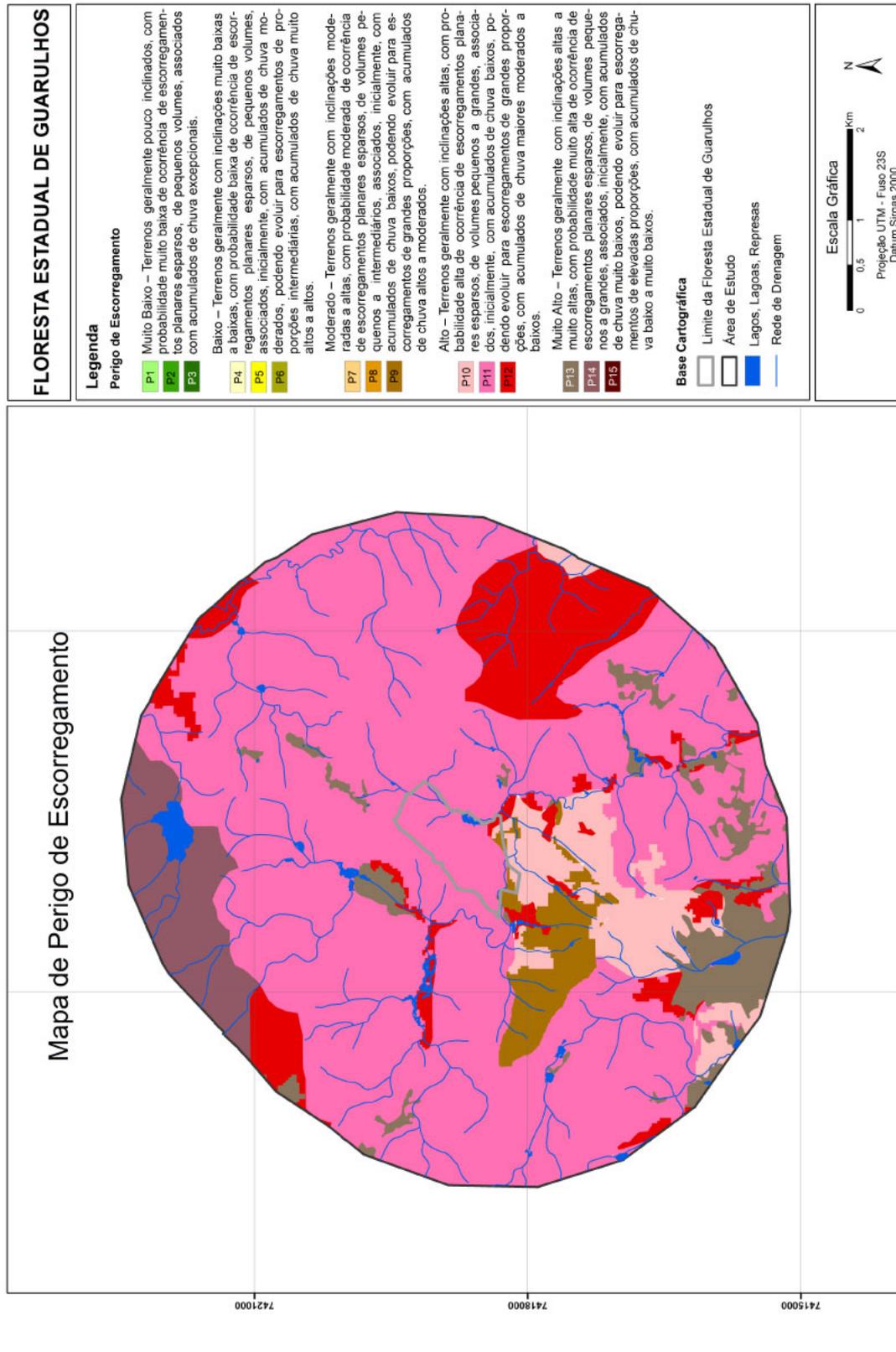
