de escavações para terraplanagem das obras do Rodoanel Metropolitano Trecho Norte e nas cavas de mineração.

Sobrevoos de helicóptero e trabalhos de campo evidenciaram feições tecnogênicas de degradação (escavação e terraplanagem), bem como a formação de relevos tecnogênicos (terraços e planícies aluvionares tecnogênicos) decorrentes da deposição de materiais de fácies gárbica, espólica e úrbica em fundos de vales.

Abstract:

The present study have mapped and analyzed the technogenic (anthropogenic) geological ground and geomorphologic processes that have recently transformed the Cabuçu - Tanque Grande Environmental Protection Area (EPA - CTG), located in the city of Guarulhos (SP). The methodology employed was the analysis and cartography of the diversity of technogenic ground and associated relief, as well as the application of the Universal Soil Loss Equation (USLE) in a way that is appropriate to the particularity of the new landscape configuration generated by human agency. It was characterized mixed, modified, degraded and aggraded technogenic ground that together occupy 697 ha and presented a potential of soil loss with around 8,610.3 $ton\ ha^{-1}ano^{-1}$, mainly in the areas of excavations for earthwork of the Metropolitan Roadway (North Wing) and in mining holes. Helicopter overhangs and fieldwork evidenced technogenic degradation features (excavation and earthmoving), as well as the formation of technogenic reliefs (terraces and technogenic alluvial plains) arising from the deposition materials of garbic, spolic and urbic facies in valley bottoms.

Introdução

Guarulhos é o segundo maior município paulista em população, com mais de 1.220 mil habitantes em 2010 (IBGE, 2010). Localizado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), fica a apenas 17 km do centro da maior metrópole da América Latina e a 108 km do Porto de Santos, e é servido por duas das principais rodovias nacionais: a Presidente Dutra, eixo de ligação São Paulo - Rio de Janeiro, e Fernão Dias, que liga São Paulo a Belo Horizonte. Conta ainda com a Rodovia Ayrton Senna, uma das mais modernas do país, que facilita a ligação de São Paulo diretamente ao Aeroporto Internacional de Guarulhos (GUARULHOS, 2016).

Devido a sua posição geográfica, o território de Guarulhos tem passado por grandes transformações nas

últimas décadas, principalmente em relação à produção e expansão do seu espaço urbano, cuja dinâmica tem sido pautada pelo aquecimento do mercado imobiliário formal, pelos grandes projetos de estruturação do solo urbano (IACOVINI, 2013), tais como as obras de ampliação do Aeroporto Internacional e do Corredor Metropolitano, canalização de rios, projetos de vias marginais e habitacionais, além das obras do Trecho Norte do Rodoanel Metropolitano (GUARULHOS, 2016).

Entretanto, essa dinâmica também tem sido caracterizada por uma expansão periférica desordenada que, além da eliminação radical da cobertura vegetal (OLIVEIRA *et al.* 2010), entre outras consequências leva à formação de paisagens tecnogênicas, originadas pela modificação dos processos geológicos naturais, pela transformação do relevo de terrenos naturais

preexistentes ou mesmo pela criação, de forma direta ou indireta, de novas camadas antropogênicas, um processo conjugado que tem sido descrito em toda a RMS (e.g. PELOGGIA, 1996, 1998a,b; PELOGGIA *et al.*, 2014a,b; RODRIGUES, 2005, 2010, 2015; LUZ, 2010, 2014; GOUVEIA, 2010; LUZ e RODRIGUES, 2013, 2015). Devido à forma frequentemente intensa e agressiva que essas transformações paisagísticas ocorrem, tem-se a necessidade de quantificar e avaliar de maneira mais precisa esses processos que ocorrem em períodos de tempo relativamente curtos em relação ao ritmo dos processos naturais não perturbados.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Caracterização da área de estudo

A Área de Proteção Ambiental Cabuçu Tanque-Grande (APA-CTG) foi constituída por meio da Lei Municipal n.º 6798/2010, com o objetivo de estabelecer o uso sustentável dos recursos naturais e contemplar a melhoria da qualidade de vida das comunidades locais e o controle ambiental da ocupação (GUARULHOS, 2010). Esta área abrange cerca de 3.219 ha e está

localizada na porção noroeste do município. Sua delimitação compreende todo o bairro Tanque Grande e parcialmente os bairros Cabuçu, Invernada, Bananal e Fortaleza, e funciona como zona de amortecimento do Núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira, que busca reduzir o efeito de borda causado pela crescente urbanização (ANDRADE, 2009).

Esta região apresenta clima com características de Mesotérmico Brando Úmido (ANDRADE, 1999), com um ou dois meses secos e temperatura média anual entre 18°C e 19°C, sendo a média do mês mais quente inferior a 22°C e do mês mais frio inferior a 15°C. A topografia é enérgica, superando em alguns divisores os 1000 m de altitude, com relevo de morros e montanhas onde ocorrem nascentes como as dos rios Cabuçu de Cima (oeste), Cachoeirinha-Invernada (centro) e Ribeirão Tanque-Grande (leste). Esse relevo é sustentado por maciços do embasamento Pré-Cambriano, constituído por rochas metamórficas (metassedimentos e metavulcânicas) com intrusões graníticas, recobertas por Argissolos, Cambissolos e Neossolos Litólicos, predominantemente rasos e argilosos (MONTEIRO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

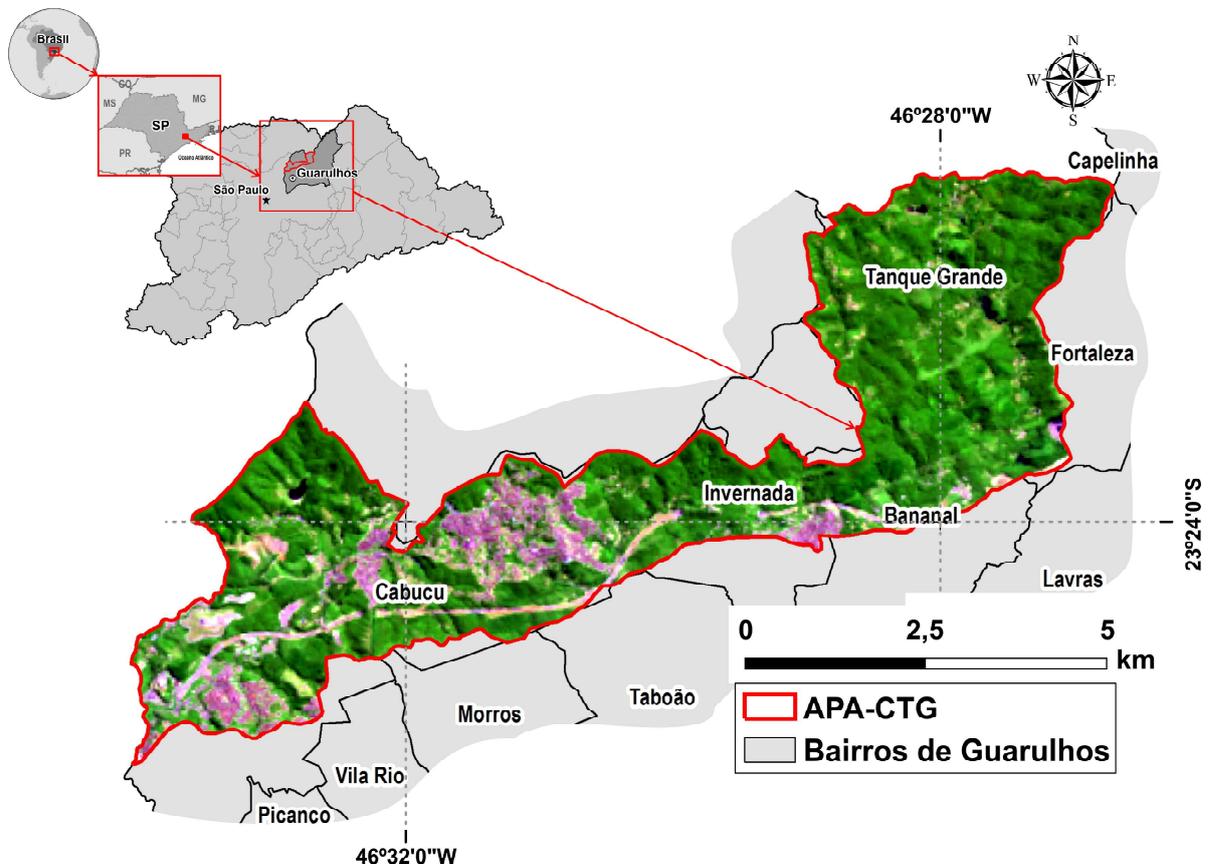


Figura 1 - Mapa de localização da APA-CTG.

