



**CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM ANÁLISE GEOAMBIENTAL**

ELIANA QUEIROZ DE GODOI SANTOS

**TRANSFORMAÇÕES TECNOGÊNICAS DA APA CABUÇU TANQUE
GRANDE, MUNICÍPIO DE GUARULHOS, SP**

Orientador: Prof. Dr. Anderson Targino da Silva Ferreira
Co-orientador: Prof. Dr. Alex Ubiratan Goosens Peloggia

Guarulhos

2017

ELIANA QUEIROZ DE GODOI SANTOS

**TRANSFORMAÇÕES TECNOGÊNICAS DA APA CABUÇU TANQUE
GRANDE, MUNICÍPIO DE GUARULHOS, SP**

Dissertação apresentada à Universidade Guarulhos,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação Stricto-Sensu em Análise Geoambiental,
para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Targino da Silva Ferreira
Co-orientador: Prof. Dr. Alex Ubiratan GoosensPeloggia

Guarulhos

2017

AGRADECIMENTOS

É com imenso prazer que me ponho a pensar em toda a trajetória desta etapa da minha vida e a rever os obstáculos que foram ultrapassados para chegar neste momento de agradecer.

Primeiramente agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo suporte à minha formação através da concessão de bolsa do Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Nível Superior (PROSUP).

Agradeço grandemente à Universidade de Guarulhos (UNG) pela oportunidade de integrar o Programa de Mestrado em Análise Geoambiental, bem como à coordenadora Profa. Dra. Regina de Oliveira Moraes Arruda pelo apoio à realização da pesquisa.

Agradeço aos meus professores do Programa de Mestrado em Análise Geoambiental da UNG, em especial meu orientador Dr. Anderson Targino da Silva Ferreira ao qual tenho muito respeito e admiração, que apropriou-se desta pesquisa e contribuiu muito para sua continuidade e finalização; ao Dr. Antônio Manoel dos Santos Oliveira, que com suas aulas conseguia a mágica de querer aprender cada vez mais e mais; e ao Dr. Alex Ubiratan GoossensPeloggia, que muito me auxiliou ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao Willian Queiroz, técnico do Laboratório de Geoprocessamento, por toda ajuda na elaboração dos mapas.

Aos meus colegas de curso, que sempre me auxiliaram e incentivaram a prosseguir.

Agradeço aos meus familiares que sempre me apoiaram nas minhas decisões e sempre me acalentaram com palavras de incentivo e força.

Agradeço à minha querida Hellen, pelo amor, carinho, companheirismo, incentivo e dedicação sempre.

À todos que contribuíram de forma direta e indireta para que este trabalho pudesse ser realizado, os meus sinceros agradecimentos.

Por fim, ao Soberano dos Soberanos: Deus – sem ele não teria forças para prosseguir e superar todas as dificuldades encontradas ao longo do caminho.

RESUMO

A análise das ações antrópicas é fundamental para a compreensão da configuração da paisagem, dos fenômenos desencadeados e da identificação de impactos produzidos no meio físico, bem como suas causas e consequências. Este trabalho objetivou mapear as áreas tecnogênicas, bem como, a quantificação dos processos envolvidos dentro da APA-CTG, seus impactos e consequências. A Área de Proteção Ambiental Cabuçu – Tanque Grande trata-se de uma importante área que ainda preserva remanescentes florestais de grande importância para o município, constituindo-se como uma zona de amortecimento dos impactos da urbanização. Sua importância se dá pelos serviços ecossistêmicos que realiza, condicionados pelas características do meio físico, que abrange aspectos geológico-geomorfológicos e pedológicos condicionantes para uma paisagem de morros e montanhas com considerável cobertura vegetal, elevada qualidade do ar e das águas; padrões de drenagem complexos e significativos, gerando uma rede hídrica com grande volume de abastecimento. Foram realizadas análises por meio da cartografia tecnogênica e da Equação Universal da Perda de Solos (EUPS), através dos quais foi possível realizar a identificação e quantificação da perda de solos da área, bem como o reconhecimento de feições tecnogênicas de escavação ou de terraplanagem, bem como, formação de relevos tecnogênicos decorrentes da deposição de materiais provenientes das atividades humanas em fundo de vales. As transformações tecnogênicas observadas evidenciaram como o principal agente modificador o RMTN (Rodoanel Metropolitano – Trecho Norte) embora haja contribuição de outras atividades locais. Considerou-se a metodologia bastante eficaz para a identificação e quantificação de perdas de solo, além de esta pesquisa ter grande importância para a implementação de políticas ambientais relacionadas à fiscalização e monitoramento da quantidade de sedimentos produzidos pela ação antrópica e suas consequências.

Palavras-chave: Transformações tecnogênicas; Equação Universal de Perda de Solo; APA-CTG.

ABSTRACT

The analysis of anthropic actions is fundamental for understanding the configuration of the landscape, the phenomena unleashed and the identification of impacts produced in the physical environment, as well as their causes and consequences. This work aimed to map the Tecnogenic areas, as well as the quantification of the processes involved within the CTG-EPA, their impacts and consequences. The Cabuçu - Tanque Grande Environmental Protection Area is an important area that still preserves forest remnants of great importance for the municipality, constituting a buffer zone for the impacts of urbanization. Its importance is due to the ecosystem services that it performs, conditioned by the characteristics of the physical environment, which encompasses geological-geomorphological and pedological aspects, conditioning a landscape of hills and mountains with considerable vegetation cover, high air and water quality; Complex and significant drainage patterns, generating a hydropower network with a large volume of water supply. Analyzes were carried out by means of the Tecnogenic Mapping and the Universal Soil Loss Equation (USLE), through which it was possible to identify and quantify the loss of soils in the area, as well as the recognition of technological features of excavation or earthmoving, As well as the formation of Tecnogenic reliefs resulting from the deposition of materials from human activities in valley bottoms. The observed technological changes showed the North Stretch Metropolitan Roadway (NSMR) as the main modifying agent although there are contributions from other local activities. The methodology was considered to be very effective for the identification and quantification of soil losses, and this research is of great importance for the implementation of environmental policies related to the monitoring and monitoring of the amount of sediment produced by anthropic action and its consequences.

Keywords: *Tecnogenic transformations; Soil loss; EPA-CTG*

ÍNDICE DA DISSERTAÇÃO

AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DA DISSERTAÇÃO	v
LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xi
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL	12
1.1 APRESENTAÇÃO	13
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA	13
1.3 OBJETIVOS	15
1.4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
1.4.1 Conceito de meio físico e sua abordagem em estudos ambientais	15
1.4.2 Conceitos de impacto ambiental e significância.....	17
1.4.3 Impactos de alterações de processos do meio físico pela implantação de estradas de rodagem no âmbito do EIA/RIMA	18
1.5 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
1.5.1 Aptidões, vulnerabilidades, suscetibilidades e fragilidades do meio físico.....	27
1.5.2 Importância ambiental e serviços ecossistêmicos.....	33
1.5.3 Uso e ocupação do solo	35
1.5.4 Histórico de intervenções	37
CAPÍTULO 2 – MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DOS PROCESSOS TECNOGÊNICOS NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL CABUÇU TANQUE-GRANDE (APA-CTG), GUARULHOS-SP	40
RESUMO	41
ABSTRACT	41
2.1 INTRODUÇÃO	41
2.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	42
2.2.1 Caracterização da área de estudo	42
2.2.2 Terrenos Tecnogênicos	43
2.2.2.1 Conceitos fundamentais	44
2.2.2.2 Processos tecnogênicos	45
2.3 METODOLOGIA	46

2.3.1 Classificação e critérios de mapeamento de áreas tecnogênicas	46
2.3.2 Cálculo de material tecnogênico produzido por meio da Equação Universal da Perda de Solos (EUPS)	48
2.3.3 Análise integrada dos resultados	51
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
2.4.1 Mapeamento de áreas tecnogênicas	51
2.4.2 Análise dos fatores de erosividade	52
2.4.3 Análise do material tecnogênico produzido	54
2.5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	57
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1. – Estudo de Impacto Ambiental - inserção da análise de processo do meio físico na etapa de diagnóstico ambiental. Fonte: Fornasari Filho et al (1990).....	18
Quadro 1.2. –Conceituações relacionadas à suscetibilidades dos terrenos. Fonte: Bitar (2014)	28
Quadro 1.3. – Guarulhos: suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Fonte: Bitar et al (2014).....	32
Quadro 1.4. – Guarulhos: suscetibilidade a inundações. Fonte: Bitar et al (2014)	33
Quadro 1.5. – Serviços Ecossistêmicos. Fonte: Adaptado de Alcamo et al (2003).....	34
Quadro 2.1 – Classificação geral sintética dos terrenos tecnogênicos (adaptada e ampliada de Peloggia et al. 2014a)	46
Quadro 2.2 – Valores do fator erodibilidade (K) dos solos do Estado de São Paulo. Adaptado de Mannigel et al. 2002	49
Quadro 2.3 – Valores do fator C para cada tipo de uso e ocupação do solo. Adaptado de Haan et al. (1994).	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. – alteração a partir da intervenção de um processo tecnológico sobre um processo do meio físico. Fonte: Fornasari Filho et. al (1990)	19
Figura 1.2. –Localização do município de Guarulhos, onde se encontra a APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Elaboração própria.....	20
Figura 1.3. – Localização e limites da APA Cabuçu – Tanque Grande, Guarulhos /SP.....	21
Figura 1.4. –Aspectos geológicos da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UnG, 2016.....	23
Figura 1.5. –Aspectos pedológicos da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UnG, 2016.....	24
Figura 1.6. – Aspectos geomorfológicos da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UnG, 2016.....	25
Figura 1.7. – Hidrografia da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UnG, 2016.....	26
Figura 1.8. – Cobertura Vegetal da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UnG, 2016.....	27
Figura 1.9. – Fluxo da relação sociedade/natureza no Estrato Geográfico da Terra. Ross (1994)	29
Figura 1.10. – Localização da zona de elementos expostos. Bitar (2014, apud Julião 2009) ..	29
Figura 1.11. – Riscos Geoambientais na APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UnG, 2016	30
Figura 1.12. – Problemas Geoambientais da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UnG, 2016	31
Figura 1.13. – Áreas de Preservação Permanente – APA Cabuçu Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UnG, 2016..	36
Figura 1.14. – APA Cabuçu Tanque Grande – Uso da Terra. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UnG, 2016.....	37
Figura 2.1 – Mapa de localização da APA-CTG.....	43
Figura 2.2 - Mapa dos terrenos tecnogênicos e da litologia da APA-CTG. Modificado de Oliveira et al. 2009.	52

Figura 2.3 – 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 reerente ao Uso do solo (C)	54
Figura 2.4 - Mapa dos terrenos tecnogênicos e dos limites potenciais de perda do solo em razão do nível da erosão (ton/ha.ano).....	56
Figura 2.5 - Feições tecnogênicas observadas <i>in situ</i> . (a) Escavação / terraplanagem referentes as obras do RMTN encontradas na porção leste da área de estudo; (b e c) Deposito de material gárbico, spólico e úrbico induzido; (d e e) Relevos tecnogênicos de agradação: terraços (d) e assoreamento de planícies aluvionares (e) ; (f) Modificações químicas observada na forma de emulsão (espuma branca)	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Perda potencial ($ton\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) de solo em função das classes de terrenos tecnogênicos..	55
Tabela 2.2 – Perda potencial ($ton\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) de solo em função por bacia hidrográfica.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
APA	Área de Proteção Ambiental
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTG	Cabuçu – Tanque Grande
DERSA	Departamento Rodoviário S/A
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	<i>Environmental Protection Area</i>
EUPS	Equação Universal da Perda de Solos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
NSMR	<i>North Stretch Metropolitan Roadway</i>
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PPMAG	Programa de Pós-Graduação em Análise Geoambiental
PROSUP	Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Nível Superior
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RMTN	Rodoanel Metropolitano Trecho Norte
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SIG	Sistema de Informação Geográfica
Tag	Terrenos tecnogênicos de agradação
Tdg	Terrenos tecnogênicos de degradação
Tmd	Terrenos tecnogênicos modificados
Tmx	Terrenos tecnogênicos mistos
UNG	Universidade de Guarulhos
USLE	<i>Universal Soil Loss Equation</i>

CAPÍTULO 1
INTRODUÇÃO GERAL

1.1 APRESENTAÇÃO

Esta Dissertação de Mestrado faz parte das atividades do Programa de Pós-Graduação em Análise Geoambiental (PPMAG) da Universidade de Guarulhos / SP. As atividades de pesquisa foram realizadas no município de Guarulhos e contam com o apoio da CAPES/PROSUP através da concessão de bolsa.

A área objeto de estudo situa-se no município de Guarulhos e refere-se à uma Área de Proteção Ambiental Municipal, denominada de Cabuçu – Tanque Grande, a qual é caracterizada e analisada com propósitos de contribuir com os estudos ambientais da região.

Os estudos analíticos tiveram também o suporte do laboratório de Geoprocessamento da UNG. Os dados obtidos referentes à área de estudo foram georreferenciados e resultaram em cartas temáticas, as quais são exemplificadas ao longo do trabalho.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA

A Área de Proteção Ambiental Cabuçu – Tanque Grande trata-se de uma importante área que ainda preserva remanescentes florestais de grande importância para o município, constituindo-se como uma zona de amortecimento dos impactos da urbanização.

Sua importância se dá pelas características do meio físico que abrange aspectos geológico-geomorfológicos e pedológico singulares, configurando uma paisagem de morros e montanhas com considerável cobertura vegetal, elevada qualidade do ar e das águas; padrões de drenagem complexos e significativos para uma rede hídrica com grande volume de abastecimento(ANDRADE, 2009).

As transformações estruturais em áreas urbanas ocasionam alterações paisagísticas e, conseqüentemente perdas ou adequações junto ao relevo pré-existente. E é este relevo que serve como suporte físico das diferentes formas de ocupação humana, representando em seu modelado, os resultados da dinâmica relação entre os processos físicos e os agentes sociais nele atuantes (JORGE, 2011).

A intensidade da modificação estrutural depende das características “genéticas” do sistema ambiental em que ocorrem as interferências humanas. Entretanto, qualquer que seja a alteração nos componentes da natureza (clima, relevo, solo, recursos hídricos, vegetação), compromete a funcionalidade do sistema, quebrando seu equilíbrio dinâmico (SPÖRL e ROSS, 2004).

Muitas transformações estruturais em áreas urbanas resultam em alterações paisagísticas e, conseqüentemente perdas ou adequações de tipos de solos. No caso da Área de Proteção Ambiental Cabuçu – Tanque Grande, há muitos fatores que contribuem para a vulnerabilidade de seu meio físico, tais como: existência de aterros, diminuição da cobertura vegetal e ocupação de áreas verdes com residências e comércios diversos, indústrias e, mais recentemente, a implementação de obra de engenharia rodoviária (Rodoanel Mário Covas – Trecho Norte), intensificando as transformações tecnogênicas.

Os resíduos produzidos por esta grande obra de engenharia geram sedimentos que são acumulados nas áreas de menor altitude, impactando (direta e indiretamente) o sistema hidrológico da região.

Estudos anteriores (ANDRADE, 2009) demonstram a importância da preservação desta região, fato que levou ao zoneamento ambiental e à constituição por lei municipal de uma APA. Ainda assim, a ocupação humana, o uso do solo e as atividades desenvolvidas nesta região (incluindo as obras do Rodoanel Mário Covas) têm resultado num quadro de impactos ambientais, degradação do meio físico, alteração das paisagens e mudança na sua função, em decorrência especialmente da quantidade excessiva de sedimentos produzidos e assoreamentos de drenagens em fundos de vale.

Todos estes fatores contextualizam com os avanços tecnológicos obtidos pelo Homem, que com sua capacidade racional atua como um agente geológico, resultando na criação de processos erosivos e de sedimentação e, conseqüentemente criando áreas artificiais, chamadas de depósitos tecnogênicos (PELOGGIA, 1998).

Considerando a ambigüidade de interesses socioeconômicos e ambientais, em muitas situações verifica-se contradição entre desenvolvimento e sustentabilidade, sendo a urbanização um exemplo concreto deste fato.

As construções e edificações evidenciam o desenvolvimento regional, com intensa expansão das áreas urbanas, porém gera a transformação dos espaços naturais em espaços com função e forma diferentes dos originais, verificando-se impactos geoambientais no decorrer das mudanças antrópicas realizadas.

Desta forma, a análise das potencialidades das ações antrópicas como principais fatores de transformações tecnogênicas é fundamental para a compreensão dos resultados produzidos pelos fenômenos desencadeados e para a identificação dos impactos causados, bem como suas causas e conseqüências.

1.3 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como foco principal realizar mapeamento das áreas tecnogênicas, bem como, a quantificação dos processos envolvidos dentro da APA-CTG.

Intenta-se também descrever e caracterizar o meio físico da APA-CTG e analisar os impactos tecnogênicos decorrentes do uso e ocupação do solo.

Espera-se ainda, que este estudo possa contribuir com pesquisas posteriores.

1.4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.4.1 Conceito de meio físico e sua abordagem em estudos ambientais

O meio físico é definido por Fornasari Filho (1990, p. 19) como "o segmento abiótico do meio ambiente em que se inter-relacionam componentes materiais terrestres (solos, rochas, água, ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia interna da Terra, etc.)".

O meio físico define, portanto, as potencialidades e limitações para a implantação de uma obra, estabelecendo ainda as relações entre o ambiente que a abriga, apontando riscos, alterações e consequências dessa interferência, visando identificar e minimizar os possíveis impactos (FORNASARI F.º, 1990).