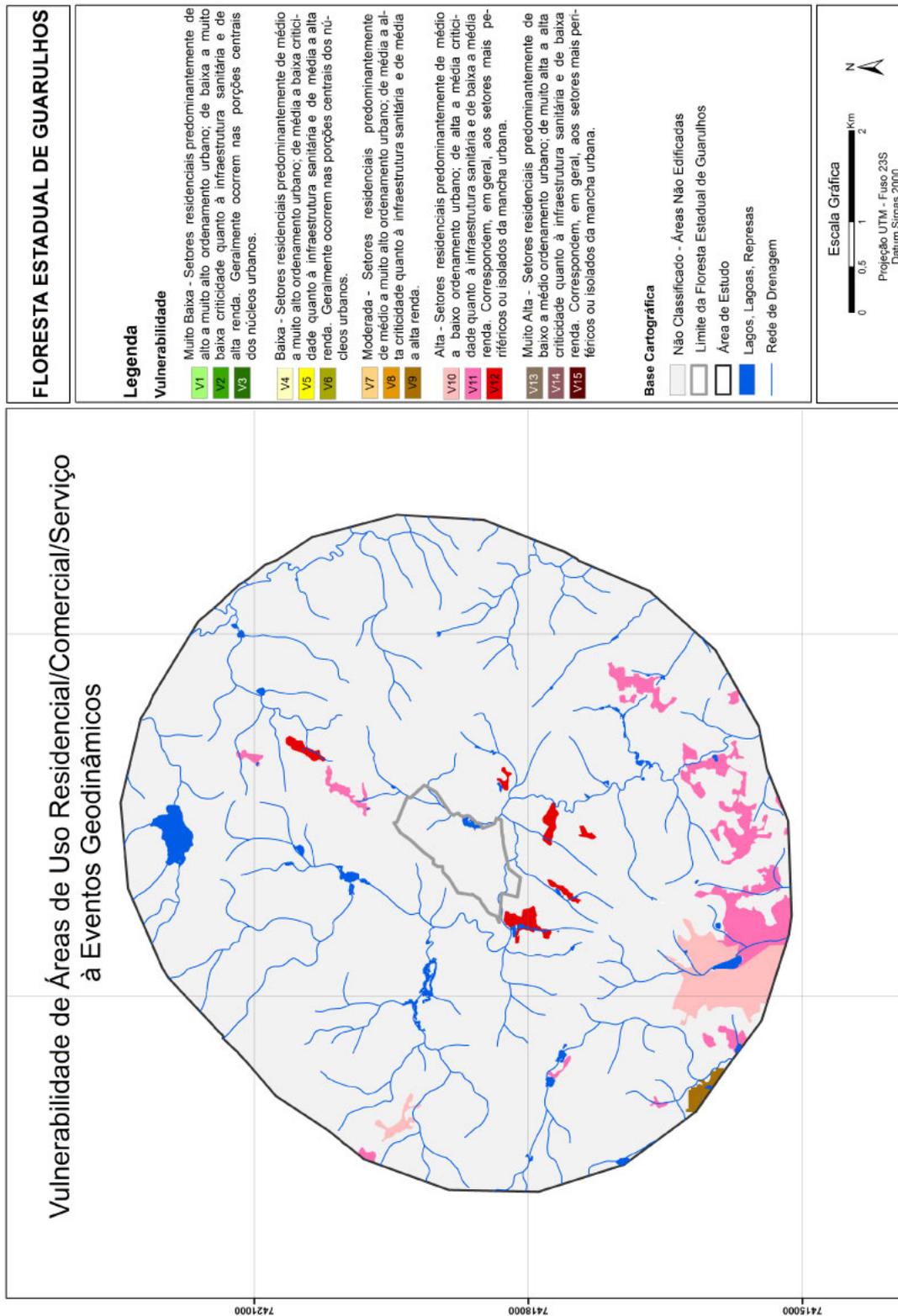