2.2 Terrenos e Processos Tecnogênicos

Os terrenos geológicos tecnogênicos (também chamados de artificiais ou antropogênicos) são maciços constituídos por materiais geológicos ou superfícies do relevo resultantes direta ou indiretamente da agência humana, formados por processos de agradação (acumulação de material geológico), degradação (desgaste ou remoção de material) e transformação (modificação *in situ* de substratos geológicos ou superfícies geomorfológicas preexistentes). No Brasil, o estudos desses

terrenos tem se desenvolvido desde a década de 1990, inicialmente tendo como referencial teórico os conceitos da Geologia de Engenharia Soviética, e posteriormente dialogando com as propostas da Geologia Britânica (e.g. OLIVEIRA, 1990, 1995, 2005; PELOGGIA, 1997, 1998a,b, 1999, 2005, 2015; NOLASCO, 2002; OLIVEIRA *et al.* 2005; PELOGGIA E OLIVEIRA, 2005; PELOGGIA *et al.* 2014a,b; VITORINO *et al.* 2016). Tais pesquisas têm possibilitado a proposição e uso de alguns conceitos básicos aplicáveis à análise e mapeamento (Quadro 1):

Quadro 1: Conceitos básicos para análise de terrenos tecnogênicos (adaptado de Peloggia *et al.* 2014a,b; OLIVEIRA *et al.*, no prelo)

CONCEITOS BÁSICOS NA ANÁLISE DE TERRENOS TECNOGÊNICOS	
Conceito	Descrição
Geodiversidade tecnogênica	Variada de tipos de terrenos, constituídos por diversos materiais e ocupando diferentes posições no relevo, que são produzidos direta ou indiretamente pela agência geológica e geomorfológica humana.
Camada tecnogênica	Qualquer tipo de depósito ou horizonte de solo de caráter tecnogênico. São essencialmente formações geológicas de superfícies aflorantes ou quase aflorantes, que mostram uma posição espacial superposta de forma autóctone (solos) ou alóctone (depósitos) em relação ao substrato natural, e frequentemente uma expressão característica de relevo.
Depósito tecnogênico	Formações geológicas superficiais diretamente criadas, acumuladas ou induzidas pela ação humana. Também são chamadas de formações antropogênicas ou antrópicas.
Horizonte de solo tecnogênico	Horizonte formado por modificações <i>in situ</i> do perfil original do solo superficial (pedológico) ou do solo de alteração de rocha (alterita).
Fácies tecnogênica	Constituição, aspecto e forma de ocorrência dos materiais acumulados ou transformados nesses terrenos, sendo uma característica essencial das camadas tecnogênicas, relacionada aos processos de formação.
Superfície geomórfica ou feição tecnogênica	Forma de relevo associada a terreno tecnogênico de agradação ou degradação.
Perfil ou seção tecnogênica	Estratigrafia resultante de um determinado terreno constituído por camadas tecnogênicas.
Ambientes tecnogênicos	Contexto específico em que a formação do terreno tecnogênico ocorre, ou seja, a situação geomorfológica (compartimento de relevo), a constituição original dos terrenos (substrato geológico e formações superficiais) e a posição geográfica (relativa às atividades e assentamentos humanos).
Sistema tecnogênico	Conjunto de processos tecnogênicos associados a ações humanas relacionadas a contextos geográficos (territoriais) específicos.
Processo tecnogênico	Ação efetuada diretamente pela humanidade ou outros fenômenos que decorrem da ação humana e que resultam em mobilização ou modificação de material geológico.

3. Metodologia

O método empregado neste estudo pode ser dividido em três etapas: i) Mapeamento das áreas tecnogênicas da APA-CTG; ii) Quantificação dos processos tecnogênicos por meio da Equação Universal da Perda de Solos (EUPS), e; iii) Análise integrada dos resultados.

3.1 Classificação e critérios de mapeamento de áreas tecnogênicas

Dentre os terrenos tecnogênicos, as primeiras propostas de classificação foram realizadas no âmbito da Geologia de Engenharia, para depósitos, e no da Ciência dos Solos, para solos influenciados pela ação humana. A

diversidade de perspectivas de análise e de interesses de estudo gerou, no entanto, uma diversidade terminológica bastante complexa, e muitas vezes redundante. Tendo isto em vista, foi proposta recentemente uma classificação geral dos terrenos tecnogênicos baseada no critério central de processo formador. Distinguem-se, dessa maneira, as seguintes classes (PELOGGIA *et al.* 2014a):

- **Terrenos tecnogênicos de agradação (Tag)**, formados pela acumulação de material geológico, em que se observam depósitos tecnogênicos sobre terrenos naturais ou escavados.
- **Terrenos tecnogênicos de degradação (Tdg)**, resultantes da remoção ou deslocamento de material

geológico que resultam em alterações de morfologia pela perda ou translação de volume.

- **Terrenos tecnogênicos modificados (Tmd)**, criados pela transformação *in situ* de material geológico original, em que se observam horizontes de solo transformados.
- **Terrenos tecnogênicos mistos (Tmx)**, resultantes de superposições complexas de ações humanas em que se observam camadas sobrepostas ou dispostas irregularmente.

Nessa perspectiva, a cada classe de terreno tecnogênico correspondem camadas ou feições tecnogênicas características, conforme indicado no Quadro 2.

Quadro 2: Classificação geral sintética dos terrenos tecnogênicos (adaptada e ampliada de Peloggia *et al.* 2014a).

CLASSE	CATEGORIA GEOLÓGICA	TIPO	CAMADA OU FEIÇÃO TECNOGÊNICA
Terreno Tecnogênico de Agradação (Tag)	Formações superficiais antropogênicas e formas de relevo associadas (A)	Terreno produzido (1)	Depósitos tecnogênicos construídos sobre terreno natural (a)
		Terreno acumulado (2)	Depósitos tecnogênicos ocupacionais (camadas arqueossedimentares) (b)
		Terreno preenchido (3)	Depósitos tecnogênicos construídos de preenchimento recobrimdo terreno escavado ou erodido. (c)
		Terreno tecnogênico- sedimentar aluvial (4)	Depósitos tecnogênico-sedimentares induzidos de tipo aluvial, de fundo de vale. (d)
		Terreno tecnogênico- sedimentar coluvial (5)	Depósitos tecnogênicos-sedimentares induzidos de tipo coluvial, de encosta. (e)
		Terreno remobilizado (6)	Depósitos tecnogênicos formados pela movimentação e redeposição de material proveniente de depósitos preexistentes. (f)
Terreno Tecnogênico de degradação (Tdg)	Formas de relevo tecnogênicas (B)	Terreno erodido (1)	Cicatrizes de erosão criadas por processos induzidos (sulcos, ravinas, voçorocas) (a)
		Terreno escorregado ou marcado por cicatrizes de escorregamentos (2)	Cicatrizes de escorregamentos criadas por processos induzidos (b)
		Terreno movimentado ou afundado (3)	Depressões de subsidência criadas por processos induzidos (dolinas, poços, sumidouros, depressões) (c)
		Terreno escavado (4)	Superfícies de escavação (cortes de terraplanagem, cavas de mineração) (d)
Terreno Tecnogênico Modificado (Tmd)	Solos tecnogênicos (C)	Terreno quimicamente alterado (1)	Horizontes de solo contaminados (efluentes, pesticidas) (a)
		Terreno mecanicamente alterado (2)	Horizontes de solo compactados ou revolvidos (b)
Terreno Tecnogênico Misto (Tmx)	Formas mistas (D)	Terreno sobreposto (1)	Perfis tecnogênicos resultantes de mais de um processo tecnogênico agradativo. (a)
		Terreno complexo (2)	Perfis tecnogênicos resultantes de processos tecnogênicos ou naturais, agradativos, degradativos ou modificadores. (b)