Os estudos geológicos e geoambientais ocorrem de forma mais aprofundada e específica no meio físico por meio de determinados processos. Entretanto, a compreensão dos fenômenos que nele ocorrem são, em muitos casos, influenciados pelos fatores bióticos e componentes humanos, os quais também devem ser considerados.

Fornasari Filho (1990, p. 19) define que:

Processo do meio físico consiste em uma série de fenômenos sucessivos com relações de causa-efeito, que resulta da interação entre componentes materiais e tipos de energia, sendo deflagrada ou catalisada por agentes físicos, químicos, biológicos (fauna e flora) ou humanos, em um determinado ambiente.

Os componentes materiais e os tipos energéticos são tidos como elementos essenciais. Já os elementos reguladores são os agentes físicos, químicos, biológicos ou humanos, além de outros processos. Ambos compõem os elementos interativos do processo do meio físico. Neste caso, os processos do meio físico são considerados como os fenômenos apresentados

pelo ambiente antes da implantação do projeto, mesmo que as atividades humanas possam ter influenciado seu comportamento (FORNASSARI F°, 1990).

Santos (2009) discorre quanto à importância do conhecimento e entendimento dos processos da natureza, bem como obedecê-los para poder comandá-los. O autor coloca o Homem como o mais poderoso agente geológico atuante na superfície da Terra. Isto se deve ao fato de utilizar os recursos naturais para atender às suas necessidades, ocupando e modificando o ambiente de diversas maneiras.

Peloggia (1998) expõe que a ação humana na natureza tem consequências quanto às formas, processos e formações de depósitos superficiais no ambiente geológico. Em muitas situações, a interferência do homem pode ocasionar a modificação do relevo e alterações fisiográficas da paisagem, além de sua fisiologia, bem como também leva a criação de depósitos tecnogênicos.

Depósito tecnogênico é definido por Bertê (2001) como:

O testemunho material da atividade humana que, ao se apropriar da natureza através de suas relações de produção e do emprego de uma técnica que reflete um momento histórico específico do seu nível de desenvolvimento, acaba por produzir modificações na fisiografia e fisiologia das paisagens.

Isto posto, consideram-se processos tecnogênicos como as formas decorrentes de processos gerados ou induzidos pela atividade humana (PELOGGIA, 1998).

Peloggia (1998) ressalta, porém, que o homem é produto da natureza, portanto, as suas interações com ela a tornam uma "natureza transformada" e, por essa razão a ação geológica humana se diferencia dos demais agentes e fatores geológicos.

O meio físico pode ser alterado por processos naturais, mas também e, principalmente, por processos tecnológicos.

Compreende-se processos tecnológicos como o "conjunto de operações baseadas em determinadas técnicas que caracterizam a implantação, funcionamento ou desativação de uma atividade modificadora do meio ambiente" (FORNASSARI F.°, 1990, p. 19).

As atividades modificadoras correspondem às todas as atividades humanas que alteram os processos, características ou propriedades físicas, químicas ou biológicas de um determinado ambiente (FORNASSARI F.°, 1990).

1.4.2 Conceitos de impacto ambiental e significância

O termo impacto ambiental é definido pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), na Resolução 001/86, no artigo 1º, como:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais.

Os impactos tecnogênicos, por sua vez, são tidos como todas as alterações causadas pelas ações humanas no meio ambiente, de ordem geológico-geomorfológica, resultantes de processos tecnológicos nos quais o homem interfere no funcionamento dos processos ambientais, seja de forma direta ou indireta (PELOGGIA, 2005).

Corroborando para o entendimento deste conceito, a Norma NBR ISO 14001, estabelece que impacto ambiental pode ser entendido como “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização” (ABNT, 2004).

Neste caso, então, pode-se dizer que nem todo impacto ambiental causa malefícios ao meio ambiente. Compreende-se que, em alguns casos, pode-se até ter uma intervenção positiva no meio e, ainda assim ser considerada um impacto, devido à alteração da situação original do local onde a mesma ocorreu. Complementa-se, portanto, a definição dada pelo CONAMA, na resolução 001/86, visando englobar também o conceito de significância do impacto (negativo e positivo).

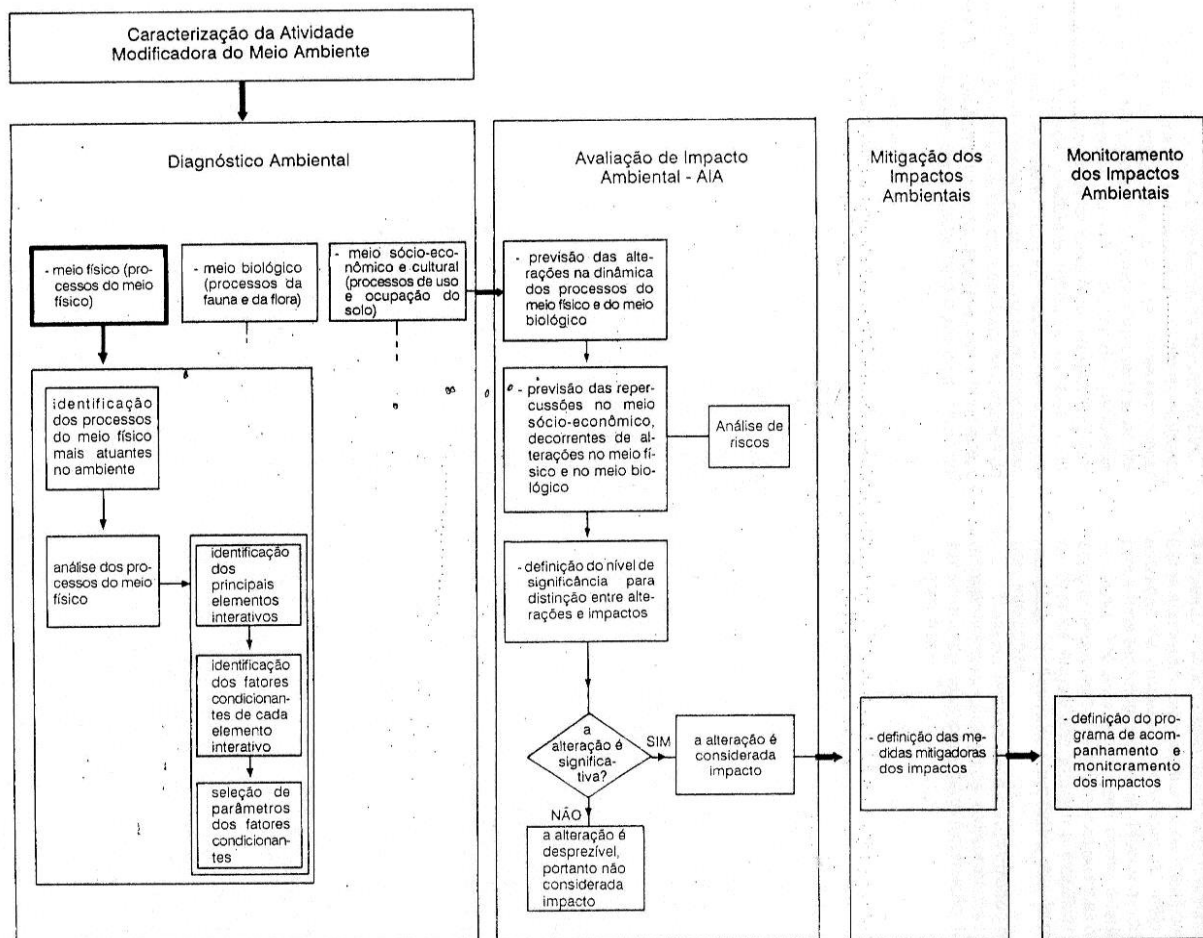
A significância de um impacto é dada a partir da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), a qual estabelece critérios para avaliar se a alteração realizada por um determinado projeto irá ou não acarretar problemas que necessitam de mitigação e monitoramento posterior à implantação ou simplesmente refere-se a apenas uma alteração ambiental.

Para tanto, é atribuída pontuação ou valoração do impacto mediante análise subjetiva, onde alguns aspectos devem ser minuciosamente observados: probabilidade de ocorrência; magnitude; tempo de duração; extensão espacial e outros. Constituindo uma série de variáveis de valor para estabelecer a relevância dos impactos ambientais e classificá-los segundo sua significância.

1.4.3 Impactos de alterações de processos do meio físico pela implantação de estradas de rodagem no âmbito do EIA/RIMA

O desenvolvimento da caracterização dos processos do meio físico na etapa de diagnóstico ambiental de um EIA ajuda a estabelecer as relações entre a obra implantada e o ambiente onde será inserida, sendo fundamental para as etapas posteriores. Trata-se de um fator de grande importância, onde seus termos qualitativos e quantitativos devem ser tidos como a base principal do estudo de impacto (FORNASSARI, 1990).

O quadro 1.1 apresenta etapas do desenvolvimento de um EIA, onde é possível verificar a importância da fase inicial, por meio da qual se realiza a identificação dos processos do meio físico no ambiente onde será implantado o projeto. As demais fases do EIA irão decorrer desta relevante etapa primária.



Quadro 1.1. – Estudo de Impacto Ambiental - inserção da análise de processo do meio físico na etapa de diagnóstico ambiental. Fonte: Fornasari Filho et al (1990).

As alterações ambientais são resultado das alterações que os processos do meio físico podem sofrer devido à intervenção de um processo tecnológico (considerando também os fatores bióticos e socioeconômicos) - como exemplificado na Figura 1.1.

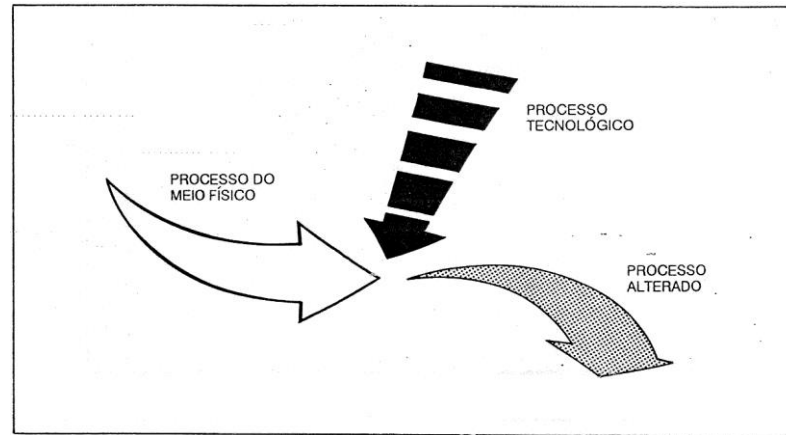


Figura 1.1. – alteração a partir da intervenção de um processo tecnológico sobre um processo do meio físico.

Fonte: Fornasari Filho et. al (1990).

Considera-se impacto ambiental aquela alteração tida como significativa. Para tanto, deve-se levar em conta a importância dos atributos ambientais alterados, a magnitude das alterações; a distribuição no tempo e no espaço; a confiabilidade das alterações previstas; o caráter estrutural ou conjuntural da alteração e ainda analisar os riscos potenciais às formas naturais de uso e ocupação de solo (FORNASARI F.º, 1992).

De acordo com os estudos realizados pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), ao que se refere às estradas de rodagem, muitos são os aspectos a serem observados e caracterizados. Considera-se, em geral, a identificação dos seguintes processos tecnológicos para sua implantação: Investigações geológico-geotécnicas; movimentação de solo e rocha; obras de contenção, drenagem, proteção superficial e obras de arte; tratamento do leito e acostamentos, obras de sinalização e segurança, os quais ocasionam no meio físico uma série de processos (FORNASARI F.º, 1992).

As alterações são tidas como significativas quando podem interferir de forma negativa na estrutura e funcionamento do meio físico, biológico e socioeconômico e se configuram, então, como impactos ambientais negativos. Nestes casos, devem ser mitigados e monitorados por meio de ações previstas no EIA (Estudo de Impacto Ambiental) /RIMA (Relatório de Impacto Ambiental), exigidos pela legislação brasileira através da Constituição Federal de 1988 (art. 225, § 1º, inciso IV e regulamentos); da Política Nacional do Meio Ambiente, lei nº

6.938/81, do Decreto n.º 88.351/83 e da Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n.º 001/86.

1.5 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área objeto deste estudo encontra-se localizada no município de Guarulhos, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), juntamente com outros 38 municípios, incluindo a capital do estado que nomeia esta região: São Paulo (ANDRADE et al, 2008).

O município de Guarulhos localiza-se ao nordeste da RMSP, juntamente com outros 38 municípios, incluindo a capital do estado que nomeia esta região: São Paulo. Tem como limite ao norte, os municípios de Mairiporã e Nazaré Paulista, a nordeste, Santa Isabel, a leste, o município de Arujá, a sudeste, Itaquaquecetuba e a sudeste, sul, oeste e noroeste, a capital homônima do estado: São Paulo (ANDRADE et al, 2008).

Guarulhos possui uma área de 320,5 quilômetros quadrados, abrigando uma população de 1.221.979 habitantes, a segunda maior do estado. (IBGE, 2010).

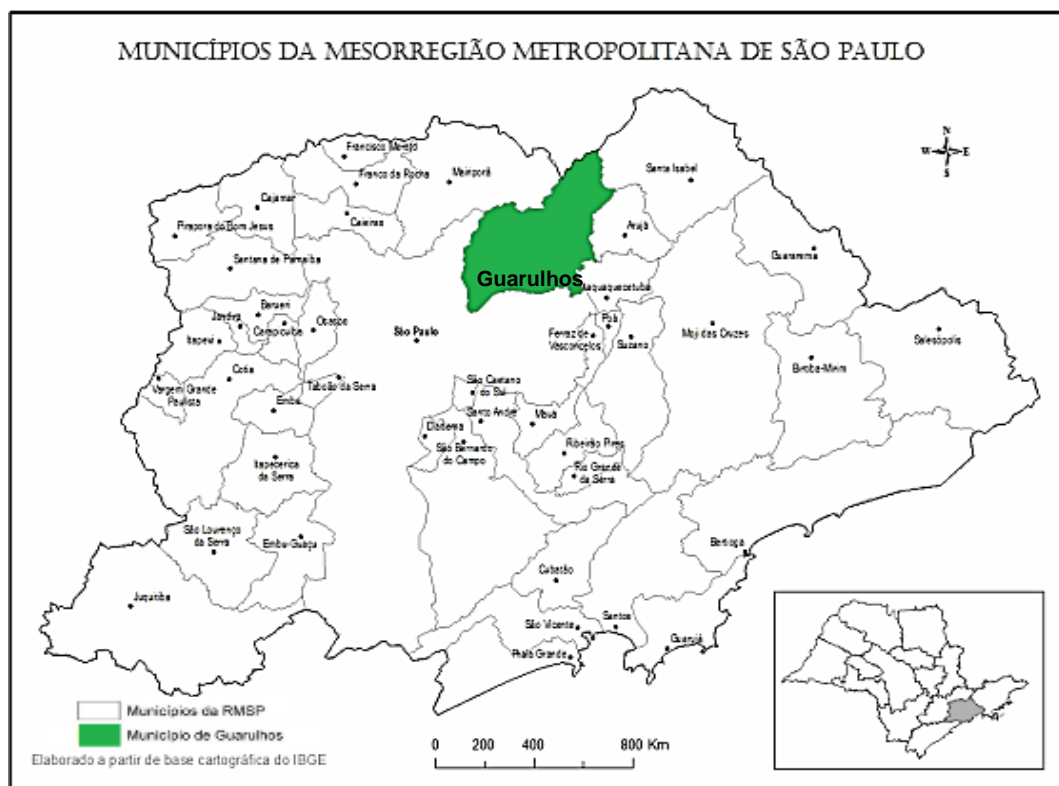


Figura 1.2 – Localização do município de Guarulhos, onde se encontra a APA Cabuçu – Tanque Grande.

A área do Cabuçu-Tanque Grande foi concebida por meio de Zoneamento Municipal e criada por meio da lei como uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável – Área de Proteção Ambiental (APA), Lei Municipal n.º 6.798/2010. (GUARULHOS, 2010).

Art. 1º Esta Lei cria a Área de Proteção Ambiental Cabuçu - Tanque Grande - APA, Unidade de Conservação Municipal, seus limites e critérios para sua implantação e gestão, observando a legislação federal vigente.

(...)

Art. 3º A APA Cabuçu - Tanque Grande tem por objetivo estabelecer o uso sustentável dos recursos naturais em região de contato da mancha urbana da Região Metropolitana de São Paulo com o Núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira, no município de Guarulhos, garantindo a manutenção dos serviços ambientais da biosfera, mantendo a integridade da biodiversidade local, preservando os mananciais, cursos e corpos d'água, o patrimônio histórico e cultural, assim como a paisagem formada por morros e montanhas. Parágrafo Único - O uso sustentável deve contemplar a melhoria da qualidade de vida das comunidades locais e o controle ambiental da ocupação (GUARULHOS, 2010).

Sua delimitação no município de Guarulhos compreende todo o bairro Tanque Grande e parcialmente os bairros Cabuçu, Invernada, Bananal e Fortaleza (ANDRADE, 2009).