4.5. PERIGO, VULNERABILIDADE E RISCO

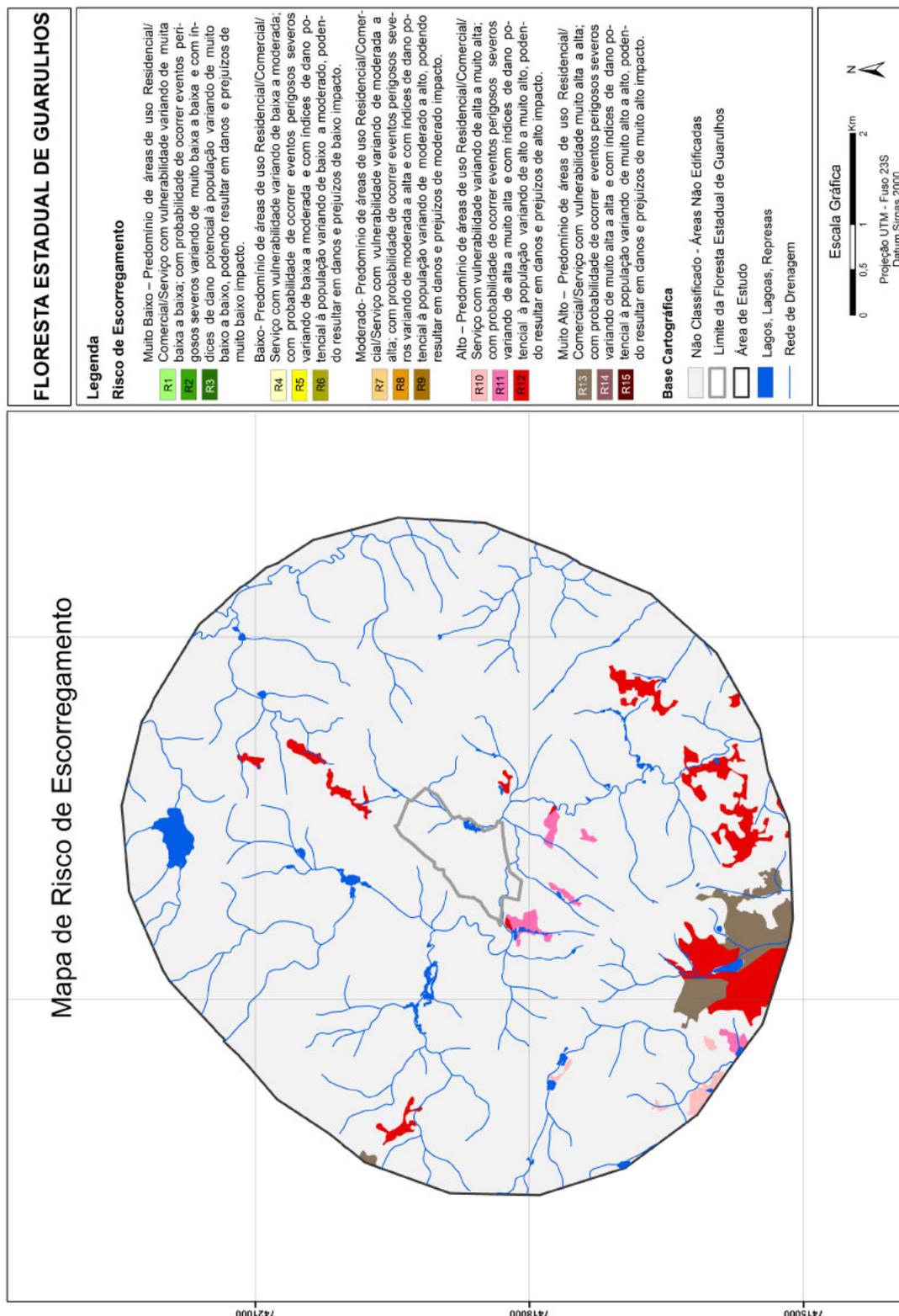
APÊNDICE 4.5.A. Mapa de perigo de escorregamento na Floresta Estadual de Guarulhos e entorno (FERREIRA & ROSSINI-PENTEADO, 2017)



APÊNDICE 4.5.B. Mapa de vulnerabilidade de áreas de uso residencial, comercial e serviço à eventos geodinâmicos na Floresta Estadual de Guarulhos e entorno (FERREIRA & ROSSINI-PENTEADO, 2017)