Quanto à questão cartográfica dos terrenos tecnogênicos, já foi discutida a representação em mapas do Quaternário, juntamente com outras formações superficiais, a representação individual dos depósitos, ou a representação de unidades geotécnicas nos quais os depósitos constituem a porção superficial do perfil geológico (BARROS E PELOGGIA, 1993; PELOGGIA, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 2015; VITORINO *et al.*; 2016). No entanto, para as finalidades deste estudo, optou-se pela utilização da proposta do Serviço Geológico Britânico, que consiste na representação dos terrenos tecnogênicos por meio de padrões hachurados sobre o mapa geológico convencional (MCMILLAN E POWELL, 1999; ROSEMBAUM *et al.*, 2003; PRICE *et al.*, 2004).

3.2 Cálculo de material tecnogênico produzido por meio da Equação Universal da Perda de Solos (EUPS).

O cálculo de material tecnogênico produzido foi efetuado por meio da Equação Universal da Perda de Solos (EUPS). Este modelo permite estimar a perda média anual de solo provocada pelas erosões difusa e concentrada, ou seja, a erosão laminar e em sulcos, em relação aos fatores que representam o clima, o solo, a topografia, o uso e o manejo do solo (PRUSKI, 2009). Segundo Wischmeier & Smith (1978), os principais parâmetros envolvidos no modelo (Equação 1) são:

$$PS = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

em que (PS) representa a perda de solo por unidade de área, dada em $ton\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ e/ou $m^3\ ha^{-1}\ ano^{-1}$; (R) representa o fator erosividade das chuvas, em $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$; (K) representa o fator erodibilidade do solo, em $ton\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$; (LS) representa o fator topográfico (adimensional), sendo: (L) representa o fator comprimento de

encosta, em metros, e (S) representa o fator declividade, em graus; (C) representa o fator uso e manejo do solo, adimensional; (P) representa o fator práticas conservacionistas, adimensional, quando houver.

Os três primeiros fatores (R, K e LS) são dependentes das características naturais do meio físico, enquanto que os dois últimos (C e P) são relacionados às formas de ocupação e uso dos solos (processos tecnogênicos).

O Fator de erosividade (**Fator R**), representa a energia cinética potencial (MJ.mm/h.ha), que a chuva ou enxurrada têm em provocar erosão em uma área (LOMBARDI NETO & MOLDEHAUER, 1980). Este pode ser estimado pelas equações 2 e 3:

$$EI = 6,886 * (Pm^2 / P)^{0,85} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo, P a precipitação anual (mm), P_m a precipitação média mensal (mm) e EI a média mensal do índice de erosão em MJ.mm/h.ha.

$$R = \sum_{1}^{12} EI \quad (\text{Equação 3})$$

Para o município de Guarulhos, tomou-se a média mensal da precipitação mensal e a precipitação média anual, derivados dos dados bioclimáticos do *WorldClim* (<http://www.worldclim.org/>).

Segundo Wischmeier & Smith (1978), o fator de erodibilidade do solo (**Fator K**) representa a susceptibilidade à erosão ou a falta de capacidade de resistir aos processos erosivos para um determinado tipo de solo. De acordo com Mannigel *et al.* (2002), tal fator depende de vários atributos como: porcentagem areia, silte e argila. Assim, no Quadro 3 são colocados os valores de K segundo a classe de solo.

Quadro 3: Valores do fator erodibilidade (K) e da tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. Adaptado de Mannigel *et al.* 2002.

Classe de solo		Fator erodibilidade (K)
Nome		t.ha.h/ha.MJ.mm
1	Argissolo Vermelho-Amarelo	0,0460
2	Cambissolo Háptico	0,0254
3	Gleissolo Háptico	0,0044
4	Latossolo Amarelo	0,0570
5	Latossolo Vermelho-Amarelo	0,0112
6	Neossolo Litólico	0,0450
7	Cambissolo Háptico	0,0254
8	Mineração	0,0000
9	Plintossolo Háptico	0,0092

O **Fator LS** foi gerado a partir da Equação 4 e 5 de acordo com a metodologia proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2008).

$$LS = 0,00984 * \lambda^{0,63} * D^{1,18} \quad (\text{Equação 4})$$

$$\lambda = \sqrt{pxl^2 + \left[\left(\frac{D}{100} \right) * 100 \right]} \quad (\text{Equação 5})$$

onde, LS = fator topográfico; λ = comprimento de rampa; D = declividade do terreno (%), e *pxl* é o tamanho do *pixel* da imagem.

Para o **Fator C**, utilizou-se a classificação utilizada por Haan *et al.* (1994) cujos valores de C variaram de acordo com as condições de uso e ocupação da terra (Quadro 4).

Quadro 4: Valores do fator C para cada tipo de uso e ocupação do solo. Adaptado de Haan *et al.* (1994).

Corpo d'água	0
Veg. arbórea	0,003
Veg. herbácea	0,013
Culturas agrícolas	0,003
Construções rurais	0,003
Construções urbanas	0,45
Aterro/corte de estrada/mineração	1

Para tanto, o mapa do uso e ocupação da terra foi gerado com o auxílio do *software* ArcGIS 10.2, por meio da vetorização e reconhecimento visual das feições representativas das 7 classes (corpos d'água, vegetação arbórea, vegetação herbácea, culturas agrícolas, construções rurais, construções urbanas e aterros/cortes de estrada/mineração). A classificação teve como base uma imagem orbital de 18/04/2016 do satélite Landsat-8 sensor OLI (USGS, 2016), composição colorida correspondente às faixas do infravermelho médio, infravermelho próximo e do visível, respectivamente para os canais vermelho, verde e azul (*i.e.* R7, G5, B2). Tal combinação possibilita boa discriminação dos alvos (FERREIRA *et al.*, 2013).

Para auxiliar na identificação das categorias mapeadas, foram utilizadas as imagens de alta resolução do satélite IKONOS-II PSM disponibilizadas no *software* Google Earth Pro (GOOGLE, 2016), de 16/08/2016. Bem como, fotografias aéreas oblíquas obtidas a

partir de um sobrevoo de helicóptero, realizado em 06/10/2015, orientado pelas coordenadas geográficas dos pontos de interesse.

Para o **Fator P**, como a área não é protegida por nenhuma prática de proteção do solo, este é igual a 1,00.

3.3 Análise integrada dos resultados

Esta foi realizada por meio da integração do mapa das áreas tecnogênicas, quanto a: classe, categoria geológica, tipo e camada ou feição tecnogênica, e a estimativa de material tecnogênico produzido por meio da Equação Universal da Perda de Solos (EUPS).