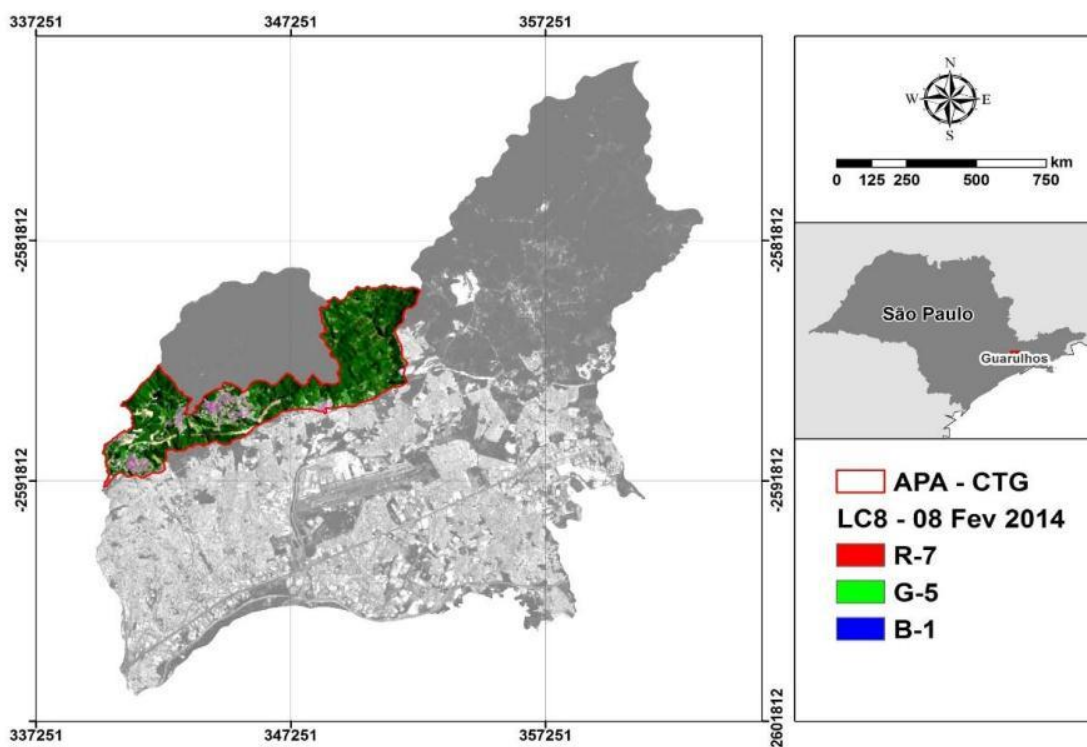


Figura 1.3 – Localização da APA Cabuçu – Tanque Grande, Guarulhos /SP

De acordo com a Lei 6.798/2010, a APA Cabuçu-Tanque Grande foi estabelecida também por meio de zoneamento ambiental específico que ajudou a identificar as potenciais formas de ocupação, sua delimitação e conservação:

Art. 7º O Zoneamento Ecológico-Econômico da APA Cabuçu - Tanque Grande tem como função o ordenamento territorial do uso e ocupação do solo, visando proporcionar as condições para o cumprimento harmônico e eficaz de todas as diretrizes e objetivos da unidade de conservação, adotando como base a capacidade de suporte e a potencialidade do meio ambiente.

Art. 8º Para os efeitos desta Lei ficam estabelecidas as seguintes zonas de uso:

I - Zona de Vida Silvestre - ZVS;

II - Zona de Uso Conservacionista - ZUC;

III - Zona de Uso Sustentável - ZUS-1 e ZUS-2;

IV - Zona de Uso Sustentável e Recuperação Ambiental - ZUSRA;

V - Zona Mista - ZM;

VI - Zona de Extração de Minérios e Disposição de Resíduos Sólidos - ZEMR.

§ 1º O Zoneamento Ecológico-Econômico tem como critério o relevo, os recursos hídricos, os remanescentes de Mata Atlântica e os tipos de uso do solo presentes na região, cuja distribuição é controlada por níveis topográficos, definidos por cotas altimétricas, conforme mapeamento constante do Anexo I desta Lei.

Quanto ao substrato geológico, a área onde se localiza o município de Guarulhos é constituída por dois conjuntos geológicos: os terrenos do embasamento cristalino do pré-cambriano, localizados, principalmente, ao norte do território, os quais são formados por rochas magmáticas, tais como os granitos e dioritos; metamórficas, como os migmatitos, anfibolitos, micaxistos, filitos e quartzitos. E os terrenos sedimentares do Cenozóico, períodos Terciário e Quaternário, que correspondem à porção sul do município e referem-se aos aluviões nos fundos dos vales relacionados principalmente aos rios Tietê, Cabuçu de Cima e Baquirivu-Guaçu, incluindo, ainda, os depósitos de encosta (colúvios) e as coberturas pedológicas (solos) de forma generalizada. (ANDRADE et al, 2008).

A APA Cabuçu-Tanque Grande, por sua vez, possui substrato geológico constituído por rochas cristalinas, onde se desenvolvem coberturas coluvionares, havendo também coberturas sedimentares restritas a planícies de soleira em vales fluviais (Figura 1.4), além de presença marcante de fraturas e falhamentos de origem tectônica que modelam blocos estruturais (ANDRADE, 2009).

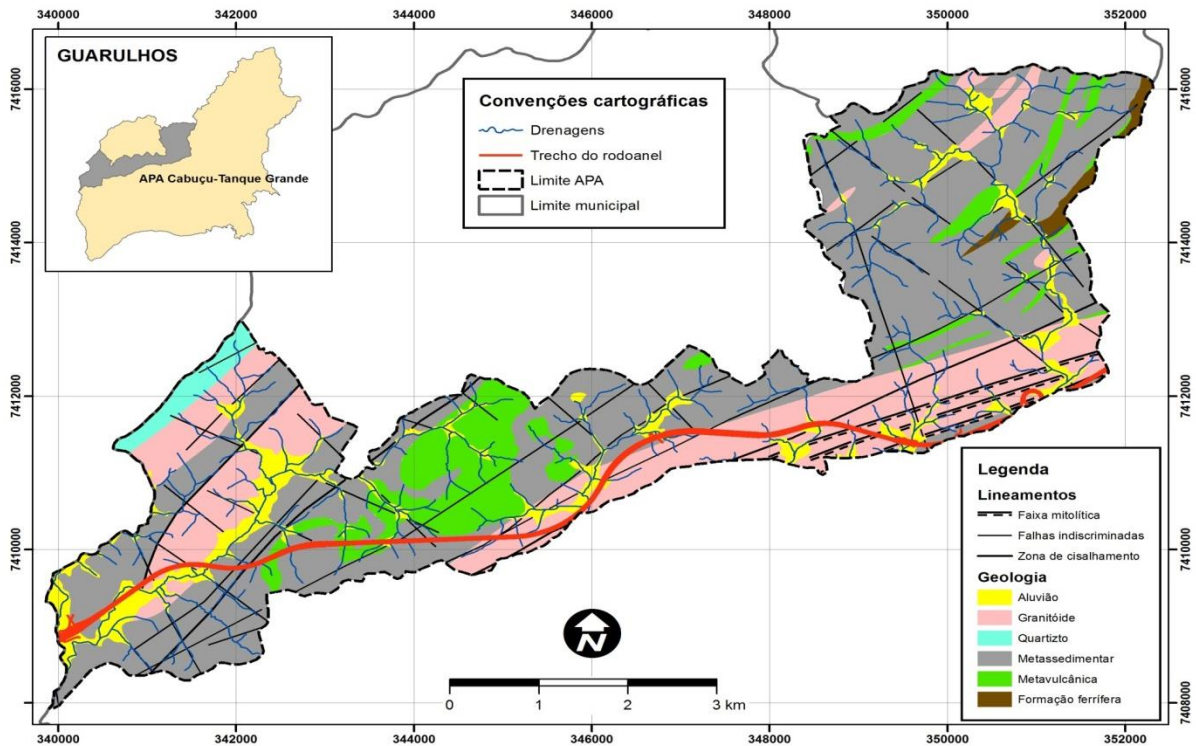


Figura 1.4 - Aspectos geológicos da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UNG, 2016.

Quanto aos aspectos pedológicos da APA-CTG, Andrade (2009) expõe que existe grande associação dos solos com os parâmetros naturais, como clima, geologia, relevo e ecossistema, onde em decorrência de suas características, condicionam a formação de Latossolos rasos e Cambissolos na região (Figura 1.5).

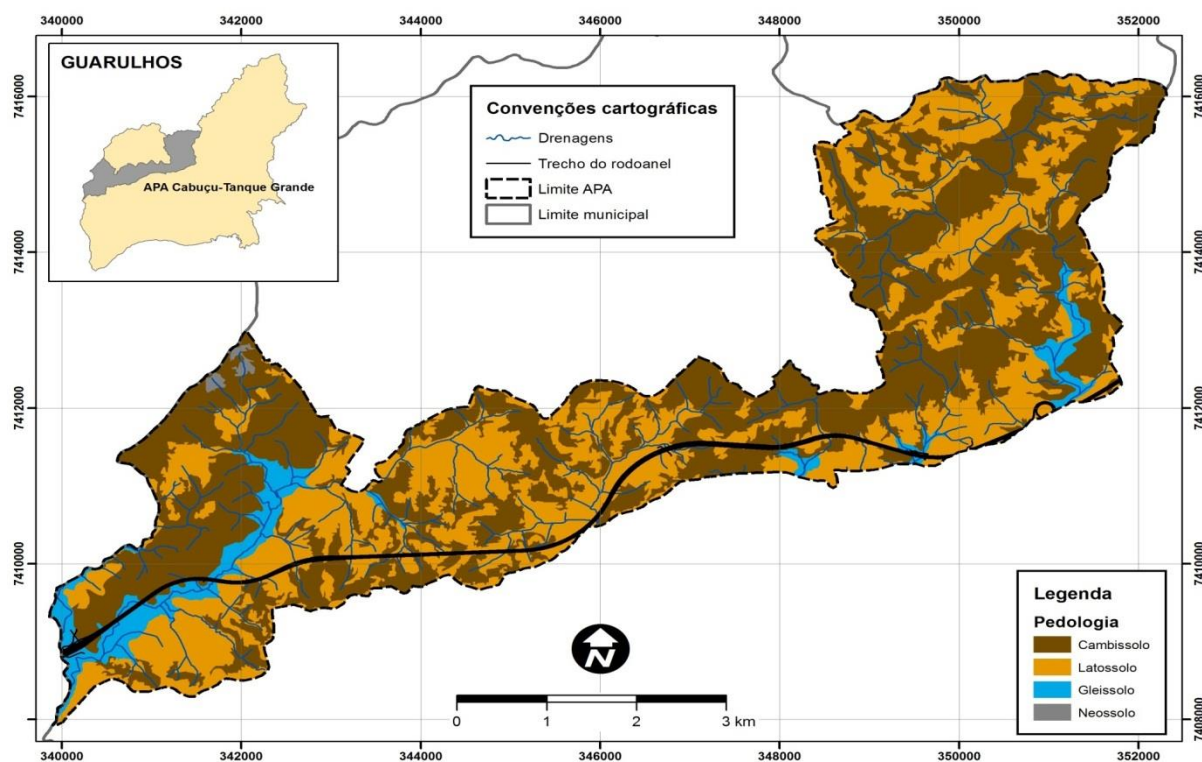


Figura 1.5: Aspectos pedológicos da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UNG, 2016.

A APA-CTG está situada no Planalto e Serra da Mantiqueira, unidade geomorfológica do Cinturão Orográfico do Atlântico. (ROSS; MOROZ,1997 *apud* ANDRADE, 2009). A maior altitude é encontrada na Serra do Bananal, com 1.125 metros e a menor altitude situa-se no rio Cabuçu de Cima, com 741 metros.

Ao oeste da APA-CTG predominam os morros baixos e morrotes. Também se apresentam morros médios com cota abaixo de 900m e algumas montanhas, morros e morrotes com cotas superiores a 900m. As planícies amplas e restritas limitam-se às áreas próximas aos cursos dos rios (Figura 1.6).

Ainda é possível verificar, através da Figura 1.6, que à leste da APA-CTG predominam as montanhas e morros com cotas superiores a 900m, mas encontramos também as mesmas formações com cotas superiores a 1.000m, além de morros baixos e morrotes.

Nota-se grande influência da estrutura geológica na constituição da paisagem, expressa, principalmente pelo relevo. A orientação de muitas cristas e vertentes são condicionadas pela direção predominante das foliações, falhamentos, fraturas e contatos geológicos (SW-NE), como o córrego Cabuçu e outros cursos d'água. Desta forma, o padrão de drenagem predominante é dendrítico, havendo também em algumas situações o padrão treliça com ângulos quase retos (ANDRADE, 2009).

As características do relevo da APA-CTG em conjunto com fatores climáticos da região, condicionam, portanto, a formação de uma rede de drenagem bastante complexa e com grande número de microbacias (Figura 1.7).

De acordo com Tarifa; Armani (2001 *apud* ANDRADE, 2009), predominam nesta área dois tipos climáticos: Tropical Úmido de Altitude do Planalto Paulistano (morros baixos, morrotes, colinas e planícies fluviais) e Tropical Úmido da Serra da Cantareira-Jaraguá (entre 800 à 1200 metros de altitude).

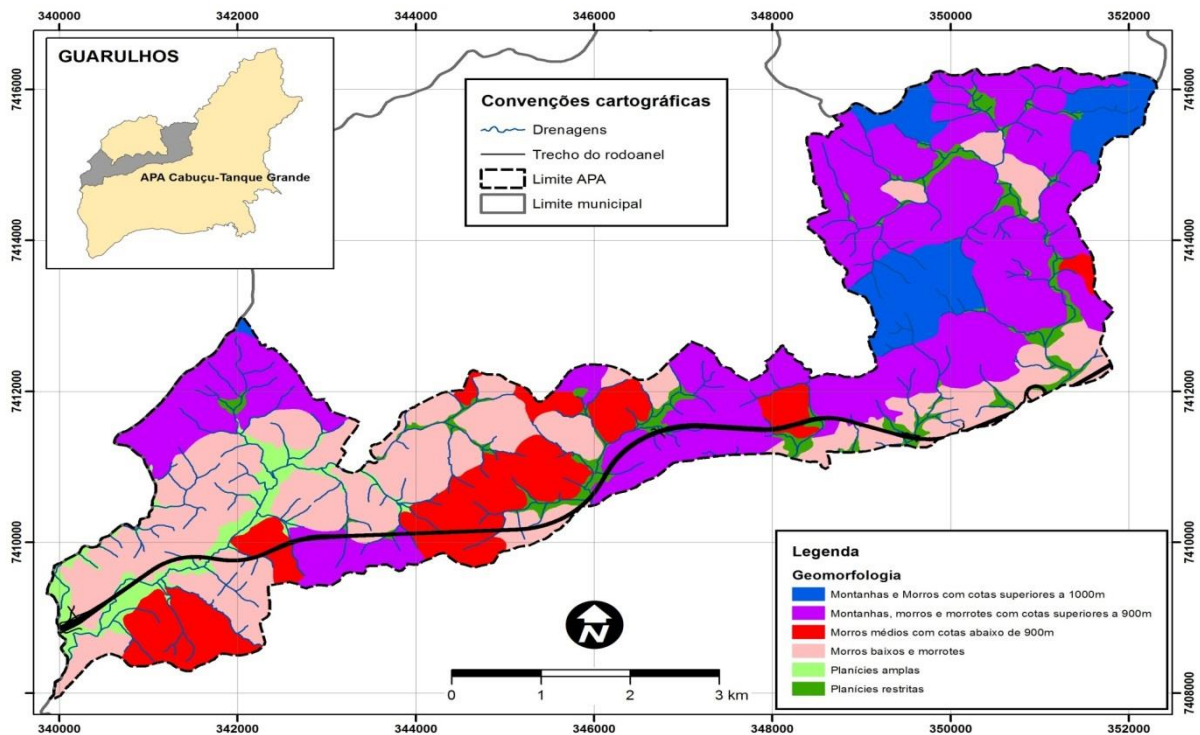


Figura 1.6 – Aspectos geomorfológicos da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UNG, 2016.

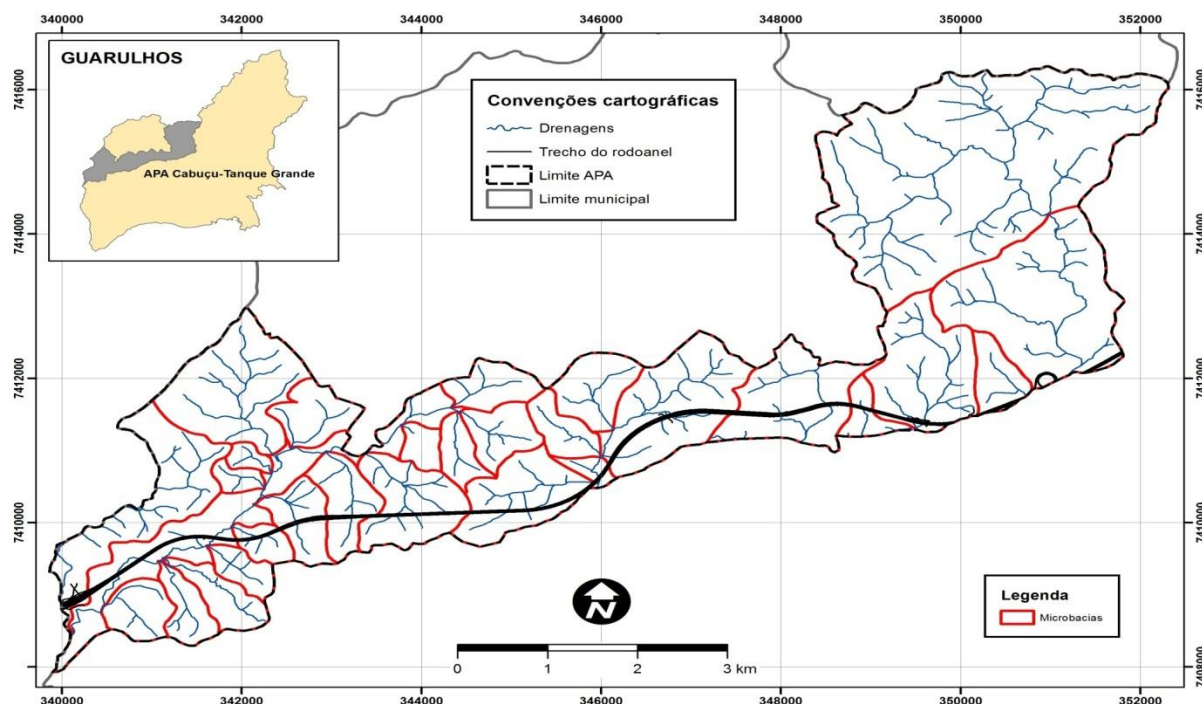


Figura 1.7 – Hidrografia da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UNG, 2016.