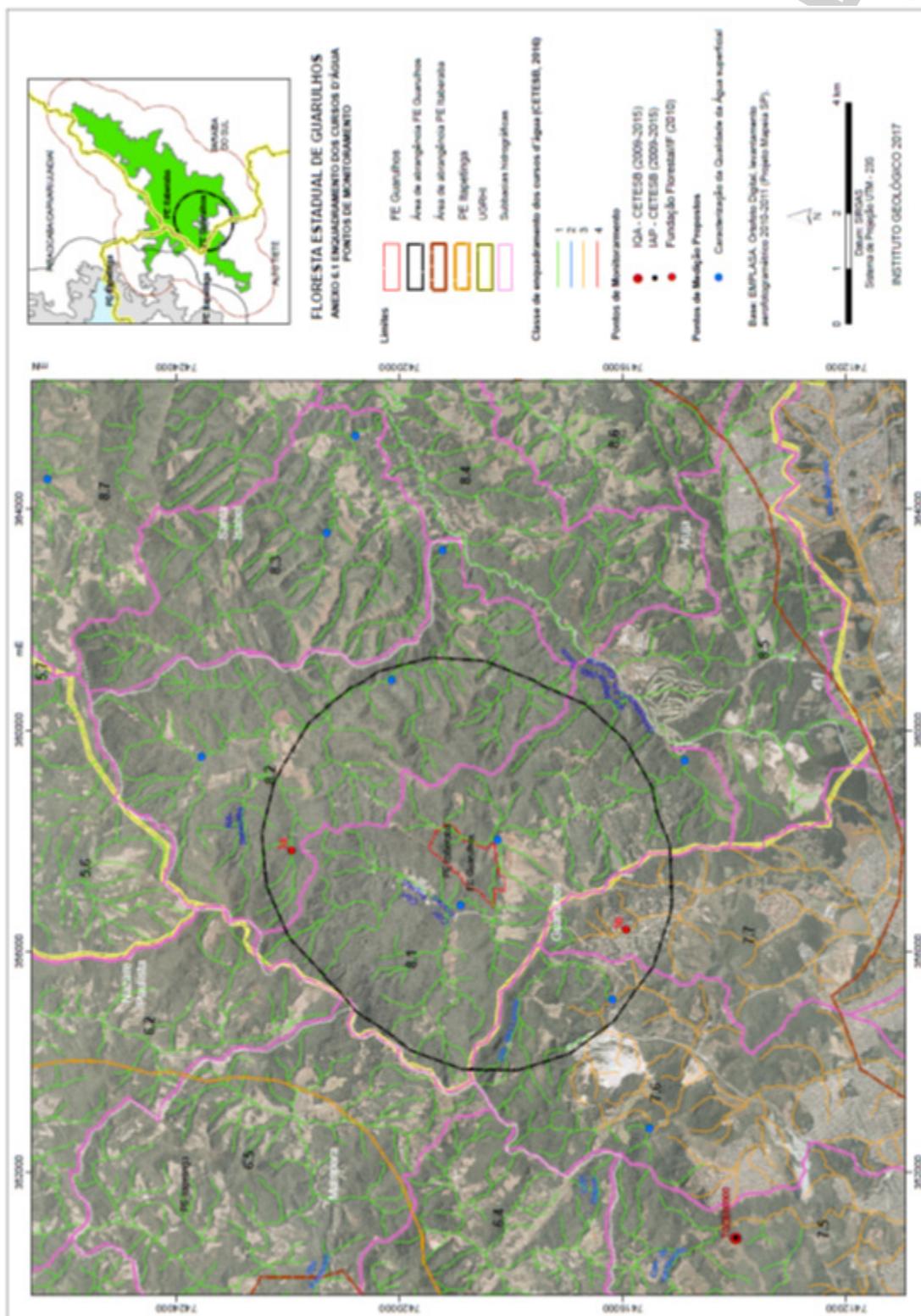


APÊNDICE 4.5.C. Mapa de risco de escorregamento na Floresta Estadual de Guarulhos e entorno (FERREIRA & ROSSINI-PENTEADO, 2017)