4. Resultados e Discussões

4.1 Mapeamento de áreas tecnogênicas

O substrato geológico da região da APA-CTG é principalmente representado por rochas pré-cambrianas metassedimentares, metavulcânicas básicas e rochas graníticas (gnaisse), respectivamente representadas pelas classes metapelito, metabásica e granitoide (Figura 2). Segundo Oliveira *et al.* (2008), as primeiras (metassedimentares) são principalmente de origem pelítica, filitos e xistos, ocorrendo na forma de placas quando aflorantes ou recobertas por solos rasos amarelos. As metavulcânicas, como o nome já diz, tem sua origem no magma vulcânico com posterior processo de metamorfismo e ocorrem intercaladas aos metassedimentos. A erosão de sua superfície gerou solos profundos, vermelhos e férteis.

Já as rochas de origem granítica como os gnaisses (Figura 2), predominam na porção sudeste da área de estudo, bem como, no extremo noroeste, intercaladas com as rochas metassedimentares e por vezes parcialmente recobertas em fundos de vales. Formações ferríferas do tipo Algoma e turmalinitos de origem exalativa também ocorrem falhadas na porção nordeste da APA-CTG (JULIANI, 1995; OLIVEIRA *et al.*, 2009, MONTEIRO *et al.*, 2012). Estruturas geológicas como falhas e zonas de cisalhamento, condicionam a distribuição das rochas e do relevo numa orientação SE-NE (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

No mapa da Figura 2, podemos identificar, de acordo com o Quadro 1, cinco classes de terrenos tecnogênicos, são elas: i) **Tmx, D2b** - Terrenos tecnogênicos de formas mistas e complexos, com perfis resultantes de processos tecnogênicos ou naturais, agradativos, degradativos ou modificadores (áreas urbanizadas ou

em processo de urbanização); ii) **Tmd, C2b** - Terrenos tecnogênicos mecanicamente modificados com horizontes de solo compactados ou revolvidos (áreas de cultura agrícola); iii) **Tdg, B4d** - Terrenos tecnogênicos de degradação, com formas de relevo tecnogênicas associadas a terrenos escavados do tipo cortes de terraplanagem (obras do RMSP trecho norte) e cavas de mineração; iv) **Tmx, D1a** - Terrenos tecnogênicos de agradação, com formações superficiais antropogênicas associadas

às formas de relevo de preenchimento construídos sobre terreno natural (aterros sanitários), sujeitos a erosão linear e movimentos de massa (MARQUES; OLIVEIRA, 2014); **Tag, A4d** - Terrenos tecnogênicos de agradação, com formações superficiais antropogênicas associadas a formas de relevo de planície aluvial com depósitos tecnogênico-sedimentares induzidos de tipo aluvial e/ou de fundo de vale, sujeitos principalmente a assoreamentos e inundações (BRANNSTROM; OLIVEIRA, 2000).

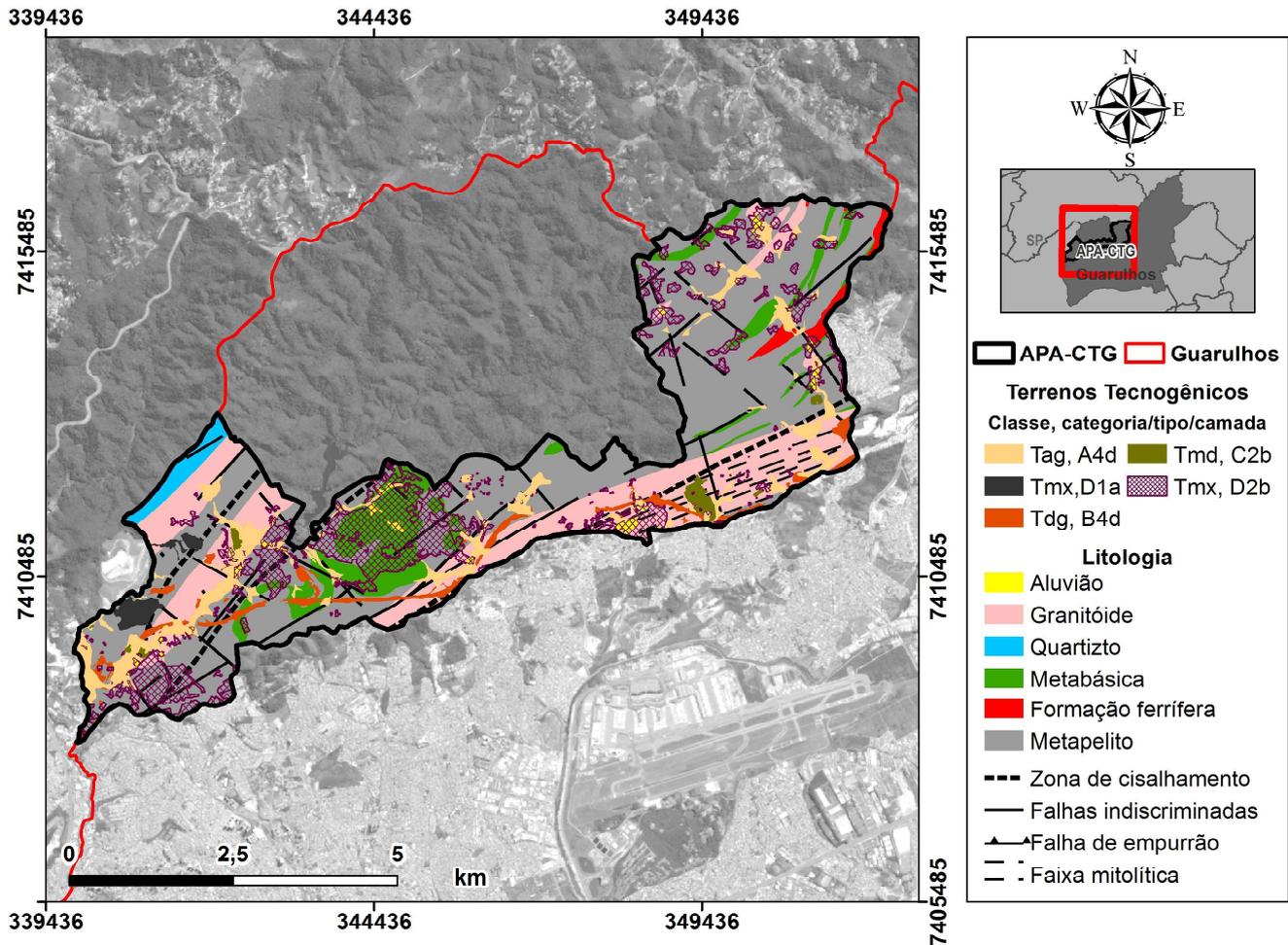


Figura 2 - Mapa dos terrenos tecnogênicos e da litologia da APA-CTG. Modificado de Oliveira et al. 2009.

4.2 Análise dos fatores de erosividade

De acordo com o mapa da Figura 3 (a), a **erosividade (R)** anual na APA-CTG variou entre $685 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $700 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com média de $690 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, desvio padrão de $2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O valor médio encontrado para a área de estudo ficou próximo àqueles citados por Bertoni & Lombardi Neto (2008), que foi de $720 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$

ano^{-1} para o Estado de São Paulo e de $675 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para Guarulhos.

A porção norte da área de estudo apresentou a maior erosividade média ($700 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), seguida das áreas central e extremo leste com $691\text{-}695 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Para as demais áreas a média foi de $686 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Salienta-se que o baixo desvio padrão do índice de **erosividade (R)** apresentado indica

que a distribuição deste fator na APA-CTG foi bem homogêneo em relação à sua distribuição geográfica.