A APA Cabuçu – Tanque Grande encontra-se ao lado do PEC (Parque Estadual da Cantareira), o qual faz parte da RBCV (Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo) e representa uma importante área de amortecimento da maioria dos impactos ambientais da intensa urbanização nos núcleos centrais das cidades da RMSP. Os serviços ambientais que promovem em conjunto têm grande importância para a manutenção da qualidade ambiental desta região (ANDRADE, 2009).

A APA-CTG está situada no bioma Mata Atlântica, onde se encontra famílias vegetais comuns ao domínio da Floresta Ombrófila Densa – formação Montana (ANDRADE, 2009).

A conservação da biodiversidade e a manutenção dos processos ecológicos estão diretamente relacionados à cobertura vegetal existente, assim a porção norte do município é a que detém atualmente maior biodiversidade. Nesta biodiversidade, a Mata Atlântica abriga espécies da flora tais como: jequitibá-branco, cedro rosa, açoita cavalo, palmito juçara, pau-jacaré, embaúba, canela, jacarandá, samambaia-açu entre outros (ANDRADE et al, 2008).

Em termos fisiográficos, a característica predominante da cobertura vegetal da APA-CTG é de vegetação arbórea e rasteira, conforme observa-se na Figura 1.8.

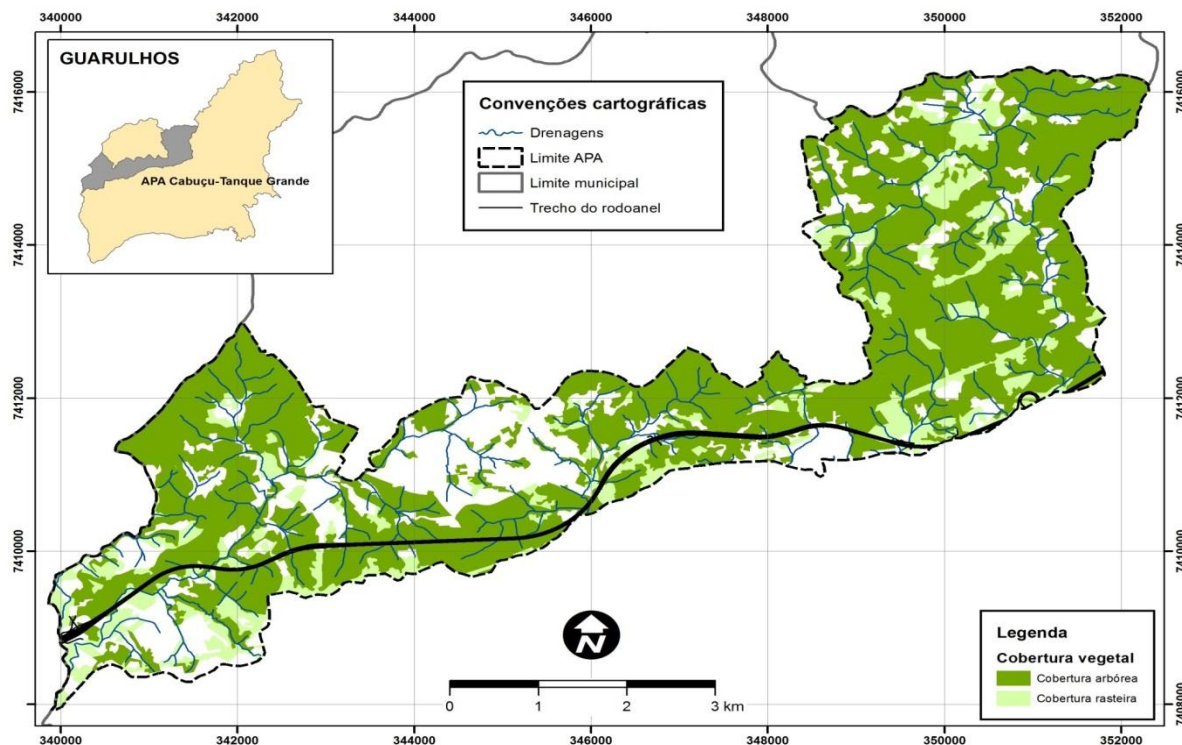


Figura 1.8 – Cobertura Vegetal da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UNG, 2016.

1.5.1 Aptidões, vulnerabilidades, suscetibilidades e fragilidades do meio físico

Neste item, propomos a discussão de vários termos relacionados à capacidade de o meio ambiente adaptar-se às alterações nele instauradas, bem como os potenciais impactos que venham a ocorrer.

Desta forma, considera-se importante a compreensão dos mesmos. Bitaret al. (2014) discorre sobre alguns dos termos que intitulam este capítulo e outros que nos auxiliam no entendimento dos mesmos (quadro 1.2).

Conceito	Definição
Suscetibilidade	“propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo em uma dada área”
Risco	“uma medida da ameaça e das consequências (financeiras, bens, vidas) que esta poderá causar num dado intervalo de tempo”.
Perigo	“condição com potencial para a geração de perdas e danos num dado período de tempo; periculosidade ou perigosidade”.
Vulnerabilidade	“grau de perdas e danos associados aos elementos expostos (0 a 1); quanto maior o grau, maior a vulnerabilidade”.
Ameaça	“fenômeno ou processo cuja dinâmica pode gerar consequências negativas (perdas e danos) em relação aos elementos expostos”.
Severidade	“capacidade de um evento para a geração de perdas e danos; magnitude do evento”.
Desastre Natural	“ruptura da dinâmica socioeconômica decorrente de evento associado a fenômeno ou processo natural”

Quadro 1.2 – Conceituações relacionadas à suscetibilidades dos terrenos Fonte: Bitar (2014).

Todos estes termos estão associados à dinâmica de interação entre os seres humanos e o meio onde ele se insere. Contudo, de acordo com Ross (1994) “a fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas”.

Para tanto, é preciso considerar não só as características naturais dos ambientes (aspectos geológico-geomorfológicos; solo, clima, hidrografia, vegetação), que são importantes para o entendimento das condições genéticas da área em questão, mas também as ações antrópicas no “estrato geográfico” – o ambiente que permite a existência do homem como ente biológico e social, sendo parte imprescindível, portanto, para a análise das relações socioeconômicas entre os seres humanos e a natureza (ROSS, 1994).

FLUXO DA RELAÇÃO SOCIEDADE / NATUREZA

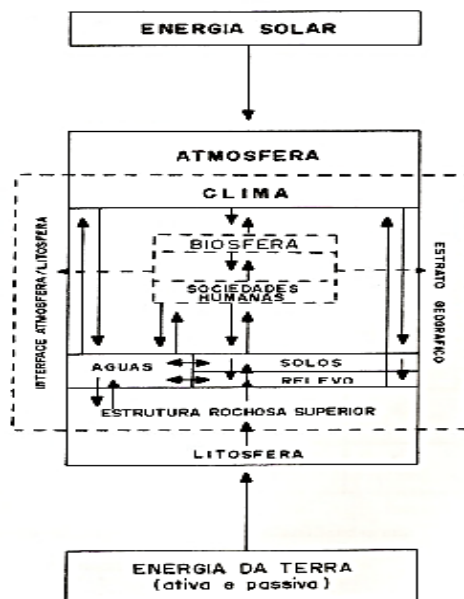


Figura 1.9 – Fluxo da relação sociedade/natureza no Estrato Geográfico da Terra. Ross (1994).

Relacionado ao risco, Oliveira (2009) propõe o seguinte método de análise: “ $R = P \times C$ ”, onde R = Risco, P = Probabilidade de ocorrer acidente e C = Consequência do dano. Considerando assim, que a probabilidade de ocorrer acidente se define pelos processos envolvidos e a consequência é decorrente da vulnerabilidade da ocupação ou atividade onde as condições de ocorrerem estes processos são altas.

A intersecção entre a área de suscetibilidade e a área de ocupação – tendo em vista também as atividades humanas desenvolvidas, bem como a magnitude e a frequência da interação homem x meio, leva a determinação da vulnerabilidade ao risco (Figura 1.10).

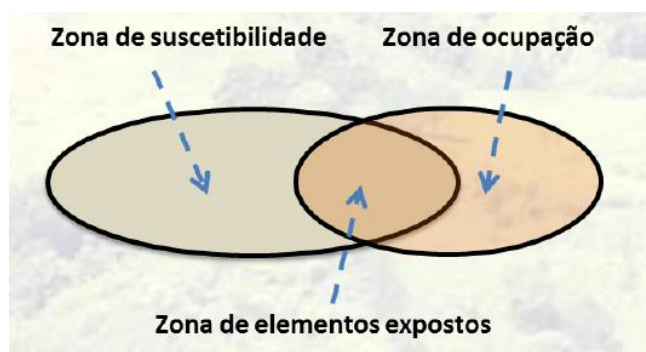


Figura 1.10 – Localização da zona de elementos expostos. Bitar (2014, apud Julião 2009).

Deste modo, considerando os aspectos físicos do município de Guarulhos, constatou-se o risco de escorregamentos na área objeto deste estudo (Figura 1.11).

Tendo em conta, porém, que a vulnerabilidade a riscos depende dos usos que se faz da terra, identificou-se também alguns fatores que geram problemas geoambientais, ou seja, condições potenciais para a existência de riscos. Assim, vemos na APA-CTG situações como aterros diversos (industrial; sanitário); corte; erosão intensa e pedreira – identificados através da Figura 1.12.

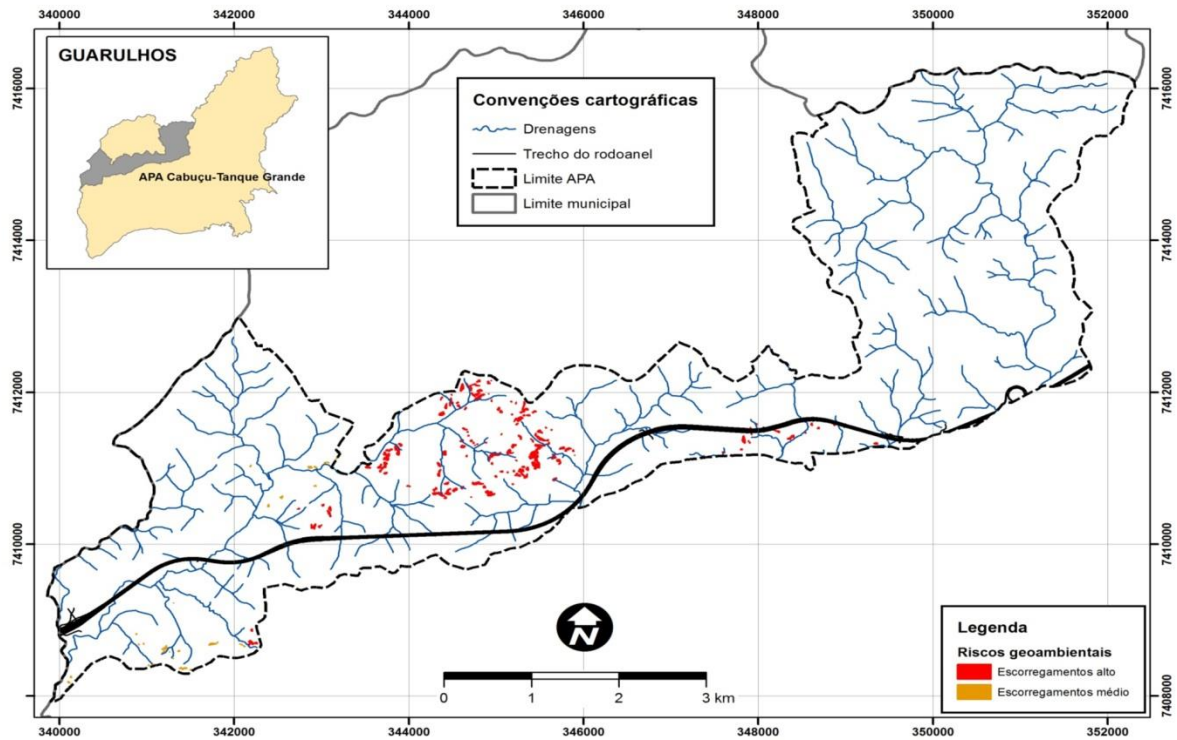


Figura 1.11 – Riscos Geoambientais na APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UNG, 2016.

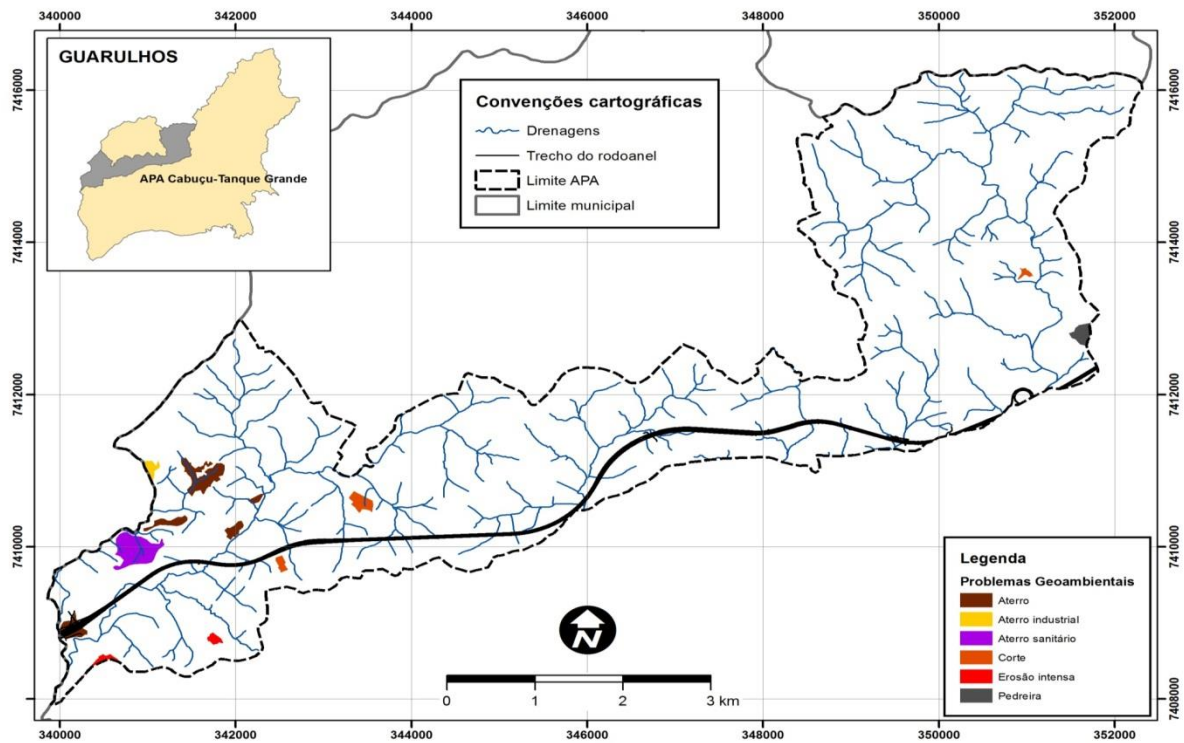


Figura 1.12 – Problemas Geoambientais da APA Cabuçu – Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UNG, 2016.




A aptidão, por sua vez é tida como a capacidade de o solo suportar determinados usos, sem que prejudique o seu equilíbrio em conjunto aos demais componentes do meio físico.

Aptidão: Qualidade que faz com que um objeto seja apto, adequado ou acomodado para certo fim (MICHAELIS, 1998).

O planejamento ambiental de um município necessita da elaboração de mapas de aptidão de uso, cartas de suscetibilidades e riscos, considerando os usos atuais e as áreas de preservação permanente, que, por meio de cruzamentos de dados e sobreposição, permitam determinar as áreas com conflitos de uso, visando o equilíbrio do meio ambiente. Com estas informações, é possível planejar práticas mais sustentáveis do uso da terra.




De acordo com a Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações do Município de Guarulhos – 1:50.000, realizada pelo IPT-SP, em coordenação de Bitar et al. 2014, a região norte de Guarulhos, onde se encontra a área de estudos, apresenta suscetibilidade Alta e Média, em relação à movimentos gravitacionais, tendo em vista suas características geológicas-geomorfológicas, com estruturas de relevos de montanhas, morros e morrotes (BITAR et al. 2014).

Já em relação a inundações, a suscetibilidade é baixa, considerando também as poucas áreas de planícies que ocorrem nesta região.