4.6. RECURSOS HÍDRICOS

APÊNDICE 4.6.A. Mapa do enquadramento dos cursos d'água e pontos de monitoramento na Floresta Estadual de Guarulhos e entorno (IG, 2017)



APÊNDICE 4.8.A. Métodos do Meio Físico

Geologia

A metodologia do diagnóstico do subtema Geologia para as Unidades de Conservação do Contínuo Cantareira – Floresta Estadual de Guarulhos, MoNa da Pedra Grande, Parque Estadual Itaberaba e Parque Estadual do Itapetinga – consistiu na utilização de dados cartográficos compilados e modificados das cartas geológicas de Juliani et al (2012), e dos trabalhos de Fernandes et al (2016) e Perrota et al. (2005). Assim, foi adaptado e gerado o mapa geológico com as unidades litoestratigráficas das UCs do Contínuo Cantareira na escala 1:50.000, conforme o Anexo 1.1. Informações adicionais incluem também a consulta a banco de dados de livre acesso, disponíveis nos sites de órgãos de governo ou instituições de pesquisa.

Geomorfologia

A compartimentação geomorfológica regional baseou-se na classificação de Ross & Moroz (1996; 1997), utilizada para a elaboração do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, que aplica os conceitos de morfoestrutura, morfoescultura e a taxonomia das formas de relevo. As morfoestruturas dizem respeito às características estruturais, litológicas e geotectônicas, enquanto as morfoesculturas referem-se aos produtos morfológicos de influência climática atual e pretérita. Segundo Ross & Moroz (1996), *as morfoesculturas são representadas pelo modelado ou morfologias ou tipologias de formas geradas sobre diferentes morfoestruturas através do desgaste erosivo promovido por ambientes climáticos diferenciados tanto no tempo quanto no espaço.*

A classificação taxonômica de Ross & Moroz (1996), considera seis táxons:

1º Taxon – Unidades Morfoestruturais;

2º Taxon – Unidades Morfoesculturais – representadas por planaltos, serras e depressões contidas em cada uma das morfoestruturas;

3º Taxon – Unidades Morfológicas ou dos Padrões de Formas Semelhantes/Tipos de Relevo (altimetria, declividades das vertentes, morfologias dos topos e vertentes, dimensões interfluviais e entalhamento dos canais de drenagem). Cada unidade foi codificada pelo conjunto de letras (formas denudacionais e de acumulação) e números arábicos (grau de entalhamento dos vales e dimensão interfluvial média). Formas denudacionais (D) são acompanhadas da informação do tipo de modelado dominante: convexo (c), tabular (t), aguçado (a), plano (p). As formas de acumulação (A) são seguidas do tipo de gênese: fluvial (pf), marinha (pm), lacustre (pl). O “grau de entalhamento dos vales” refere-se à profundidade que o canal tem escavado do seu leito, enquanto a “dimensão interfluvial média”, à distância média entre os cursos d’água (vide matriz a seguir).

Matriz dos índices de dissecação do relevo

		Densidade de drenagem / Dimensão Interfluvial Média (Classes)				
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)
		>3.750 m	1.750 a 3.750 m	750 a 1.750 m	250 a 750 m	< 250 m
Grau de entalhamento dos vales (Classes)	Muito Fraco (1) (< 20 m)	11	12	13	14	15
	Fraco (2) (20 a 40 m)	21	22	23	24	25
	Médio (3) (40 a 80 m)	31	32	33	34	35
	Forte (4) (80 a 160 m)	41	42	43	44	45
	Muito Forte (5) (> 160m)	51	52	53	54	55

4º Taxon – formas de relevo encontradas nas Unidades dos Padrões de Formas Semelhantes

5º Taxon – tipos de vertentes (convexas/côncavas/retilíneas/planas, extensão e declividade)

6º Taxon – formas menores produzidas pelos processos atuais, ou ainda, pela ação antrópica (sulcos/ravinas/boçorocas/cicatrizes de escorregamentos/depósitos coluviais ou de movimentos de massa/depósitos fluviais/assoreamentos/ aterros entre outros).

O Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo foi elaborado a partir da interpretação de imagens de radar na escala 1:250.000 e contempla os três primeiros táxons.

Com o intuito de refinar a análise geomorfológica (4º e 5º táxons), utilizou-se cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000 e os modelos digitais de terreno do sensor SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução de 30 m, disponibilizados pelo USGS (United States Geological Survey) / NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) / NASA (National Aeronautics and Space Administration) no site <http://earthexplorer.usgs.gov> (USGS Earth Resources Observations and Science Center, Sioux Falls, South Dakota). Os seguintes produtos foram gerados a partir do SRTM:

- Modelos digitais de terreno: representação matemática da distribuição espacial das variações de altitude numa área. Nesta representação a superfície é representada por tons de cinza, onde os tons mais escuros correspondem as áreas mais altas e os tons mais claros às áreas mais baixas;
- Mapas de sombreamento de relevo: representação tridimensional em tons de cinza da superfície, considerando a posição relativa do sol para sombrear a imagem. O sombreamento utiliza as propriedades de altitude e azimute para especificar a posição do sol;
- Hipsometria: classificação topográfica do relevo, no qual a compartimentação é realizada por meio de faixas altitudinais, onde as cores seguem uma gradação onde os tons de verde indicam as áreas mais baixas e os tons de vermelho e violeta indicam as áreas mais altas;
- Declividade: classificação do relevo em função da inclinação da superfície. As classes podem ser divididas em graus (°) ou porcentagem (%), onde 100% tem como referência a inclinação de 45°;
- Orientação de vertentes: classificação do relevo em função do grau de insolação que a superfície recebe devido o movimento aparente do Sol durante o dia e ano;
- Curvatura em perfil e em planta: A curvatura em perfil (ou vertical) apresenta as informações no tocante a velocidade da água durante o escoamento na superfície, ou seja, proporciona informações que auxiliam na investigação sobre o transporte e a deposição de materiais nas vertentes. Por outro lado, a curvatura em planta (ou horizontal) está associada às características de convergência e divergência da água em superfície. Desta forma a leitura de um mapa que agrega as duas informações possibilita uma maior precisão na identificação dos fluxos em superfícies;

Os mapas temáticos foram gerados considerando os limites das unidades de conservação e suas respectivas áreas de abrangência (envoltória de 3 km). A caracterização geomorfológica foi descrita com maior detalhe na área da UC.

Os parâmetros morfológicos foram correlacionados com os litotipos da área da UC, extraídos das cartas geológicas das folhas Leste de Atibaia (SF-23-Y-D-I) e Atibaia (SF-23-Y-C-III), escala 1:100.000 (JULIANI et al. 2012a, b), e dados sobre solos extraídos do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000 (OLIVEIRA et al. 1999).

A compartimentação geomorfológica em escala de detalhe foi extraída do trabalho de ROSSI et al. (2009), que utiliza a abordagem morfopedológica, definindo compartimentos homogêneos a partir da integração das informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas. Para a obtenção do mapa de unidades morfopedológicas, foram aplicados os seguintes procedimentos:

- adequação dos mapas geológicos existentes agrupando litologias por natureza, onde se estabelecem solos relativamente uniformes quanto sua ordem e distribuição;
- adequação dos mapas de relevo existentes;
- elaboração de mapa clinográfico (ArcGis), com adoção das seguintes classes: 0 a 2%; 2 a 15%; 15 a 30%; 30 a 45%; e, >45%;

- elaboração de mapa de solos por fotointerpretação, trabalhos de campo e análise do meio físico (padrões geológico-geomorfológicos). Os trabalhos de campo, análise e classificação de solos seguem as normas da EMBRAPA;
- análise e junção do material produzido para a confecção de mapa e tabela explicativa.