A **erodibilidade (K)** na APA-CTG (Figura 3 - b) variou entre $0,004 \text{ ton ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}$ e $0,06 \text{ ton ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}$, com valor médio de $0,03 \text{ ton ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}$ e desvio padrão de $0,017 \text{ ton ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}$. A alta erodibilidade encontrada na área de estudo ($> 0,04$) se deu em função da associação de Neossolos Litólicos e Cambissolos. Enquanto que a associação de Gleissolos com Latossolos Amarelos e Vermelhos-Amarelos tenderam a reduzir a estimativa do valor de K, nas porções próximas as planícies aluvionares (MANNIGEL *et al.*, 2002).

De acordo com a Figura 3 (c), o **Fator LS** médio para toda a APA-CTG foi de 3,6, associado à declividade que variou entre 6% e 12%, com os maiores valores (10-17) relacionados às áreas com alta declividade

($>30\%$) com predomínio de relevo ondulado a forte ondulado. Valores muito baixos de LS (0-2) apareceram em áreas de planícies e terraços aluvionares, cujas declividades foram inferiores a 6%.

Na Figura 3 (d), a variação do **Fator C** ocorreu em função das condições de uso e ocupação das terras, onde as áreas de aterro/corte de estrada/mineração apresentaram o maior valor desse parâmetro (1). Para as feições áreas urbanas e vegetação herbácea, os valores foram respectivamente 0,45 e 0,013, enquanto que para as feições relacionadas às construções rurais, culturas agrícolas e vegetação arbórea o valor foi de 0,003 (HAAN *et al.*, 1994).

Vale salientar que o **Fator P** não foi avaliado, pois na área de estudo não há nenhuma prática de proteção do solo, ficando este fator com nota igual a 1,0.

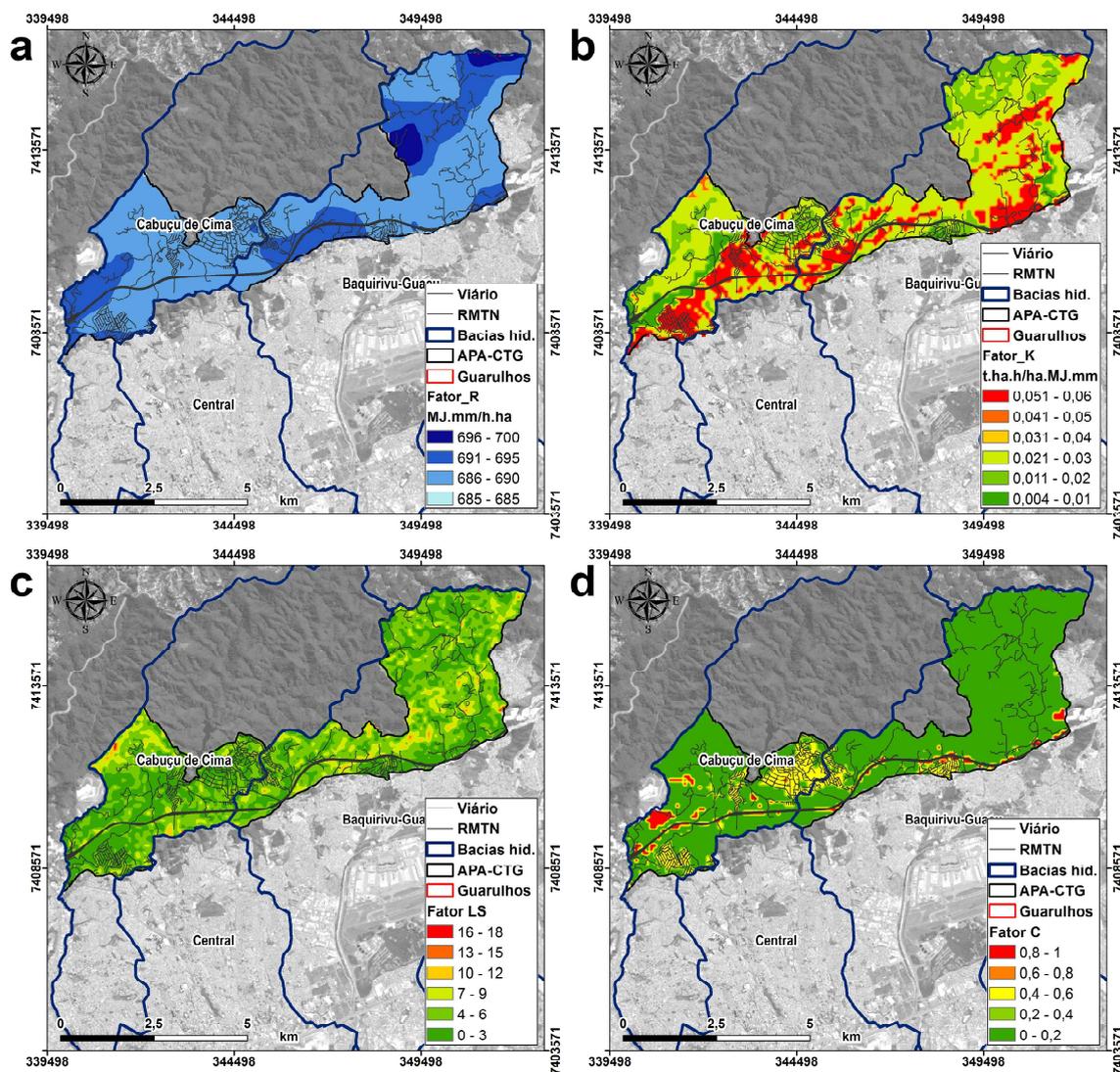


Figura 3 – Fatores envolvidos na aplicação da Equação Universal da Perda de Solos da APA-CTG: (a) Fator de erosividade da chuva (R); (b) Fator de erodibilidade do solo (k); (c) Fator topográfico LS; (d) Fator referente ao Uso do solo (C).

4.3 Análise do material tecnogênico produzido

Segundo Wall (1997), um aspecto muito importante na proteção do solo é o tipo de uso e ocupação, que a depender desse último, podem aumentar em várias vezes as perdas de solo quando comparado, por exemplo, com áreas naturais de floresta arbórea como no mapa da Figura 4 (a) que possui em média um potencial de perda de solo de $0,22 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Assim, no mapa da Figura 4 (b), é possível observar que em média, os terrenos tecnogênicos apresentaram um Potencial de Perda de Solo (PPS) considerado “moderado”.

No entanto, na Tabela 1 é possível estimar que terrenos tecnogênicos juntos (697 ha), perdem cerca de $8.610,3 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Ou seja, em relação aos terrenos naturais da Figura 4 (b), as áreas tecnogênicas apresentaram um potencial de perda de solo 12 vezes maior que os terrenos naturais. Alcançando níveis “severos” de

cerca de $100 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, principalmente nas áreas de escavações para terraplanagem das obras do Rodoanel Metropolitano Trecho Norte (RMTN), observadas nas imagens da Figura 5 (d, e, f), bem como nas cavas de mineração de granito (Figura 5 - d).

Terrenos Tecnogênicos Mistos (Tmx, D1a) como os aterros sanitários encontrados na porção sudoeste da APA-CTG (Figura 4 - d) e observados na Figura 5 (c), apresentaram um PPS total de cerca de $603,2 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para uma área de 35 ha. Já os Terrenos Tecnogênicos Modificados de classe “Tmd, C2b” do tipo *cultura agrícola*, observados na porção ESE da APA-CTG (Figura 5 - f), aparecem interdigitados horizontalmente entre feições naturais de floresta arbórea e terrenos de degradação do tipo cortes de terraplanagem (Tdg, B4d) das obras do RMTN. Esses apresentam um PPS médio de $5,4 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e um total de $146,7 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para uma área de aproximadamente 27 ha (Tabela 1).