Classe de suscetibilidade	Foto ilustrativa	Características predominantes	Área		Área urbanizada/edificada	
			km ²	% (*)	km ²	% (**)
Alta		<ul style="list-style-type: none"> • Relevo: serras, escarpas, morros altos e morros baixos; • Forma das encostas: retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceiras de drenagem abruptos; • Amplitudes: 100 a 400 m; • Declividades: > 25°; • Litologia: filitos, metassiltitos e filonitos; • Densidade de lineamentos/estruturas: alta; • Solos: pouco evoluídos e rasos; e • Processos: deslizamento e queda de rocha. 	26,3	8,3	0,6	0,4
Média		<ul style="list-style-type: none"> • Relevo: morros altos e morros baixos; • Forma das encostas: convexas a retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceira de drenagem; • Amplitudes: 90 a 200 m; • Declividades: 10 a 30°; • Litologia: filitos, metassiltitos e filonitos; • Densidade de lineamentos/estruturas: média; • Solos: evoluídos e moderadamente profundos; e • Processos: deslizamento e queda de rocha. 	58,7	18,5	2,6	1,9
Baixa		<ul style="list-style-type: none"> • Relevo: planícies e terraços fluviais, colinas e morrotes; • Forma das encostas: convexas suavizadas e topos amplos; • Amplitudes: < 100 m; • Declividades: < 15°; • Litologia: argilas, areias e cascalhos; • Densidade de lineamentos/estruturas: baixa; • Solos: aluviais; evoluídos e profundos nas colinas e morrotes; e • Processos: deslizamento. 	232,9	73,2	133,7	97,7

(*) Porcentagem em relação à área do município. (**) Porcentagem em relação à área urbanizada/edificada do município.

Quadro 1.3 – Guarulhos: suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Fonte: Bitaret al. (2014).

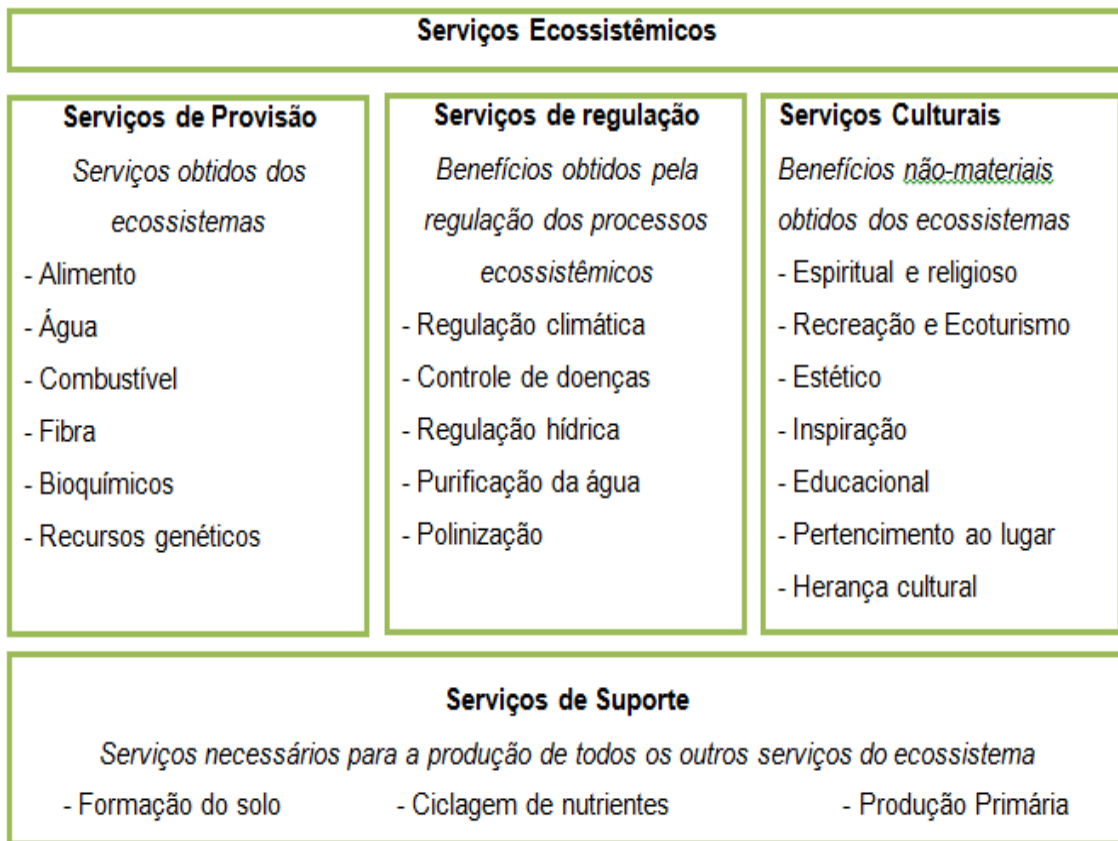
Classe de suscetibilidade	Foto ilustrativa	Características predominantes		Área		Área urbanizada/edificada	
		Locais	Bacias de drenagem contribuintes	km ²	% (*)	km ²	% (**)
Alta		<ul style="list-style-type: none"> • Relevo: planícies aluviais atuais, com amplitudes e declividades muito baixas (< 2°); • Solos: hidromórficos, em terrenos situados ao longo de curso d'água, mal drenados e com nível d'água subterrâneo aflorante a raso; • Altura de inundação: até 2 m em relação à borda da calha do leito regular do curso d'água; e • Processos: inundação, alagamento e assoreamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Área de contribuição: grande; • Formato: tendendo a circular; • Densidade de drenagem: alta; • Padrão dos canais fluviais: tendendo a sinuoso; e • Relação de relevo: amplitude baixa e canal principal longo. 	15,6	4,9	9,0	6,6
Média		<ul style="list-style-type: none"> • Relevo: terraços fluviais baixos e/ou flancos de encostas, com amplitudes e declividades baixas (< 5°); • Solos: hidromórficos e não hidromórficos, em terrenos argilo-arenosos e com nível d'água subterrâneo raso a pouco profundo; • Altura de inundação: entre 2 e 6 m em relação à borda da calha do leito regular do curso d'água; e • Processos: inundação, alagamento e assoreamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Área de contribuição: intermediária; • Formato: circular a alongado; • Densidade de drenagem: média; • Padrão dos canais fluviais: sinuoso a retilíneo; e • Relação de relevo: amplitude média e canal principal intermediário. 	19,8	6,2	11,4	8,3
Baixa		<ul style="list-style-type: none"> • Relevo: terraços fluviais altos e/ou flancos de encostas, com amplitudes e declividades baixas (< 5°); • Solos: não hidromórficos, em terrenos silto-arenosos e com nível d'água subterrâneo pouco profundo; • Altura de inundação: acima de 6 m em relação à borda da calha do leito regular do curso d'água; e • Processos: inundação, alagamento e assoreamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Área de contribuição: pequena; • Formato: tendendo a alongado; • Densidade de drenagem: baixa; • Padrão dos canais fluviais: tendendo a retilíneo; e • Relação de relevo: amplitude alta e canal principal curto. 	29,8	9,4	19,3	14,1

(*) Porcentagem em relação à área do município. (**) Porcentagem em relação à área urbanizada/edificada do município.

Quadro 1.4 – Guarulhos: suscetibilidade a inundações. Fonte: Bitaret al (2014).

1.5.2 Importância ambiental e serviços ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos referem-se aos benefícios que os seres humanos recebem com os ecossistemas, utilizando seus recursos naturais para atividades como: serviços de provisão: produção de alimento, obtenção de água, geração de combustível; serviços de regulação climática, controle de enchentes, controle de doenças; serviços culturais: utilização dos espaços para moradia, fins espirituais e religiosos, recreacionais e turísticos, etc.; serviços de suporte a formação dos solos, a ciclagem de nutrientes e a produção primária (ALCAMO et al, 2003).



Quadro 1.5 – Serviços Ecossistêmicos. Fonte: Adaptado de Alcamo et al. (2003).

As regiões que abrigam maior quantidade de recursos naturais disponíveis, bem como taxas de alteração menores são as que mais oferecem benefícios ambientais à população.

É o caso da região norte de Guarulhos - onde se situa a APA Cabuçu – Tanque Grande que propicia a presença dos serviços ambientais da biosfera, como “a provisão de água, para o abastecimento; a regulação do escoamento de água; o conforto térmico e a redução da poluição” (ANDRADE e OLIVEIRA, 2008).

A APA-CTG, como visto na Lei Municipal nº 6.798/2010, surgiu através de parcerias entre a prefeitura do município de Guarulhos e instituições de pesquisa, da ONG Projeto Cabuçu de Desenvolvimento Local e população, que se encontravam diante de problemáticas ambientais ocasionadas devido ao uso e ocupação do solo de forma indiscriminada, bem como impactos ambientais decorridos de práticas não sustentáveis nas regiões do Cabuçu e Tanque Grande e necessitavam de políticas de preservação, resguardando os serviços ambientais dos remanescentes florestais ainda presentes nesta área do município.

Atualmente, esta importante área encontra-se submetida a uma obra viária de grande porte que instaura por essa razão, potenciais impactos ambientais, muitos deles a ser identificados ao longo dos anos.

1.5.3 Uso e ocupação do solo

Através da análise do meio físico da APA-CTG, compreende-se que o relevo impõe restrições ou dificuldades de ocupação e, por essa razão a expansão urbana ocorre de forma irregular nessa região.

As montanhas e morros existentes na APA-CTG (Figura 1.6) restringem a aproximação mais intensa da população e o estabelecimento de edificações, porém faz com que esta ocupe as encostas, intensificando os processos erosivos e a produção de sedimentos direcionados aos rios que convergem para o rio Tietê, além de multiplicar as áreas de riscos e escorregamentos (OLIVEIRA, 2008).

Contudo, Oliveira (2008) enfatiza que é justamente esse relevo mais acidentado que constitui um coletor importante das águas das chuvas, onde as águas escoam pelas encostas de alta declividade e formam as cabeceiras dos rios. Em decorrência dos morros, morrotes e montanhas, a região apresenta riqueza de mananciais (Figura 1.7).

É importante ressaltar, porém, que a maior parte da região do Cabuçu – Tanque Grande é legalmente protegida através de políticas de preservação ambiental que estabelecem as APPs (Áreas de Preservação Permanente) e por esse motivo, não deveriam ser ocupadas.

Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Art. 3º, inciso II da Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012).

As características do meio físico da APA-CTG conferem a seu território grande número de APPs, que segundo a Lei Federal nº 12.651/2012 considera como Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, os seguintes aspectos:

- I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:
 - a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
 - d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
 - e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
- II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;
- III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;
- IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
- VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- VII - os manguezais, em toda a sua extensão;
- VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;
- X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;
- XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Neste contexto, identificam-se, entretanto, zonas de conflito com os usos e ocupações do solo atuais, as quais ocorrem em área que deveriam estar preservadas (Figura 1.13).

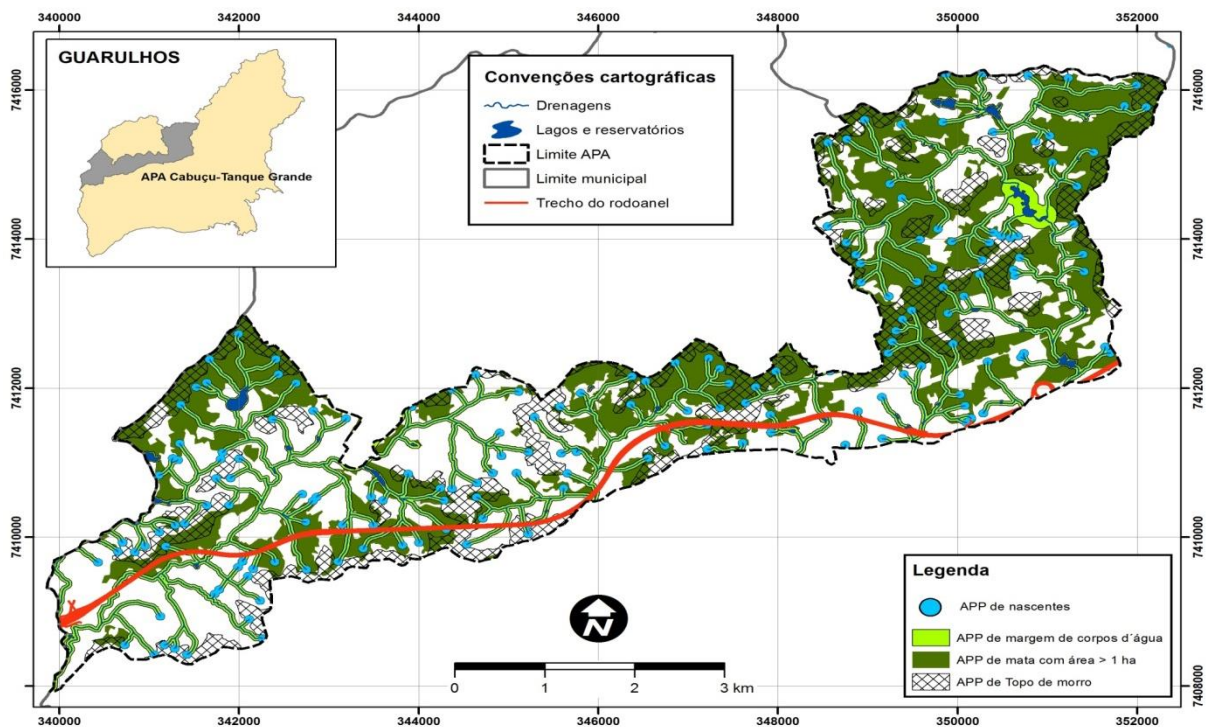


Figura 1.13 – Áreas de Preservação Permanente – APA Cabuçu Tanque Grande. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UNG, 2016.

A transformação geoambiental decorrente das ações antrópicas costumam ser identificadas e analisadas por meio dos mapeamentos de uso da terra, como formas de retratar e caracterizar as ocupações com diversos objetivos.

Verifica-se no mapa de Usos da Terra da APA-CTG (Figura 1.14) que há diferentes usos e ocupações do solo na região, sendo que algumas destas estão em conflito com as APPs. A região mais ao leste da APA (bairro Tanque Grande) se apresenta mais arborizada, ou seja, com maior presença de vegetação, em razão disso encontra-se mais preservada que a região do Cabuçu (a oeste da APA) que possui uso urbano residencial consolidado.

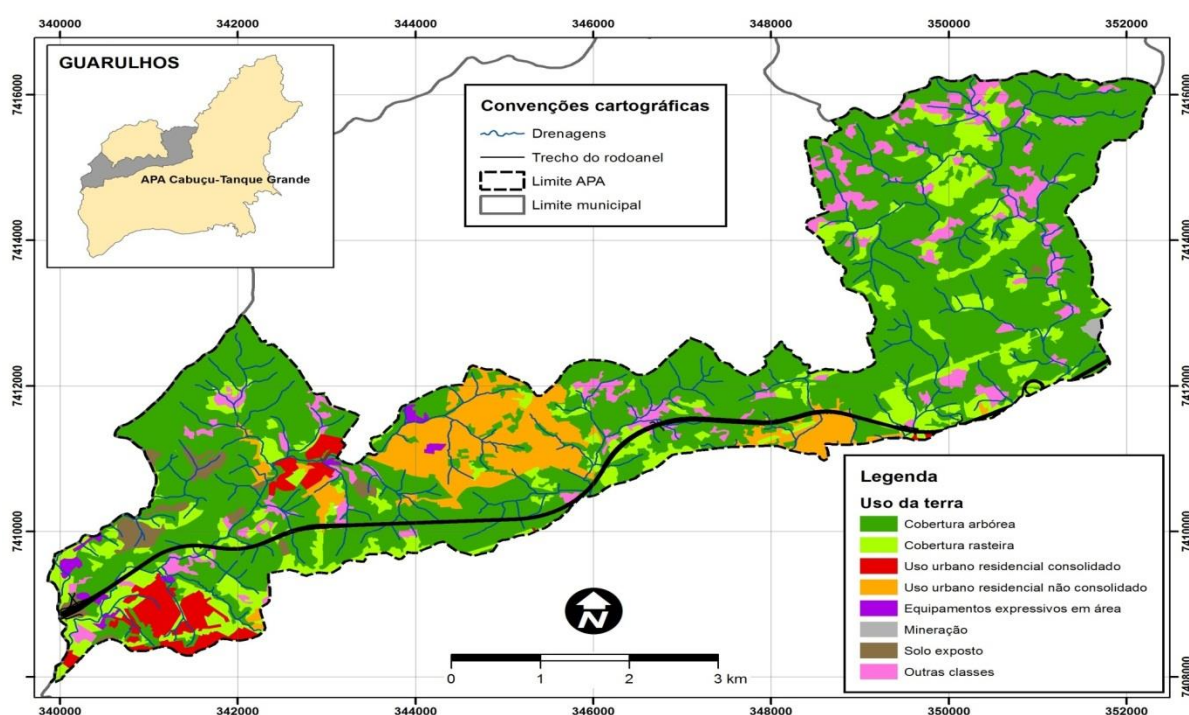


Figura 1.14 – APA Cabuçu Tanque Grande – Uso da Terra. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UNG, 2016.

1.5.4 Histórico de intervenções

O Histórico considerado neste item refere-se ao Município como um todo, retratando em parte a área objeto deste estudo.

Guarulhos foi fundada em 8 de dezembro de 1560 pelo Padre Jesuíta Manuel de Paiva, com o nome de Nossa Senhora da Conceição, em um local até então habitado pelos índios Guarus, da tribo dos Guaianases. Em 1880 foi elevada à Província de Nossa Senhora da Conceição de Guarulhos após uma visita de D. Pedro II. Porém só em 1906 recebeu a denominação de cidade (GUARULHOS, 2016).