As ocorrências de processos erosivos lineares (ravinas e boçorocas) em áreas rurais foram extraídas da base de dados do projeto Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo (IPT 2012). O mapeamento dessas feições foi realizado a partir da interpretação do foto-mosaico do Projeto de Atualização Cartográfica do Estado de São Paulo – Mapeia SP (<http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/cartografia/mapeiaSP.asp>), desenvolvido pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano – EMPLASA, elaborado a partir do levantamento aerofotogramétrico realizado entre 2010 e 2011 – na época as ortofotos não estavam ainda disponíveis. Cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000 foram utilizadas para solucionar dúvidas quanto à dinâmica do escoamento superficial. Em relação à tipologia do processo erosivo, foi feita a distinção entre ravina e boçoroca. Não foram realizadas vistorias de campos durante o projeto para confirmar a tipologia dos processos (ravinas ou boçorocas); desse modo, essas informações precisam ser utilizadas com cautela.

O Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), elaborado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV (ICMBio/MMA) foi consultado em 26/03/2017 no site <http://www.icmbio.gov.br/cecav>, para se verificar a existência de cavidades subterrâneas na UC e em sua área de estudo.

Pedologia

Ver ANEXO VI – APÊNDICE 6.1.A

Climatologia

Para a elaboração do diagnóstico climatológico das Unidades de Conservação, a equipe de climatologia procurou estabelecer uma metodologia que contemplasse a execução do melhor estudo possível no curto prazo determinado. Os 30 dias para elaboração do diagnóstico de 11 unidades de conservação inviabilizou a execução de trabalhos de campo para levantamento de dados primários e reconhecimento das áreas estudadas. Desta forma, todo o trabalho foi desenvolvido com base apenas em dados climáticos secundários existentes nas proximidades das unidades de conservação. Assim, as características climáticas específicas das unidades não alcançarão níveis explicativos satisfatórios à compreensão da realidade das unidades, ou seja, as características meso, topo e microclimáticas não serão apresentadas e exploradas neste trabalho. Outrossim, os dados secundários nos permitiram a compreensão dos climas regionais e locais onde as unidades estão inseridas.

Foram coletados os dados das estações e postos pluviométricos mais próximos das unidades de conservação e com a melhor série de dados, sendo considerados o período e a consistência deles. As fontes dos dados e o período deles são citadas nos quadros-síntese apresentados, que descrevem sucintamente os principais aspectos climáticos daquela unidade.

A fim de se ter uma rápida e resumida leitura do clima para cada unidade de conservação a equipe desenvolveu uma tabela (quadro-síntese) que apresenta as principais características climáticas no local da Unidade de Conservação, de forma que pudesse trazer elementos essenciais à discussão de um plano de manejo dentro do cronograma estipulado pela Secretaria do Meio Ambiente.

O clima regional e local são aqueles definidos e descritos por MONTEIRO (1973), quando classificou os climas a partir da frequência dos sistemas atmosféricos no estado de São Paulo. Essa classificação para o Estado de São Paulo, apesar de antiga, se mantém atual, pois sua concepção foi realizada a partir da dinâmica dos sistemas atmosféricos e do ritmo climático, que a aproxima da gênese dos processos climáticos no território. Nestes espaços destinados à essa caracterização utiliza-se a descrição do clima apresentada pelo autor para a localização da unidade de conservação.

Os controles climáticos dizem respeito àquilo que traz identidade climática àquele clima definido por MONTEIRO (1973). Normalmente nas escalas regionais e locais o compartimento do relevo, a altitude e a distância do oceano são os principais. Em função de outras características que possam existir nas UCs há um espaço para a sua inclusão.

Para a descrição expedita dos principais atributos do clima, destinou-se alguns espaços para a pluviosidade, temperatura do ar, evapotranspiração e balanço hídrico climatológico normal.

Para a precipitação deve-se incluir as informações dos trimestres mais e menos chuvosos, para a média, mínimo e máximo totais anuais, o máximo mensal observado na série e o máximo em 24 horas. Deverá ser sempre mencionada a fonte dos dados e o período de dados disponível para esta série. Para a temperatura foi informada a média anual, média do mês mais quente e do mês mais frio e indicado qual é o mês mais frio e quente. A mínima e a máxima absoluta também foram acrescentadas quando houve dados disponíveis.