Tabela 1: Perda potencial ($\text{ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de solo em função das classes de terrenos tecnogênicos.

Terrenos Tecnogênicos	Área ha	Mínimo	Máximo	Amplitude	Média	Desvio Padrão	Soma
Tag, A4d	22	0,1	17,9	17,8	2,2	4,3	48,5
Tmd, C2b	27	0,2	40,6	40,3	5,4	8,9	146,7
Tmx, D1a	35	4,5	30,5	26,0	17,2	8,2	603,2
Tdg, B4d	113	0,0	84,3	85,7	13,9	13,7	1576,6
Tmx, D2b	500	0,0	54,7	56,7	12,5	9,9	6235,3
Terrenos naturais	3219	0,0	1,02	0,79	0,22	0,12	720,7

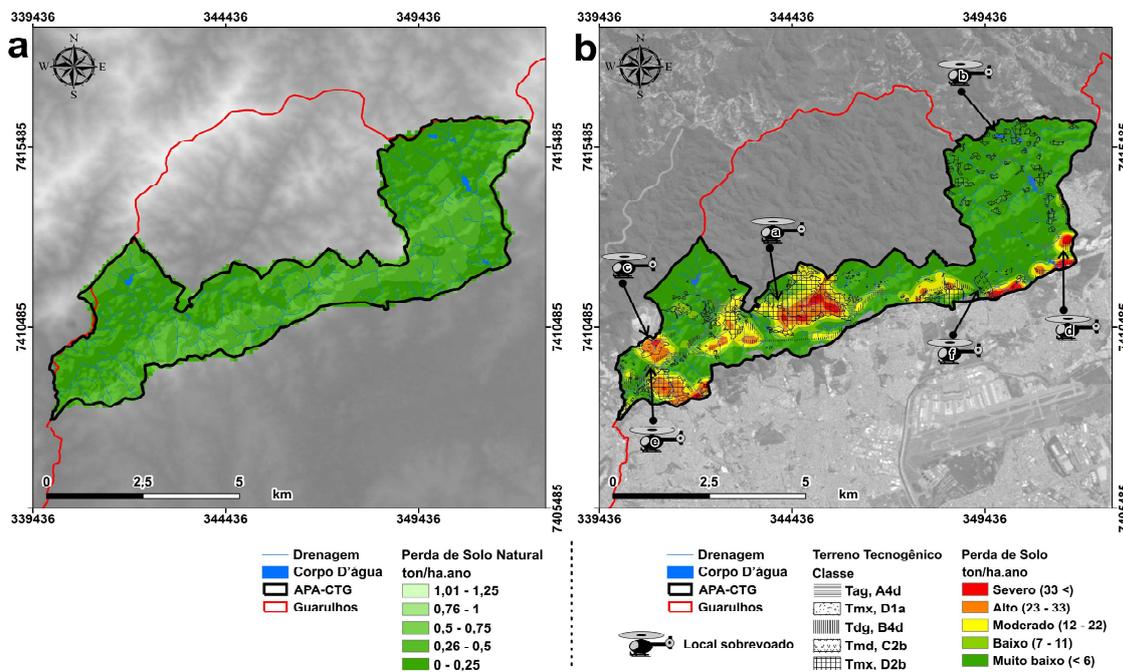


Figura 4 - (a) Mapa do potencial de perda do solo simulado para condições naturais (ton/ha.ano). (b) Mapa dos terrenos tecnogênicos (classe / categoria / tipo / camada) e dos limites potenciais de perda do solo em razão do nível da erosão (ton/ha.ano). As letras a, b, c, d, e, f, inseridas nos desenhos do mapa à direita indicam os locais sobrevoados por helicóptero em 06/10/2015.

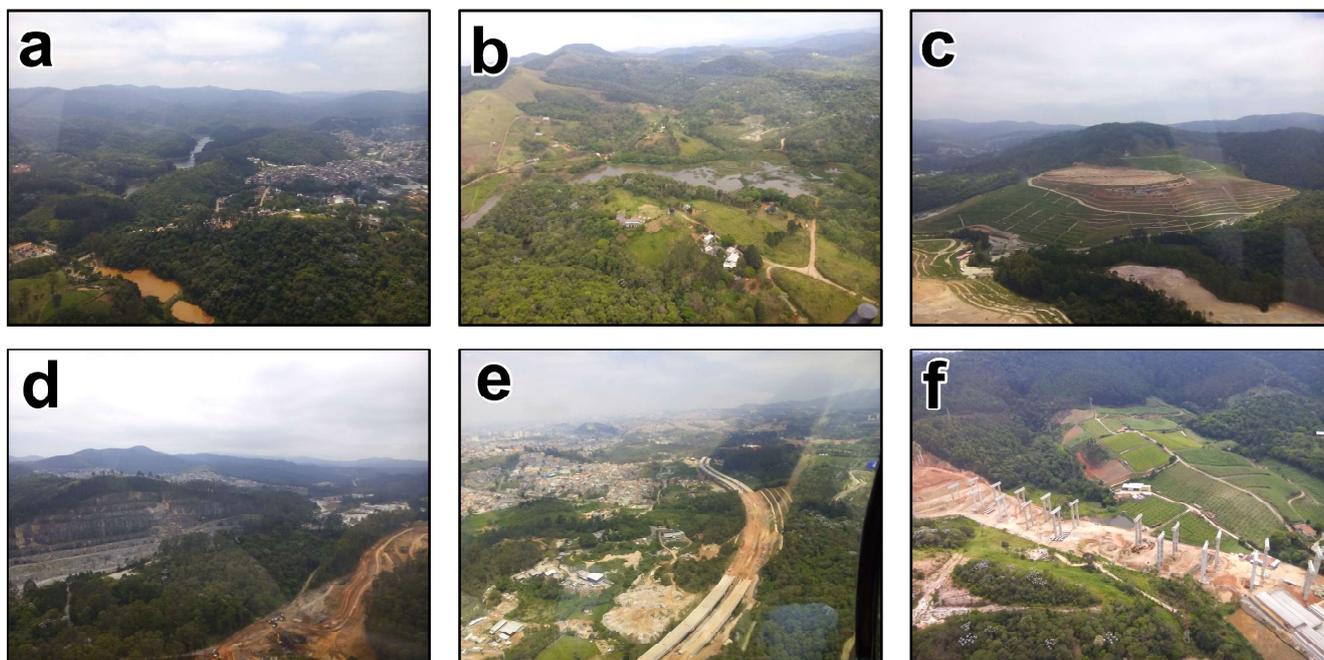


Figura 5 - Fotografias aéreas oblíquas obtidas a partir de um sobrevoo de helicóptero em 06/10/2015. Os locais de obtenção das imagens estão representados no mapa da Figura 4 (b) pelas letras a, b, c, d, e, f.

Os altos PPS apresentados pelos Terrenos Tecnogênicos “Tmx, D1a”, “Tdg, B4d” e “Tmx, D2b” descritos na Tabela 1 e apontados na Figura 4 (b), quando associados a um manejo inadequado, induzem por meio de erosão linear ao assoreamento de terrenos aluviais adjacentes, formando Terrenos Tecnogênicos de Agradação (Tag, A4d) como os apontados na Figura 6. Esses, mesmo com menor PPS, apresentam grande complexidade em termos de gênese, processos e deposição (BRANNSTROM E OLIVEIRA, 2000).