O início do século XX foi marcado pela chegada da energia elétrica (Light & Power), pelos pedidos de instalação da rede telefônica, de licenças para implantação de indústrias de atividades comerciais e pelos serviços de transporte de passageiros. Nos anos 50, houve a inauguração da Rodovia Presidente Dutra e da Rodovia Fernão Dias, aproximando assim as mercadorias da cidade. Nas décadas de 1960/1970 houve a estruturação de atividades industriais e comerciais. Em 1985 o aeroporto de Cumbica foi inaugurado, hoje denominado "Aeroporto Internacional de São Paulo-Guarulhos Governador André Franco Montoro", o maior da América do Sul. A partir disso, a cidade passou a ser grandemente conhecida nacional e internacionalmente por meio da sigla GRU (GUARULHOS, 2016).

Tudo isso levou à intensa industrialização no município e ao afluxo do contingente populacional, incentivado pela formação de loteamentos efetuados sem grandes preocupações com a urbanização, a infraestrutura e os serviços de utilidades públicas.

Hoje, graças a diversos fatores como forma de ocupação, políticas públicas e localização, Guarulhos se tornou um centro estratégico de distribuição e logística. Localizada na confluência de estradas que ligam São Paulo ao Rio de Janeiro, abriga também o maior aeroporto da América Latina, no qual está o maior terminal de cargas do país. É o segundo maior município paulista em população, com cerca de 1.312.197 habitantes segundo estimativas do IBGE (2014).

A região da APA Cabuçu – Tanque Grande apresenta características rurais, onde ainda encontram-se fortes relações entre culturas agrícolas e manejo florestal. Nesta área, houve forte crescimento urbano de modo precário em decorrência do crescimento de loteamentos de chácaras, do mercado imobiliário informal e por conta da maior facilidade de acesso à região central (BALTRUSIS, 2003 *apud* ANDRADE, 2009).

Na região, desenvolve-se também o gerenciamento de resíduos sólidos, com a presença de aterros sanitários, industriais e de materiais excedentes de obras de terra, o que identifica relações extremamente complexas entre os seres humanos e a natureza e enfatiza ainda mais a atenção especial que deve ser dada quanto à conservação de seus aspectos naturais, promovendo o uso sustentável de seus recursos (FIRPAVE E REAGO *apud* ANDRADE, 2009).

Atualmente (desde 2010), a região recebe outro processo de transformação intensa através da construção do Rodoanel Mário Covas – Trecho Norte – uma via de interligação entre as principais rodovias da Região Metropolitana e a capital paulista, transformações estas que são objetos desta pesquisa.

O termo Rodoanel foi instituído para referir-se a um anel rodoviário, ou seja, “trecho de rodovia destinada à circulação de veículos na periferia das áreas urbanas, de modo a evitar ou minimizar o tráfego no seu interior, circundando completamente a localidade” (DNIT, 2007).

O Rodoanel Mário Covas é uma rodovia que contorna a área urbana da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) interligando as rodovias que acessam a esta região. Foi concebido para atenuar o intenso fluxo de trânsito na capital paulista e nas marginais (Tietê e Pinheiros), que interligam São Paulo a outros municípios, reduzir o tempo de percurso, além de também interligar as Regiões Metropolitanas de Campinas, Baixada Santista, Sorocaba, São José dos Campos, e Vale do Paraíba à RMSP. Ao final de sua execução, possuirá cerca de 175 km de extensão (DERSA, 2010).

A construção e operacionalização do Rodoanel Mário Covas foi dividida em quatro trechos: Trecho Oeste, com 32,2 km; Trecho Sul, com 61 km, Trecho Leste, com 42,2 km; e finalmente Trecho Norte, em fase de implantação, interligará os trechos Oeste e Leste, incorporando ao Rodoanel a rodovia Fernão Dias em traçado proposto com 44 km, ora em fase de implantação.

Com base na delimitação da área objeto desta pesquisa, enfatiza-se também neste estudo o Trecho Norte do Rodoanel Mário Covas, especificamente na APA Cabuçu - Tanque Grande, no município de Guarulhos. A principal discussão que se faz neste estudo é, portanto, sobre quais os impactos destas transformações no meio físico, entre outros fatores pré-existentes.

CAPÍTULO 2
MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DOS PROCESSOS
TECNOGÊNICOS NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL CABUÇU
TANQUE-GRANDE (APA-CTG), GUARULHOS-SP

MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DOS PROCESSOS TECNOGÊNICOS NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL CABUÇU TANQUE-GRANDE (APA-CTG), GUARULHOS-SP

Mapping And Quantification of Tecnogenical Processes in the Environmental Protection Area Cabuçu Tanque-Grande (EPA-CTG), Guarulhos-SP

RESUMO: O presente estudo mapeou e analisou os processos tecnogênicos da Área de Proteção Permanente Cabuçu Tanque-Grande (APA-CTG) localizada em Guarulhos-SP. A metodologia empregada para as análises se deu por meio da cartografia tecnogênica e da Equação Universal da Perda de Solos (EUPS). Como resultados, o trabalho apontou classes de terrenos tecnogênicos: mistos, modificados, de degradação e agradativos, que juntos, somaram 697 ha e apresentaram um potencial de perda de solo com cerca de $8.610,3 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, principalmente nas áreas de escavações para terraplanagem das obras do Rodoanel Metropolitano Trecho Norte (RMTN) e nas cavas de mineração. Sobrevoos de helicóptero e visitas *in situ* constataram feições tecnogênicas de: escavação, terraplanagem, bem como, formação de relevos tecnogênicos (“terraços e planícies aluvionares tecnogênicos”) decorrentes da deposição de materiais gárbico, spólico e úrbico em fundo de vales. Provocando modificações químicas visíveis por meio da uma espuma branca emulsiva nas águas do rio Cabuçu. Estimou-se ainda, uma perda de solo potencial de aproximadamente $16.493 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para toada a área de estudo. Sendo que a bacia hidrográfica do rio Cabuçu de Cima a mais impactada, com potencial de perda de sole de $9.909,3 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Palavras-chave: Terrenos tecnogênicos, EUPS, APA-CTG.

ABSTRACT: *The present study mapped and analyzed the tecnogenic processes in the Environmental Protection Area of Cabuçu Tanque-Grande (EPA-CTG) located in Guarulhos-SP. The methodology used for the analysis was based on the Tecnogenic Mapping and the Universal Soil Loss Equation (USLE). As a result, the work pointed to classes of tecnogenic grounds: mixed, modified, degraded and pleasant, which together totaled 697 ha and presented a soil loss potential of around $8,610.3 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, mainly in the areas of excavations of the North Stretch Metropolitan Roadway (NSMR) and in the mining cavas. Helicopter overflight and in situ visits have revealed tecnogenical features of: excavation, earthmoving, as well as formation of tecnogenic reliefs ("terraces and tecnogenic alluvial plains") arising from the deposition of barbaric, spolic and uric material on the bottom of valleys. It provokes visible chemical modifications by means of a white emulsive foam in the waters of the Cabuçu river. It was also estimated a potential soil loss of approximately $16,493 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ for all the study area. Since the watershed of the Cabuçu de Cima River is the most impacted, with a potential loss of $9,909.3 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$.*

Keywords: *Tecnogenic grounds, USLE, EPA-CTG.*

1. INTRODUÇÃO

Guarulhos é o segundo maior município paulista em população, com mais de 1.221.979 habitantes. Localizado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), este fica à apenas 17 km do centro da maior metrópole da América Latina (São Paulo) e a 108 km do Porto de Santos, e é estrategicamente localizado entre duas das principais rodovias nacionais:

a Via Dutra, eixo de ligação São Paulo - Rio de Janeiro e Rodovia 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 estratégica Guarulhos tem passado por grandes transformações nos últimos anos, principalmente em relação à produção do seu espaço urbano. Sua dinâmica, tem sido pautada pelo aquecimento do mercado imobiliário formal e pelos grandes projetos de estruturação do solo urbano (IACOVINI, 2013), tais como as obras de ampliação do Aeroporto 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, tem sido caracterizada por uma expansão e verticalização desordenada, além de uma eliminação radical da cobertura vegetal (OLIVEIRA *et al.* 2010), que entre outras consequências, levam a formação de terrenos tecnogênicos, seja pela transformação de terrenos naturais preexistentes ou mesmo pela criação de novos substratos (OLIVEIRA *et al.* 2005).

Devido a forma intensa e agressiva que essas transformações paisagísticas ocorrem, tem-se a necessidade de se 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 (OLIVEIRA; PELOGGIA, 2014).

Assim, o trabalho tem como foco o mapeamento das áreas tecnogênicas, bem como, a quantificação dos processos envolvidos na Área de Proteção Ambiental Cabuçu Tanque-Grande (APA-CTG), esses processos se tornam ainda mais danosos, pois devido

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, possui cerca de 3.219 ha e está localizada na porção noroeste do Município de Guarulhos, São Paulo-SP. Sua delimitação compreende todo o bairro Tanque Grande e parcialmente os bairros Cabuçu, Invernada, Bananal e Fortaleza. Funciona como zona de

amortecimento do Núcleo Cabucu do Parque Estadual da Cantareira, buscando reduzir o efeito de borda causado pela crescente urbanização (ANDRADE, 2009).

Esta apresenta região, apresenta um 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, que em alguns locais supera os 1000 m de altitude, possui formas enérgicas de relevo na forma de morros e montanhas onde desenvolvendo-se várias nascentes como as dos rios Cabucu de Cima (oeste), Cachoeirinha-Infernada (centro) e Ribeirão Tanque-Grande (leste). Esse relevo acentuado é sustentado pelas rochas do embasamento onde se destacam rochas metamórficas, metassedimentos e metavulcânicas, com intrusões graníticas, cobertas por argissolos, cambissolos e neossolos litólicos, predominantemente rasos e argilosos (MONTEIRO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2009).

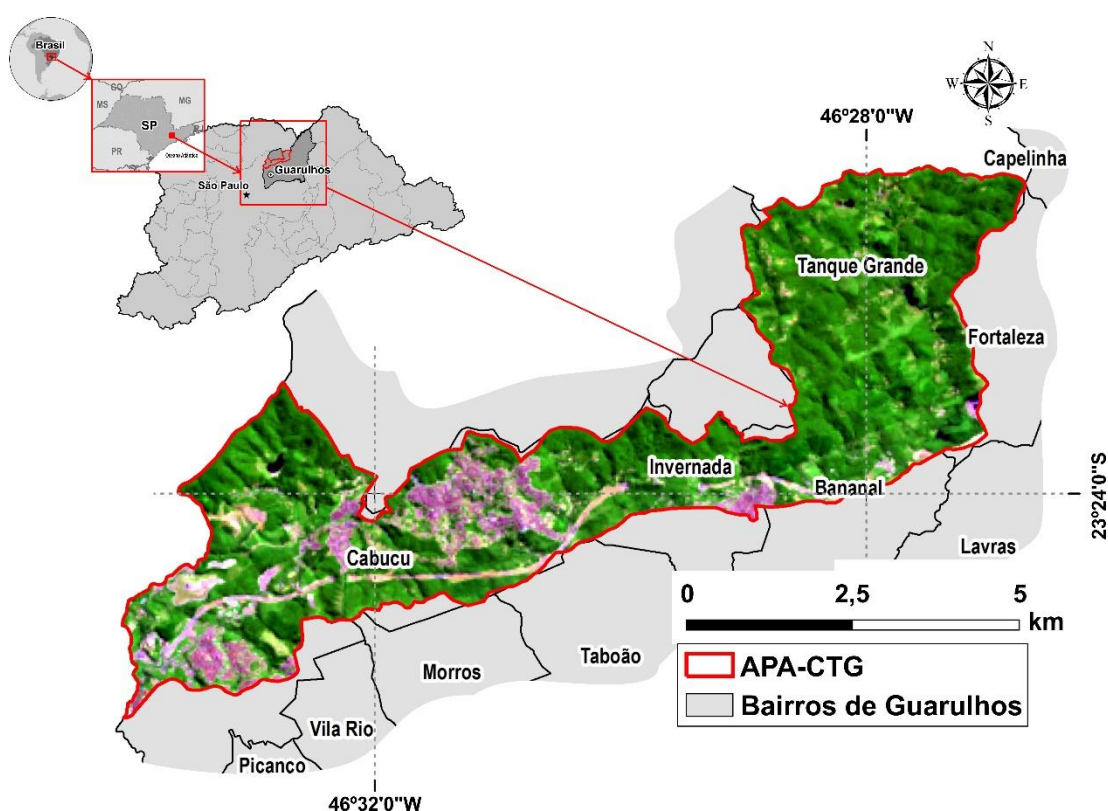


Figura 1 - Mapa de localização da APA-CTG.

2.2. Terrenos Tecnogênicos

Podemos definir os terrenos tecnogênicos (*tecnogenic ground*) como maciços artificiais constituídos por materiais geológicos ou superfícies do relevo resultantes direta ou

indiretamente da ação 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).

Conquanto o reconhecimento da ação geológica do ser humano e dos depósitos gerados por elas apareça na literatura geológica clássica (PELOGGIA 2005a; PELOGGIA et al. 2014a), os avanços nas pesquisas ocorridos nas últimas décadas, por outro lado, têm levado à possibilidade de consolidação dos conceitos e de classificação desses novos tipos de terrenos. Contribuições importantes nesse sentido provieram notadamente do Serviço Geológico Britânico, de pesquisadores da antiga União Soviética e do Leste Europeu e dos Estados Unidos da América, e também das pesquisas brasileiras desenvolvidas desde a década de 1990 na análise dos processos, depósitos e formas de relevo tecnogênicos. (OLIVEIRA et al. 2005; PELOGGIA 2005b; OLIVEIRA, 2005; PELOGGIA E OLIVEIRA, 2005; PELOGGIA et. al. 2014a; PELOGGIA et al. 2014b). A essas contribuições vêm se acrescentar as propostas de classificação das formações superficiais antrópicas e camadas arqueossedimentares realizadas no âmbito da geoarqueologia (BORJA BARRERA 1993; VILLAGRAN 2010).

2.2.1. Conceitos fundamentais

O estudo dos terrenos tecnogênicos têm possibilitado a proposição de alguns conceitos fundamentais (PELOGGIA et al. 2014a):

i) **Geodiversidade tecnogênica** (*tecnogenic geodiversity*): indica a variedade de tipos de terrenos, constituídos por diversos materiais e ocupando diferentes posições no relevo, que são produzidos direta ou indiretamente pela ação geológica e geomorfológica humana.

ii) **Camada tecnogênica** (*tecnogenic layer*): é um termo descritivo geral que indica qualquer tipo de depósito ou horizonte de solo de caráter tecnogênico. As camadas tecnogênicas são essencialmente formações geológicas superficiais, aflorantes ou sub-aforantes, que mostram uma posição especial superposta de forma autóctone (solos) ou alóctone (depósitos) em relação ao substrato natural, e frequentemente uma expressão característica de relevo.

iii) **Depósito tecnogênico** (*tecnogenic deposit*): formações geológicas superficiais diretamente criadas, acumuladas ou induzidas pela ação humana. Também podem ser chamadas de formações geológicas antropogênicas.

iv) **Horizontes de solo tecnogênicos** (*tecnogenic soil horizons*): formados por modificações *in situ* do perfil original do solo superficial (pedológico) ou do solo de alteração de rocha.

v) **Fácies tecnogênica** (*tecnogenic facies*): conceito que indica a 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.

vi) **Superfícies geomórficas ou feições tecnogênicas** (*tecnogenic landforms*): formas de relevo.

vii) **Perfil ou seção tecnogênico** (*tecnogenic section*): a estratigrafia resultante de um determinado terreno constituído por camadas tecnogênicas.

viii) **Ambientes e sistemas tecnogênicos** (*tecnogenic environments and systems*): o ambiente tecnogênico representa o 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 assentamento humanos). O sistema tecnogênico, por sua vez, caracteriza um conjunto de processos tecnogênicos associados a ações humanas relacionadas a contextos geográficos (territoriais) específicos.

Assim, em resumo, podemos dizer que todo terreno tecnogênico consiste: a) de uma ou mais camadas tecnogênicas, que correspondem a uma ou mais categorias de depósitos ou horizontes de solo, ou; b) de superfícies artificiais que expõem substratos geológicos profundos, ou ainda; c) de superfícies naturais perturbadas pela ação humana.

2.2.2. Processos tecnogênicos

Os processos tecnogênicos são todas as ações efetuadas diretamente pela humanidade ou todos os fenômenos que decorrem da ação humana que resultam em mobilização ou modificação de material geológico. Podem, portanto, ter caráter **erosivo/degradativo** (implicando em desgaste e transporte) ou **construtivo/agradativo** (resultando na acumulação de material), ou ainda **modificador** (em que materiais geológicos originais são modificados em qualidade). Em todos os casos, o resultado do processo tecnogênico é a criação de terrenos tecnogênicos e de formas de relevo correspondentes.

Desse modo, a ação humana implica a **criação de processos** que não existiam (processos geológicos novos de efeitos análogos processos naturais, como escavação/erosão, transporte sedimentar/por máquinas, aterramento/deposição) e a **modificação de processos naturais**, por meio da criação de fatores que atuam sobre os mesmos, induzindo seu desencadeamento ou intensificando ou atenuando suas intensidades e alcances. (TER STEPANIAN, 1998; OLIVEIRA, 1990; OLIVEIRA, 1995; PELOGGIA, 1998; PELOGGIA E OLIVEIRA, 2005; PELOGGIA et al. 2014a, PELOGGIA et al. 2014b).

3. METODOLOGIA

A metodologia divide-se 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 abaixo.