Desse modo, análogo ao observado por Oliveira (1990), Peloggia (1998), Oliveira *et al.* (2005) e Price *et al.* (2004; 2011), a Figura 6 evidenciou *in situ* as seguintes feições tecnogênicas: i) Escavação/Terraplanagem (Figura 6 - a); ii) Deposição de material gárbico, spólico e úrbico induzido por ação mecânica mista: automotiva, eólica, hídrica e gravitacional (Figura 6 - b e c); iii) Acreção e formação de relevos tecnogênicos como:

“terraços e planícies aluvionares assoreadas” derivados de depósitos gárbicos, espólicos, úrbicos em fundos de vales (Figura 6 - d e e), com modificações químicas visíveis por meio de uma espuma branca emulsiva, identificada no rio Cabuçu (Figura 6 - f).

Por fim, como constatado pelas imagens da Figura 6 (b, c, d, e e f), bem como pela Tabela 2, na APA-CTG a Bacia do Cabuçu de Cima configura-se como sendo a mais impactada quando comparada às demais, com uma estimativa de perda de solo de cerca de $9.909,3 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Essa situação é consequência de um manejo inadequado cujo desmatamento, edificações de loteamentos e obras de infraestrutura rodoviária, são condicionantes das alterações de processos erosivos naturais e formação de depósitos tecnogênicos, que nessas bacias hidrográficas, acabam assoreando canais de drenagens e reservatórios (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Tabela 2: Perda potencial ($\text{ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de solo em função por bacia hidrográfica.

Bacia hidrográfica	Área ha	Mín	Máx	Range	Méd	D.P.	Soma
Cabuçu de Cima	1282,0	0,0	37,1	40,4	7,7	8,3	9909,3
Baquirivú-Guarçu	1924,0	0,0	84,3	91,8	3,4	7,4	6530,0
Central	3,0	0,3	37,5	37,2	19,1	15,2	57,4



Figura 6 - Feições tecnogênicas observadas in situ. (a) Escavação / terraplanagem referentes as obras do RMTN encontradas na porção leste da área de estudo; (b e c) Depósito de material gárbico, spólico e úrbico induzido; (d e e) Relevos tecnogênicos de degradação: terraços (d) e assoreamento de planícies aluvionares (e); (f) Modificações químicas observadas na forma de emulsão (espuma branca).

5. Conclusões e Sugestões

O presente estudo é o primeiro a analisar os processos tecnogênicos na perspectiva da Equação Universal da Perda de Solos (EUPS), em especial, na Área de Proteção Permanente Cabuçu Tanque-Grande (APA-CTG). Nesta última, as classes de terrenos tecnogênicos: mistos, modificados, de degradação e agradativos juntos (697 ha), apresentaram um potencial de perda de solo com cerca de $8.610,3 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, correspondendo a um potencial de perda de solo até 12 vezes maior que os terrenos naturais, principalmente nas áreas de escavações para terraplanagem das obras do Rodoanel Metropolitano Trecho Norte (RMTN) e nas cavas de mineração.

Sobrevoos de helicóptero e trabalhos de campo permitiram constatar feições tecnogênicas de escavação (terraplanagem), bem como a formação de relevos tecnogênicos (terraços e planícies aluvionares tecnogênicos) decorrentes da deposição extensiva de material de fácies gárbica, espólica e úrbica nos fundos de vales.

Como consequência dos desmatamentos, bem como de edificações de loteamentos e obras de infraestrutura rodoviária na APA-CTG, estima-se uma perda de solo potencial de aproximadamente $16.493 \text{ ton ha}^{-1}$

ano^{-1} para toda a área de estudo. Nesse contexto, a bacia hidrográfica do rio Cabuçu de Cima foi a mais impactada, com potencial de perda de solo de $9.909,3 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Considera-se que o trabalho apresentado possui grande potencial para subsidiar informações estratégicas para a implementação de medidas de recuperação ou conservação de áreas impactadas ou ainda naturais dentro da APA-CTG. Por fim, considera-se que o trabalho apresentado possui grande potencial para subsidiar informações estratégicas para a implementação de medidas de recuperação ou conservação de áreas impactadas ou ainda naturais dentro da APA-CTG.

Por fim, os autores sugerem como estudos futuros, o monitoramento de perda de solos em ambientes naturais e naqueles produzidos pela ação humana, no sentido de melhorar a acurácia dos resultados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Grupo SER Educacional pela infraestrutura proporcionada ao Programa de Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos (UNG), ao Laboratório de Geoprocessamen-

to da Universidade Guarulhos (Lab. GEOPRO-UNG) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Agradecemos também às valiosas e atenciosas sugestões dos pareceristas anônimos que analisaram o original.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, M.R.M. **Cartografia de aptidão para assentamento urbano do município de Guarulhos/SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1999, 152p.

BARROS, L.H.S. e PELOGGIA, A.U.G. Cartografia geotécnica como fundamento para recuperação de áreas urbanas degradadas: o exemplo do Jardim Eliane, município de São Paulo. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 7, 1993, Poços de Caldas, **Atas...** ABGE, 1993, v.2, p.83-91.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6.ed. São Paulo: Ícone, 2008, 355p.

FERREIRA, A. T. S.; AMARO, V. E.; SANTOS, M. S. T. Imagens AQUA-MODIS aplicadas à estimativa e monitoramento dos valores de material particulado em suspensão na plataforma continental do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 3, 2013, p. 343-357.

FOSTER, G.R. & WISCHMEIER, W.H. Evaluating irregular slopes for soils loss prediction. **Transactions of the ASAE**, n.17, p.305 – 309, 1974.

GOUVEIA, I.C. M-C. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na bacia hidrográfica do rio Tamandateí, na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2010, 363p.

GUARULHOS. **Prefeitura de Guarulhos**. Disponível em: <<http://www.guarulhos.sp.gov.br/>> Acesso em: 19 out. 2016.

GUARULHOS. Lei n.º 6.798 de 28 de Dezembro de 2010. *Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Cabuçu - Tanque Grande e dá providências correlatas*. Publicada no Boletim Oficial nº 098/2010-GP do Diário Oficial do Município de 29 de dezembro de 2010 - Página nº 148 a 151 e republicado os Anexos I a IV no BO nº 001/2011-GP de 04/01/2011 - página 01. PA nº 26862/2007. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/nqlcm>>. Acesso em: 29 set. 2016.

HAAN, C.T.; BARFIELD, B.J.; HAYES J.C. **Design Hydrology**

and Sedimentology for Small Catchments. California: Academic Press, 1994.

IACOVINI, R. F. G. **Rodoanel Mario Covas: atores, arenas e processos**. 218p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. 2013, 218p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P.; JULIANI, L.J.C.O. As mineralizações de ouro de Guarulhos e os métodos de sua lavra no período colonial. **Geologia Ciência – Técnica**, n.13, p.8-25, 1995.

LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, n. 27, 12 p., 1975.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, v.51, n.2, p.189-196, 1980.

LUZ, R.A. **Geomorfologia da planície fluvial do rio Pinheiros entre os bairros de Pinheiros, Butantã e Cidade Jardim, São Paulo (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010, 104p. DOI: 10.11606/D.8.2010.tde-03112010-093445.

LUZ, R.A. **Mudanças geomorfológicas na planície fluvial do rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização**. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014, 245p. DOI: 10.11606/T.8.2014.tde-29062015-152030.

LUZ, R.A.; RODRIGUES, C. Reconstituição geomorfológica de planícies fluviais urbanizadas: o caso do rio Pinheiros, São Paulo – SP. **Revista Brasileira de Geomorfologia** n.14, p.47-57, 2013.

LUZ, R.A.; RODRIGUES, C. Anthropogenic changes in urbanised hydromorphological systems inn a humid tropical environment: River Pinheiros, São Paulo, Brazil. **Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues**, n.59, p.109-135, 2015.

MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p.1335-1340, 2002.

- MARQUES, D. S.; OLIVEIRA, A.M.S. Cartografia geotecnológica da região do Cabuçu, Guarulhos, São Paulo, Brasil. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.5, n.2, p.82-92, 2014.
- MCMILLAN A.A.; POWELL J.H. **BGS Rock Classification Scheme: V4 – Classification of artificial (man-made) ground and natural superficial deposits**. British Geological Survey Research Report n. RR 99-04, Nottingham: BGS, 1999, 65p.
- MONTEIRO, M. D.; GURGUEIRA, M. D.; ROCHA, H. C. Geologia da Região Metropolitana de São Paulo. In: **Twin Cities – Solos das cidades de São Paulo e Curitiba**. ABMS, São Paulo, 2012, p. 15-44.
- NOLASCO, M.C. **Registros geológicos gerados pelo garimpo, Lavras Diamantinas – BA**. Tese (Doutorado em Geociências) Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 2002, 316p.
- OLIVEIRA, A.M.S. Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, 1990, Salvador, **Anais...** ABGE: ABMS, São Paulo, 1990, v.1, p.411-415.
- OLIVEIRA, A.M.S. A abordagem geotecnológica: a geologia de engenharia no Quaternário. In: **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: IPT/ABGE, 1995, p.231-241.
- OLIVEIRA, A.M.S.; BRANNSTRON, C.; NOLASCO, M. C.; PELOGGIA, A. U. G.; PEIXOTO, M. N. O.; COLTRINARI, L. Tecnógeno: registros da ação geológica do homem. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, P. E.; (Org.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. 382p.
- OLIVEIRA, A.M.S. Estudos sobre o Tecnógeno no Brasil. In: In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10, Guarapari (ES), **Anais...** ABEQUA, 2005 CD-ROM, 3 p. Disponível em: <<http://www.abequa.org.br/trabalhos>>
- OLIVEIRA, A.M.S. (coord.) **Atlas geoambiental da região Cabuçu-Tanque Grande, Guarulhos, SP**. Universidade Guarulhos, 2008, 47p.
- OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, M. R. M.; SATO, S. E.; QUEIROZ, W. **Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos**. Relatório FAPESP - Processo 05/57965-1 - Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos, 2009, 178 p.
- OLIVEIRA, A. M. S.; TAKIYA, H.; FATIGATI, F. L.; ANDRADE, M. R. M.; SATO, S. E.; QUEIROZ, W. A aplicação de mapa termal na elaboração de políticas públicas para a gestão ambiental na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 7, Maringá (PR), **Anais....** ABGE: São Paulo, 10p, 2010.
- OLIVEIRA, A.M.S.; PELOGGIA, A.U.G.; OLIVEIRA, A.A. (no prelo). Tecnógeno-Antropoceno. In: OLIVEIRA, A.M.S.; MONTICELI, J.J. (eds.) **Geologia de Engenharia e Ambiental**. São Paulo: ABGE, cap. 21.
- OLIVEIRA, S.A.; PEIXOTO, M.N.O.; MELLO, E.V. Lugares de perigo na Cidade do Aço: uma discussão sobre geotecnogênese, vulnerabilidade e risco ambiental em Volta Redonda (RJ). Encontro Nacional da ANPEGE, XI, 2015, **Anais...** p.6471-6481. Disponível em: <www.enanpege.ggf.br/2015>.
- PELOGGIA, A.U.G. **Delineação e aprofundamento temático da geologia do Tecnógeno do Município de São Paulo**. Tese (Doutorado em Ciências), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996, 262p. DOI: 10.11606/T.44.1997.tde-03102014-100328.
- 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. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Xamã, 1998a, 231p.
- PELOGGIA, A.U.G. A magnitude e a frequência da ação humana representam uma ruptura na processualidade geológica na superfície terrestre? **Geosul**, v.14, n.27, p.54-60 (Volume Especial, II Simpósio Nacional de Geomorfologia), 1998b.
- PELOGGIA, A.U.G. Sobre a classificação, enquadramento estratigráfico e cartografia dos depósitos tecnogênicos. In: Prefeitura do Município de São Paulo/SEHAB/HABI, **Estudos de Geotécnica e Geologia Urbana (I)**, São Paulo, Manual Técnico 3 (GT-GEOTEC), 1999, p.35-50.
- PELOGGIA, A.U.G. As cidades, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no Município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (FFLCH-USP)** n.16, p.24-31, 2005.
- PELOGGIA, A.U.G.; OLIVEIRA, A.M.S. Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências. In: Congresso ABEQUA, 10, 2005, Guarapari, **Anais...** CD-ROM, 2005, 4p. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/0268_tecnogeno.pdf>. Acessado em 15.03.2015.
- 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, 2014a.
- PELOGGIA, A.U.G.; SILVA E.C.N.; NUNES J.O.R.. Technogenic landforms: conceptual framework and application to geomorphologic mapping of artificial ground and landscape as transformed by human geological action. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.5, n.2, p.67-81, 2014b.
- PELOGGIA, A.U.G. Camadas que falam sobre o ser humano, caso encontrem arqueólogos e geólogos que as escutem: rumo a uma arqueogeologia interpretativa dos depósitos tecnogênicos. In: Ortega, A.M. e Peloggia, A.U.G. (orgs.), **Entre o Arcaico e o Contemporâneo: ensaios fluindo entre Arqueologia, Psicanálise, Antropologia e Geologia**. São Paulo: Iglu, 2015, p.189-221.
- PRICE, S.J.; FORD, J.R.; KESSLER, H.; COOPER, A.; HUMPAGE, A. Artificial ground: mapping our impact on the surface of the Earth. **Earthwise** n.20, p.30-32, 2004.
- PRUSKI, F. F. (2009) Prejuízos decorrentes da erosão hídrica e tolerância de perdas de solo. In: PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e da água**. Viçosa: Ed. UFV.
- 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.
- RODRIGUES, C. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos: desenvolvimento e aplicação de metodologia na Grande São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, n.20, p.111-125, 2010.
- RODRIGUES, C. Atributos ambientais no ordenamento territorial urbano: o exemplo das planícies fluviais na metrópole de São Paulo. **Geosp – Espaço e Tempo**, v.19, n.2, p.325-348, 2015.
- ROSEMBAUM, M.S.; McMILLAN, A.A.; POWELL, J.H.; COOPER, A.H.; CULSHAW, M.G.; NORTHMORE, K.J. Classification of artificial (man-made) ground. **Engineering Geology**, v.69, n.3-4, p.399-409, 2003.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Imagem Landsat-8 de 18/04/2016**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso: 01 de junho de 2016.
- VITORINO, J.C.; ANDRADE, M.R.M.; PELOGGIA, A.U.G.; SAAD, A.R.; OLIVEIRA, A.M.S. Terrenos tecnogênicos do Jardim Fortaleza, bacia hidrográfica do córrego do Entulho, Guarulhos (SP): mapeamento geológico, estratigrafia, geomorfologia e arqueologia da paisagem. **Revista UNG – Geociências**, v.15, n.2, p.33-60, 2016.
- WALL, G. J. Seasonal soil erodibility variation in southwestern Ontario. Can. **J. Soil Sci**, v.68, p. 417-424, 1997.
- WISCHMEIER, WALTER. H. E SMITH, DAWNING. D. (1978) **Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning**. Washington, D.C.: Supersedes Agriculture Handbook, n. 282, U.S. Department of Agriculture, 67p.
- WORLD CLIM – GLOBAL CLIMATE DATA. **WorldClim 2: Current conditions (~1970-2000)**. Disponível em: <<http://www.worldclim.org/>>. Acesso em: 13 out. 2016.