Quadro 1. 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	Depósitos tecnogênicos construídos de

		(3)	preenchimento recoberto 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)

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

O cálculo de material tecnogênico produzido se dará 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:

$$PS = R * K * L * S * C * P \quad (\text{Equação 1})$$

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 (ação antrópica).

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, na Tabela 1 os

autores apontaram para todo o Estado de São Paulo, os seguintes valores de K segundo a classe e horizonte de solo.

Quadro 2 - Valores do fator erodibilidade (K) dos solos do Estado de São Paulo. Adaptado de Mannigel et al. 2002.

Classe de solo		Fator erodibilidade (K)	
		Horizonte A	Horizonte B
Nº	Nome	t.ha.h/ha.MJ.mm	
1	Alissolo Crômico Argilúvico abrupto A moderado textura média/muito argilosa	0,0197	0,0063
2	Argissolo Amarelo Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média	0,4278	0,0391
3	Argissolo Vermelho Eutrófico típico A moderado textura média/argilosa	0,0228	0,0112
4	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico A moderado textura média/argilosa	0,0466	0,01
5	Argissolo Vermelho Eutrófico câmbico A moderado textura argilosa/muito argilosa	0,0178	0,0074
6	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico	0,0254	0,0186
7	Cambissolo Háptico Tb Distrófico latossólico	0,0347	0,0345
8	Cambissolo Húmico Distrófico latossólico	0,0433	0,0267
9	Cambissolo Háptico Tb Eutrófico típico A moderado textura média	0,0441	0,0361
10	Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico típico	0,3267	0,575
11	Gleissolo Háptico Ta Distrófico típico A moderado textura errática	0,0044	0,0266
12	Latossolo Vermelho Distroférrico típico A moderado textura muito argilosa	0,0071	0,0052
13	Latossolo Vermelho Ácrico típico A moderado textura muito argilosa	0,0263	0,0152
14	Latossolo Vermelho Distrófico típico A moderado textura muito argilosa	0,0061	0,0038
15	Latossolo Amarelo Distrófico típico A proeminente textura média	0,057	0,0513
16	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico A moderado textura argilosa	0,0112	0,0081
17	Latossolo Vermelho Acriférrico típico	0,0085	0,0058
18	Luvissolo Crômico Pálico arênico A moderado textura arenosa/média	0,2466	0,0313
19	Luvissolo Crômico Pálico planossólico A moderado textura arenosa/média	0,1509	0,0353
20	Neossolo Quartzarênico Órtico típico A fraco	0,1448	0,1081
21	Nitossolo Háptico Distrófico típico A moderado textura média/argilosa	0,0355	0,0187
22	Nitossolo Vermelho Distrófico latossólico A moderado textura argilosa/muito argilosa	0,013	0,0062
23	Nitossolo Háptico Eutroférrico chernossólico	0,0104	0,0065
24	Nitossolo Vermelho Eutroférrico típico A moderado textura muito argilosa	0,0081	0,0074
25	Planossolo Hidromórfico Eutrófico típico A proeminente textura média/argilosa	0,0317	0,0088

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 do solo (Quadro 3).

Quadro 3 - 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 do solo foi gerado com o auxílio do *software* ArcGIS 10.2, por meio da vetorização e reconhecimento visual das feições representativas das 7 classes. A classificação teve como base uma imagem orbital de 18/04/2016 do satélite Landsat-8 sensor OLI (USGS, 2016), com 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. Assim 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 protegido por nenhuma prática de proteção do solo, este é igual a 1,00.

3.3. Análise integrada dos resultados

Esta se dará 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

A litologia da região da APA-CTG é principalmente representada por rochas pré-cambrianas metassedimentares, metavulcânicas básicas e rochas graníticas (gnaisse), respectivamente representadas nas cores cinza, verde e rósea na 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 (cor rósea na Figura 2), predominam na porção sudeste da área de estudo, bem como, no extremo noroeste intercalados 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 eles: 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 RMSF 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 à 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).

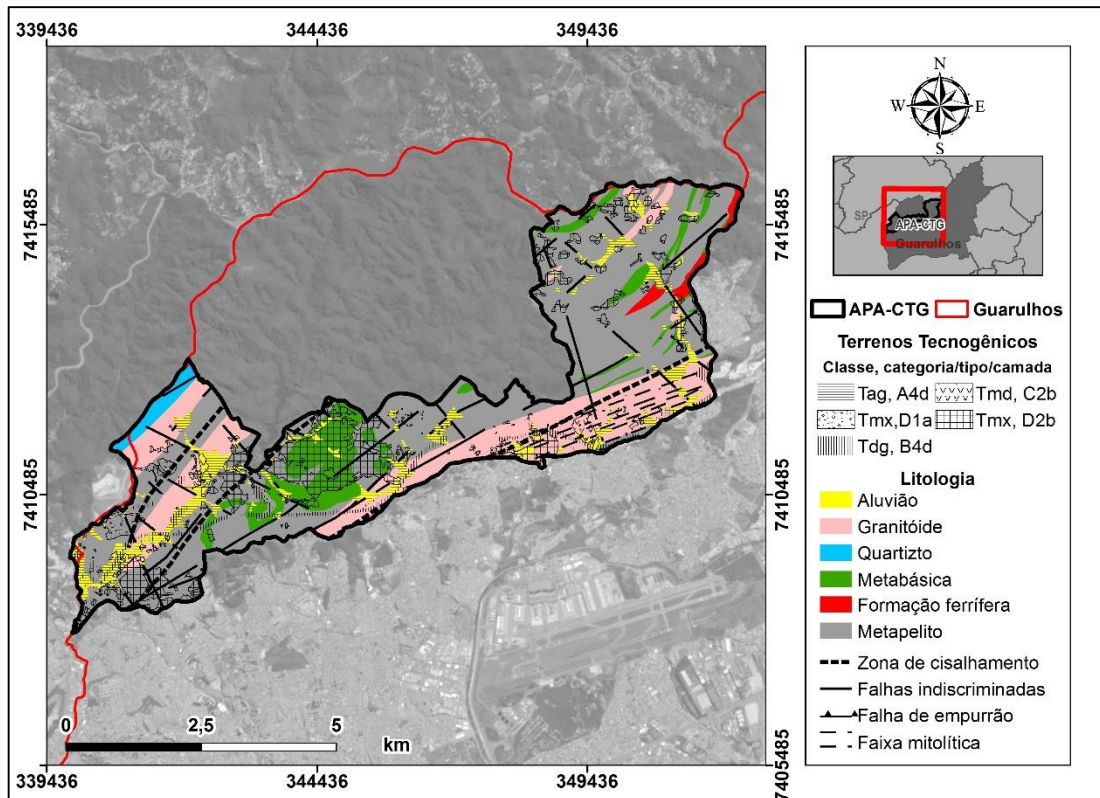


Figura 2 - Mapa dos terrenos tecnogênicos e da litologia da APA-CTG. Modificado de Oliveira et al. 2009.

4.2. Análise dos fatores de erosividade

De acordo com o mapa da Figura 3 (a), a **erosividade (R)** anual na APA-CTG do 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 $720 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ 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 $691\text{-}695 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Ficando as áreas restantes com média 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 esteve em torno de 3,6, associado a declividade que variaram entre 6% e 12%, com os maiores valores do (10-17) relacionados à 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**, que se deu em função das condições de uso e ocupação do solo, apontou para as áreas de Aterro/corte de estrada/mineração o maior valor desse parâmetro (1). Sendo que para as feições, como: áreas urbanas e vegetação herbácea, estas ficaram seus valores com respectivamente 0,45 e 0,013. Enquanto que para as feições relacionadas às construções rurais, culturas agrícolas e vegetação arbórea ficaram com o valor de 0,003 (HAAN et al., 1994).

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

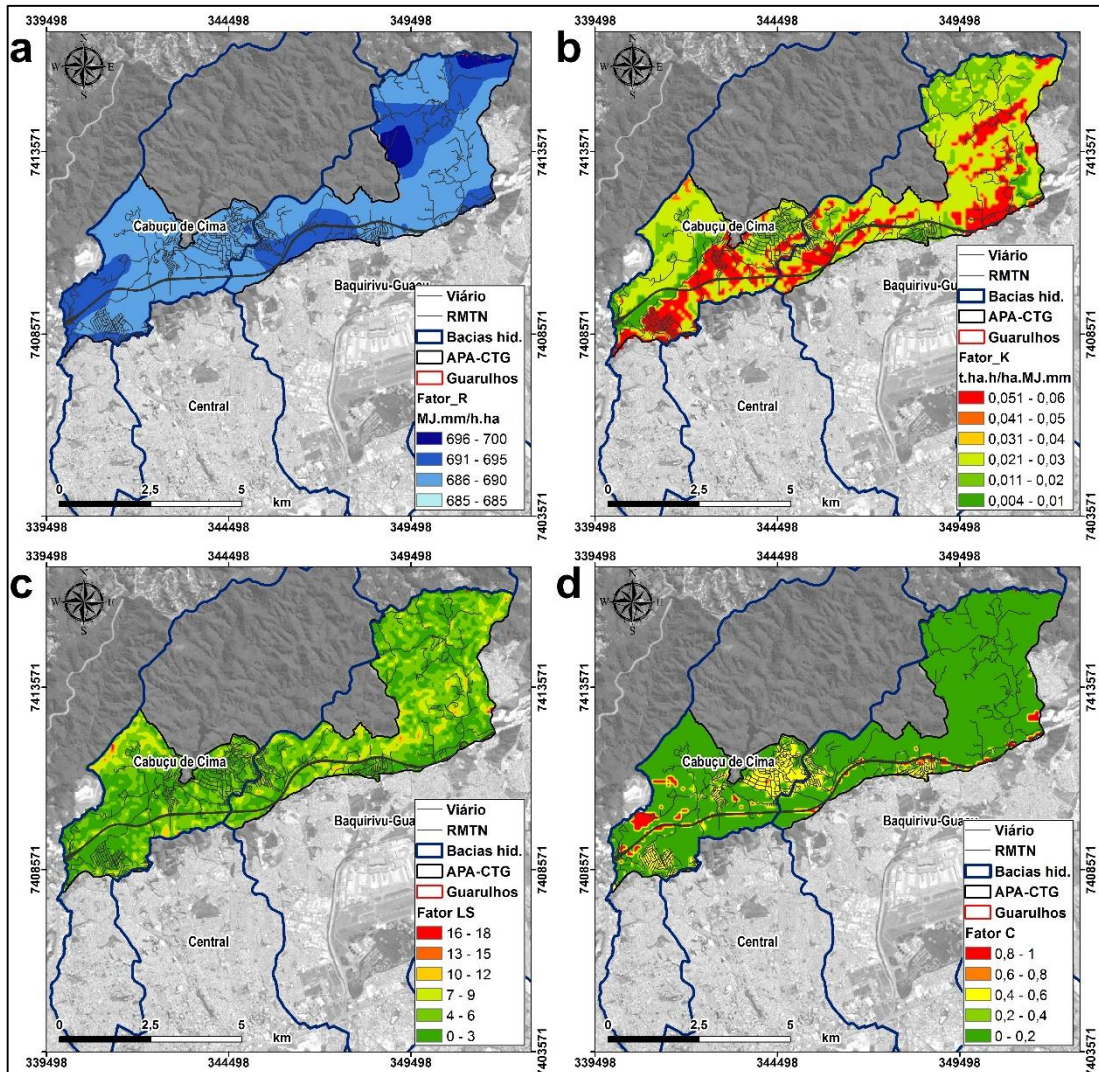


Figura 3 – Fatores envolvidos na aplicação da Equação Universal da Perda de Solos da APA-CTG: (a) Fator de erosividade da chuva (R); (b) Fator de erodibilidade do solo (k); (c) Fator topográfico LS; (d) Fator reerente ao Uso do solo (C).

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**) do tipo aterros sanitários encontrados na porção sudoeste da APA-CTG (Figura 4 – d) e observado 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. Sendo que, 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. Apresentando 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

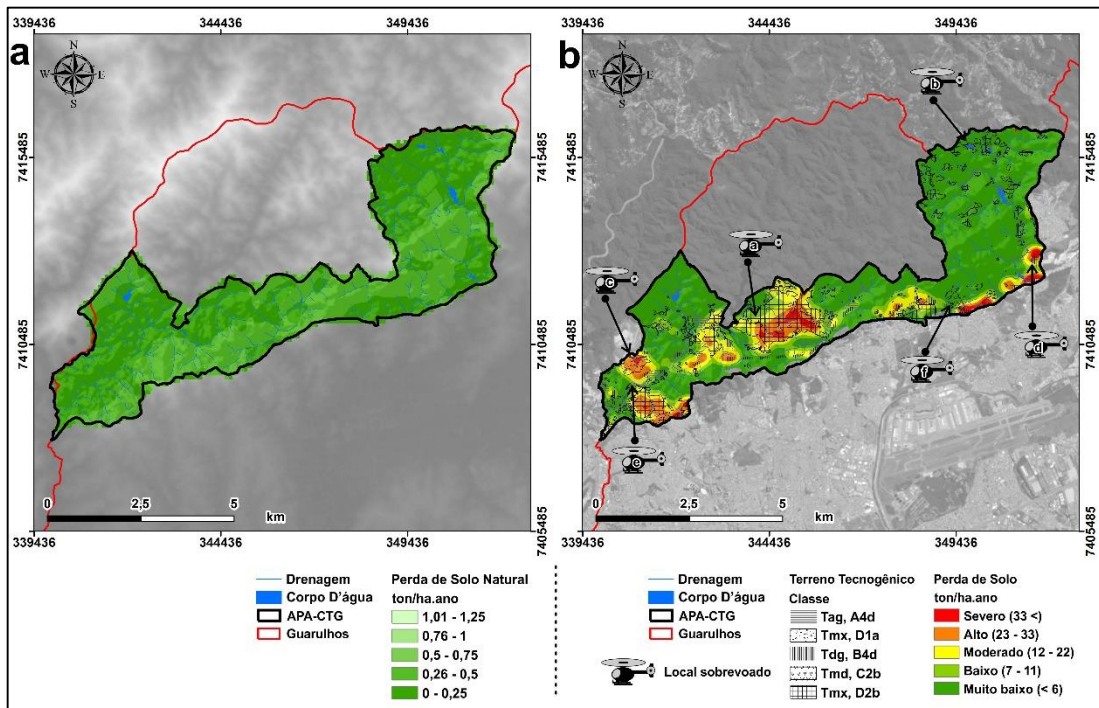


Figura 4 - (a) Mapa do potencial de perda do solo simulado para condições naturais (ton/ha.ano). (b) Mapa dos terrenos tecnogênicos (classe / categoria / tipo / camada) e dos limites potenciais de perda do solo em razão do nível da erosão (ton/ha.ano). As letras **a, b, c, d, e, f**, inseridas nos desenhos do mapa

à direita indicam os locais sobrevoados por helicóptero em 06/10/2015.

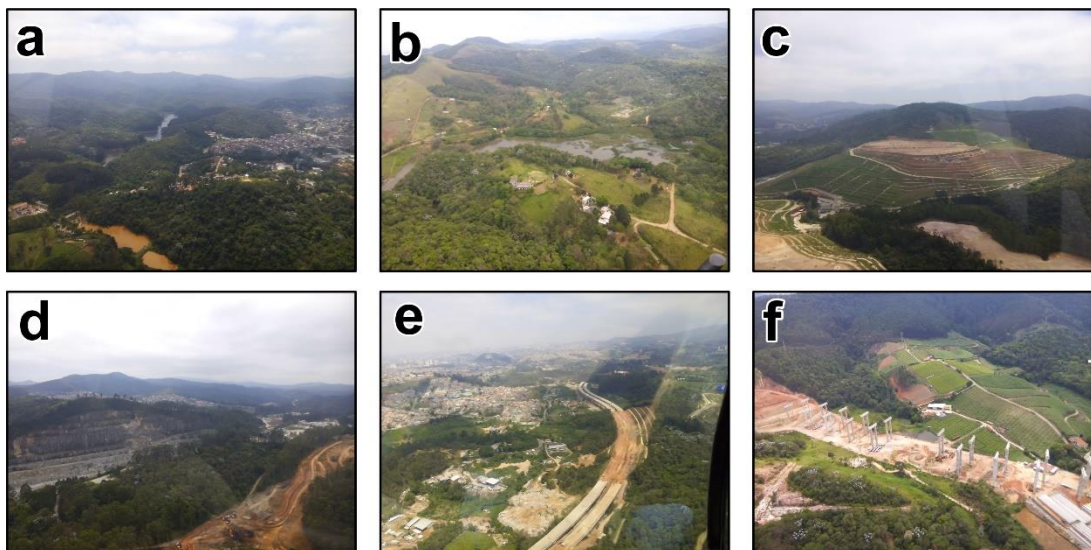


Figura 5 - Fotografias aéreas oblíquas obtidas a partir de um sobrevoo de helicóptero em 06/10/2015. Os locais de obtenção das imagens estão representados no mapa da Figura 4 (b) pelas letras **a**, **b**, **c**, **d**, **e**, **f**.

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 de 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; OLIVEIRA, 2000).

Desse modo, análogo ao observado por Oliveira (1990), Peloggia (1998), Oliveira et al. (2005) e Price et al. (2004; 2011), a Figura 5 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, spólicos, úrbicos em fundo 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 $9.909,3 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. 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 ($ton\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) 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) Deposito de material gárbico, spólico e úrbico induzido; (d e e) Relevos tecnogênicos de agradação: terraços (d) e assoreamento de planícies aluvionares (e); (f) Modificações químicas observada 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 $8.610,3\ ton\ ha^{-1}\ ano^{-1}$. Apresentando 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 visitas *in situ* constataram feições tecnogênicas de: escavação, terraplanagem, bem como, formação de relevos tecnogênicos (“terraços e planícies aluvionares tecnogênicos”) decorrentes da deposição indiscriminada de material gárbico, spólico e úrbico em fundo de vales. Provocando modificações químicas visíveis por meio da uma espuma branca emulsiva nas águas do rio Cabuçu.

Como consequência dos desmatamentos, edificações de loteamentos e obras de infraestrutura rodoviária na APA-CTG, estima-se uma perda de solo potencial de aproximadamente $16.493 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para toda a área de estudo. Sendo a bacia hidrográfica do rio Cabuçu de Cima a mais impactada, com potencial de perda de solo de $9.909,3 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Por fim, a trabalho aqui apresentada, possui grande potencial em subsidiar informações estratégicas para a implementação de medidas de recuperação e/ou conservação de áreas impactadas ou ainda naturais dentro da APA-CTG.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

BORJA BARRERA, F. (1993) Formaciones superficiales antrópicas: aportación al estudio del proceso holoceno de antropización de los sistemas naturales. **Arqueologia Espacial**, Teruel, 16-17: 29-39.

BRANNSTROM C.; OLIVEIRA A. M. S. 2000. Humam modification of streams valeys in the Westrn Plateau of São Paulo, Brazil: implications for environmental narratives and management. **Land Degradation & Development**, v. 11, p. 535-548.

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, p. 343-357, 2013.

FOSTER, G.R. & WISCHMEIER, W.H. (1974) Evaluating irregular slopes for soils loss prediction. **Transactions of the ASAE**, 17: 305 - 309.

GOOGLE EARTH PRO. **Informações obtidas da página do GOOGLE na internet**. Disponível em: <www.google.com>. Acesso: 01 de novembro de 2016.

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 n.º 098/2010-GP do Diário Oficial do Município de 29 de dezembro de 2010 - Página n.º 148 a 151 e republicado os Anexos I a IV no BO n.º 001/2011-GP de 04/01/2011 - página 01. PA n.º 26862/2007. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/nqlcm>>. Acesso em: 29 set. 2016.

HAAN, C.T.; BARFIELD, B.J.; HAYES J.C. (1994). **Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments.** Academic Press, Inc, California.

IACOVINI, R. F. G. **Rodoanel Mario Covas: Actors, Arenas and Processes.** 2013. 218 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, 2013.

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

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

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

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 geotecnogênica da região do Cabuçu, Guarulhos, São Paulo, Brasil. **Quaternary and Environmental Geosciences**. (2014) 05(2):82-92.

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.

OLIVEIRA, A.M.S. (1990). Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, Salvador, **Anais...** ABGE: ABMS, v.1, p.411-415.

OLIVEIRA, A.M.S. (1995). A abordagem geotecnogênica: a geologia de engenharia no Quinário. In: **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente.** São Paulo: IPT/ABGE, 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.** 1ed. Ribeirão Preto, SP: Holos, Editora, 2005. 382p.

OLIVEIRA, A.M.S. (2005). Estudos sobre o Tecnógeno no Brasil. In: In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10, Guarapari (ES), **Anais...** ABEQUA, CD-ROM, ...p. Disponível em: <<http://www.abequa.org.br/trabalhos>>

OLIVEIRA, A.M.S. (coord.) 2008. **Atlas geoambiental da região Cabuçu-Tanque Grande, Guarulhos, SP**. Universidade Guarulhos. 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, 178 pp. 2009.

OLIVEIRA, A.M.S. et al. 2010. 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. **Anais...** 7^o Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Maringá (PR). ABGE: São Paulo. CD Room. 10p.

OLIVEIRA, A.M.S.; PELOGGIA, A.U.G. (2014). The Anthropocene and the Technogene: stratigraphic temporal implications of the geological action of humankind. **Quaternary and Environmental Geosciences** 5(2): 103-111.

PELOGGIA, A.U.G. (1998). **O homem e o ambiente geológico**: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã.

PELOGGIA, A.U.G. (2005a). A ação geológica do Homem nos clássicos da geologia, com especial atenção aos Principles of Geology de Lyell. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10, Guarapari (ES), **Anais...** ABEQUA, CD-ROM, 7p. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/0305_alex_peloggia.pdf>. Acessado em 15.03.2015.

PELOGGIA, A.U.G. (2005b). 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) 16: 24-31.

PELOGGIA, A.U.G.; OLIVEIRA, A.M.S. (2005). Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências. In: Congresso ABEQUA, 10, 2005, Guarapari, **Anais...** CD-ROM, 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. (2014a). Technogenic geodiversity: a proposal on the classification os artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences** 5(1): 28-40.

PELOGGIA, A.U.G.; SILVA E.C.N.; NUNES J.O.R. (2014b). Technogenic landforms: conceptual framework and application to geomorphologic mapping of artificial ground and landscape as transformed by human geological action. **Quaternary and Environmental Geosciences** 5(2): 67-81.

PRICE S.J.; FORD J.R.; KESSLER H.; COOPER A.; HUMPAGE A. (2004). Artificial ground: mapping our impact on the surface of the Earth. **Earthwise** 20: 30-32.

PRICE S.J.; FORD J.R.; COOPER A.H.; NEAL C. (2011). Human as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain. **Phil. Trans. R. Soc. A.** 369: 1056-1086.

PRUSKI, F. F. Prejuízos decorrentes da erosão hídrica e tolerância de perdas se solo. In: PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e da água**. Viçosa: Ed. UFV, 2009.

TER STEPANIAN, G. (1998) Beginning of the Technogene. **Bulletin of the IAEG** 38: 133-142.

VILLAGRAN, X.S. (2010) **Geoarqueologia de um sambaqui monumental**: estratigrafias que falam. São Paulo: Annablume.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Imagem Landsat-8 de 18/04/2016**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso: 01 de junho de 2016.

WALL, G. J. Seazonal soil erodibility variation in southwestern Ontário. Can. **J. Soil Sci**, v. 68, p. 417-424, 1997.

WISCHMEIER, WALTER. H. E SMITH, DAWNING. D. **Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning**. Washington, D.C.: Supersedes Agriculture Handbook, n. 282, U.S. Department of Agriculture. 1978. 67p.

WORLD CLIM – GLOBAL CLIMATE DATA. **WorldClim 2: Currentconditions (~1970-2000)**. Disponível em: <<http://www.worldclim.org>>. Acesso em: 13 out. 2016.

CAPÍTULO 3
CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização do meio físico (geologia, geomorfologia, cobertura vegetal, hidrografia) da Área de Proteção Cabuçu – Tanque Grande (APA-CTG) foi muito importante para identificar e reconhecer os tipos de usos do solo, a fim de detectar os processos envolvidos nas transformações tecnogênicas da região.

Através deste reconhecimento, foi possível realizar mapeamentos para identificação dos terrenos tecnogênicos e, ainda, aplicar a metodologia da Equação Universal da Perda de Solos (EUPS) para quantificar e mensurar as perdas de solos na APA-CTG.

A metodologia aplicada EUPS foi eficaz para a identificação e quantificação dos aspectos ambientais da APA-CTG. Os resultados indicaram uma significativa perda de solos, estimada em $16.493 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para toda a área de estudo, o que se deve à falta de manejo adequado no trato do meio físico. Trata-se de um dado preocupante, tendo em vista que refere-se à 16 vezes mais que as perdas de solos em terrenos naturais.

As ferramentas de geoprocessamento na modelagem de processos tecnogênicos e dos fatores da erosão permitiram uma visão geral da região, podendo definir as possíveis áreas de atuação dos diferentes órgãos de proteção e conservação ambiental, gerando um banco de dados e informações de fácil interpretação.

Diante do contexto, esta pesquisa tem grande importância para a implementação de políticas públicas que determinem um índice de perdas ambientais, além de auxiliar no monitoramento e fiscalização dos tipos de usos da terra e suas consequências, estipulando ainda, medidas protetivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCAMO, J. et al. *Ecosystemsandhumanwell-being. A frame work for assessment: Millennium Ecosystem Assessment. EUA: Word ResourcesInstitute, 2003.*

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

ANDRADE, M. R. M. et al. **Aspectos fisiográficos da paisagem guarulhense.** In OMAR, Elmi El Hage (org.). *Guarulhos tem história - questões sobre história natural, social e cultural.* São Paulo: Ananda – Gráfica e Editora, 2008.

ANDRADE, M. R. M.; OLIVEIRA, A. M. S. **Expansão Urbana e Problemas Geoambientais do Uso do Solo em Guarulhos.** In OMAR, Elmi El Hage (org.). *Guarulhos tem história - questões sobre história natural, social e cultural.* São Paulo: Ananda – Gráfica e Editora, 2008.

ANDRADE. M. R. M. **Planejamento Ambiental da APA Cabuçu – Tanque Grande, Guarulhos-SP.** Tese (doutoramento). Departamento de Geografia. Programa de Geografia Física – USP, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR – ISSO 14001. Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso.** ABNT: 2004, 27p.

BERTÊ, A.M.A. **Depósitos tecnogênicos e planejamento urbano: o aterro sanitário da zona norte de Porto Alegre – RS/Brasil, 2001.** Dissertação de mestrado – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BITAR, O. Y. (coord.). **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000 (livro eletrônico).** São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas

Tecnológicas do Estado de São Paulo (Publicação 3016); Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.

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

BORJA BARRERA, F. (1993) Formaciones superficiales antrópicas: aportación al estudio del proceso holoceno de antropización de los sistemas naturales. **Arqueologia Espacial**, Teruel, 16-17: 29-39.

BRANNSTROM C.; OLIVEIRA A. M. S. 2000. Humam modification of streams valeys in the Westrn Plateau of São Paulo, Brazil: implications for environmental narratives and management. **Land Degradation & Development**, v. 11, p. 535-548.

BRASIL. **Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981**. *Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências*. Publicado no Diário Oficial da União em 02.09.1981.

BRASIL. **Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. *Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências*. Publicado no Diário Oficial da União em 28.05.2012.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n.º 001 de 23 de Janeiro de 1986**. *Dispõe sobre a elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental – RIMA, a ser submetido à aprovação do órgão estadual competente e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente*. Diário Oficial da União de 17 de fevereiro de 1986.

DERSA (Desenvolvimento Rodoviário S. A.). Programa Rodoanel Mário Covas – Trecho Norte – **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)**. Consórcio JGP – PRIME, 2010.

DERSA (Desenvolvimento Rodoviário S. A.). **Rodoanel Norte**. Portal Web - <http://www.dersa.sp.gov.br/Empreendimentos/GrupoEmpreendimento.aspx?idGrupo=2>.

Acesso em 11 mar. 2016.

DNIT (Departamento de Infraestrutura de Transporte). **Terminologias rodoviárias usualmente utilizadas**. Brasília: Ministério dos Transportes, 2007.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS Desktop: Release 10.3** Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. 2011.

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, p. 343-357, 2013.

FORNASARI (F^o), Nilton; BITAR O. Y.; BRAGA T. O.; GALVES, M. L. **Processos do meio físico como objeto de geologia de engenharia nos estudos de impacto ambiental**. In: BITAR, Omar Y. (coord.). *O meio físico em estudos de impacto ambiental*. São Paulo: IPT, 1990 (Boletim 56, Publicação IPT n^o 1823), p. 18-23.

FORNASARI (F^o), N.; BRAGA T. O.; GALVES, M. L.; BITAR O. Y.; AMARANTE, A. **Alterações do meio físico decorrentes de obras de engenharia**. São Paulo: IPT, 1992 (Boletim 61, Publicação IPT n^o 12), 165p.

FOSTER, G.R. & WISCHMEIER, W.H. (1974) Evaluating irregular slopes for soils loss prediction. **Transactions of the ASAE**, 17: 305 - 309.

GOOGLE EARTH PRO. **Informações obtidas da página do GOOGLE na internet**. Disponível em: <www.google.com>. Acesso: 01 de novembro de 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 n^o 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.

GUARULHOS. **Prefeitura de Guarulhos.** Disponível em: <<http://www.guarulhos.sp.gov.br/>> Acesso em: 10 abr. 2016.

HAAN, C.T.; BARFIELD, B.J.; HAYES J.C. (1994). **Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments.** Academic Press, Inc, California.

IACOVINI, R. F. G. **Rodoanel Mario Covas: Actors, Arenas and Processes.** 2013. 218 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 2010.

_____. (Portal). **Cidade Guarulhos.** Disponível em www.ibge.com.br. Acesso em 15 set. 2016.

JORGE, Maria do Carmo O. **Geomorfologia Urbana: conceitos, metodologia e teorias.***In:* GUERRA, Antônio José Teixeira. Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

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

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

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

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 geotecnogênica da região do Cabuçu, Guarulhos, São Paulo, Brasil. **Quaternary and Environmental Geosciences**. (2014) 05(2):82-92.

MICHAELIS: moderno dicionário da língua portuguesa. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998-(*Dicionários Michaelis*). 2259p.

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.

OLIVEIRA, A.M.S. (1990). Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, Salvador, **Anais...** ABGE: ABMS, v.1, p.411-415.

OLIVEIRA, A.M.S. (1995). A abordagem geotecnogênica: a geologia de engenharia no Quaternário. In: **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: IPT/ABGE, 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**. 1ed. Ribeirão Preto, SP: Holos, Editora, 2005. 382p.

OLIVEIRA, A.M.S. (2005). Estudos sobre o Tecnógeno no Brasil. In: In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10, Guarapari (ES), **Anais...** ABEQUA, CD-ROM, ...p. Disponível em: <<http://www.abequa.org.br/trabalhos>>

OLIVEIRA, A.M.S. (coord.) 2008. **Atlas geoambiental da região Cabuçu-Tanque Grande, Guarulhos, SP**. Universidade Guarulhos. 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, 178 pp. 2009.

OLIVEIRA, A.M.S. et al. 2010. 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. **Anais...** 7^o Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Maringá (PR). ABGE: São Paulo. CD Room. 10p.

OLIVEIRA, A.M.S.; PELOGGIA, A.U.G. (2014). The Anthropocene and the Technogene: stratigraphic temporal implications of the geological action of humankind. **Quaternary and Environmental Geosciences** 5(2): 103-111.

OMAR, E. E.H. (org.). **Guarulhos tem história - questões sobre história natural, social e cultural**. São Paulo: Ananda – Gráfica e Editora, 2008.

PELOGGIA, A.U.G. (1998). **O homem e o ambiente geológico**: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã.

PELOGGIA, A.U.G. (2005a). A ação geológica do Homem nos clássicos da geologia, com especial atenção aos Principles of Geology de Lyell. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10, Guarapari (ES), **Anais...** ABEQUA, CD-ROM, 7p. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/0305_alex_peloggia.pdf>. Acessado em 15.03.2015.

PELOGGIA, A.U.G. (2005b). 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) 16: 24-31.

PELOGGIA, A.U.G.; OLIVEIRA, A.M.S. (2005). Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências. In: Congresso ABEQUA, 10, 2005, Guarapari, **Anais...** CD-ROM, 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. (2014a). Tecnogenic geodiversity: a proposal on the classification os artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences** 5(1): 28-40.

PELOGGIA, A.U.G.; SILVA E.C.N.; NUNES J.O.R. (2014b). Tecnogenic landforms: conceptual framework and application to geomorphologic mapping of artificial ground and landscape as transformed by human geological action. **Quaternary and Environmental Geosciences** 5(2): 67-81.

PRICE S.J.; FORD J.R.; KESSLER H.; COOPER A.; HUMPAGE A. (2004). Artificial ground: mapping our impact on the surface of the Earth. **Earthwise** 20: 30-32.

PRICE S.J.; FORD J.R.; COOPER A.H.; NEAL C. (2011). Human as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain. **Phil. Trans. R. Soc. A.** 369: 1056-1086.

PRUSKI, F. F. Prejuízos decorrentes da erosão hídrica e tolerância de perdas se solo. In: PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e da água**. Viçosa: Ed. UFV, 2009.

SANTOS, A. R. **Geologia de engenharia: conceitos, método e prática**. 2. ed. São Paulo: O Nome da Rosa: ABGE, 2009, 208f.

SANTOS, J. O.; ROSS, J. L. S. **Fragilidade Ambiental Urbana**. In: Revista da ANPEGE, v.8, n. 10, p 127-144, ago./dez. 2012.

SÃO PAULO (UF). **Características do Rodoanel**. Portal do Governo do Estado de São Paulo - <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia.php?id=231641>. Acesso em 22 mai. 2016.

SPÖRL, Christiane; ROSS, Jurandyr L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos**. São Paulo: GEOUSP - Espaço e Tempo, Nº 15, pp.39-49, 2004.

TER STEPANIAN, G. Beginning of the Technogene. **Bulletin of the IAEG** 38: 133-142, 1988.

VILLAGRAN, X.S. (2010) **Geoarqueologia de um sambaqui monumental**: estratigrafias que falam. São Paulo: Annablume.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Imagem Landsat-8 de 18/04/2016**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso: 01 de junho de 2016.

WALL, G. J. Seazonal soil erodibility variation in southwestern Ontário. Can. **J. Soil Sci**, v. 68, p. 417-424, 1997.

WISCHMEIER, WALTER. H. E SMITH, DAWNING. D. **Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning**. Washington, D.C.: Supersedes Agriculture Handbook, n. 282, U.S. Departament of Agriculture. 1978. 67p.

WORLD CLIM – GLOBAL CLIMATE DATA. **WorldClim 2: Currentconditions (~1970-2000)**. Disponível em: <<http://www.worldclim.org>>. Acesso em: 13 out. 2016.