Os dados de evapotranspiração (potencial e real), deficiência e excedente hídrico foram obtidos a partir do método proposto por Thornthwaite & Matter (1955) considerando-se um solo teórico com capacidade de armazenamento de 100 mm. Cabe salientar que a evapotranspiração potencial é aquela que aconteceria caso houvesse disponibilidade de água suficiente no solo ou superfície vegetada para ser evaporada, dada pela energia disponível para evaporar. A evapotranspiração real é aquela que efetivamente ocorre em função da água disponível para ser evaporada, ou seja, a evapotranspiração real será igual à potencial nos meses mais úmidos ou com excedente hídrico, e menor que a potencial naqueles meses mais secos ou com deficiência hídrica.

Os anexos do diagnóstico expedito do meio físico do subtema Climatologia são compostos por quatro mapas da unidade de conservação, zona de amortecimento e entorno em que representam a variação espacial dos atributos climáticos:

- a) Temperatura do ar média anual;
- b) Média Total pluvial anual;
- c) Média Total anual da deficiência hídrica;
- d) Média Total anual do excedente hídrico.

Os mapas utilizados foram elaborados por ARMANI (inédito) a partir de melhoramentos da metodologia desenvolvida por ARMANI et al. (2007). Essa metodologia constitui-se na determinação do balanço hídrico climatológico normal proposto por THORNTHWAITE & MATTER (1955) cartografado a partir das equações ortogonais empíricas determinadas por meio da altitude, latitude e longitude.

A partir dos dados pluviométricos de postos do DAEE-CTH (Departamento de Águas e Energia Elétrica – Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos) coletados nas proximidades da unidade de conservação, selecionou-se aquele que possuía a maior e melhor série de dados. Para cada posto elaborou-se um diagrama do regime pluvial.

O regime pluviométrico é a primeira aproximação para o ritmo pluvial, sendo definido pelas variações anuais percebidas por meio das variações mensais da chuva em vários e sucessivos anos (MONTEIRO, 1971). O diagrama de representação do regime pluviométrico foi baseado naquele proposto por SCHRÖDER (1956), com uma alteração no valor das classes de porcentagem que o mês representa do total anual, de modo a ressaltar melhor os meses mais chuvosos. Foram definidas as classes: até 5%; de 5 a 10%, de 10 a 20%; de 20 a 30%; maior que 30% do total anual.

Esse tipo de representação permite avaliar não somente a oscilação dos totais anuais ao longo do tempo cronológico, como a ocorrência de meses chuvosos, secos, bem como a extensão do período chuvoso para meses habitualmente secos, e vice-versa.

Os totais anuais e anos secos e chuvosos também foram representados graficamente conforme segue. A série de chuva dos totais anuais foi classificada do menor para o maior valor. A partir dessa série foi elaborado um gráfico de barras com a abcissa representando os totais anuais e a ordenada os anos. A esta representação foi adicionada a barra de desvio padrão, e a ordenada do gráfico foi posicionada na média dos totais anuais. Desta forma, os valores à esquerda da ordenada são os anos com totais anuais inferiores à média anual (representados em laranja), e à direita os anos com totais superiores à média (representados em azul). Diante da brevidade do tempo para as análises estatísticas, a classificação expedita em anos secos e anos chuvosos pode ser feita a partir deste gráfico podendo ser considerado, grosso modo, como anos extremos aqueles que superarem o desvio padrão.

Perigo, Vulnerabilidade e Risco

Para o mapeamento dos riscos com abordagem regional foi aplicada a metodologia descrita em FERREIRA e ROSSINI-PENTEADO (2011), que utiliza as Unidades Territoriais Básicas (UTB) como unidades de análise, com um detalhamento compatível com a escala de análise 1:50.000. Foi realizada a análise de riscos relacionados aos processos de escorregamento planar e de inundação.

O método de análise de risco a processos geodinâmicos inclui a identificação e caracterização das variáveis que compõem a equação do risco (R), que incluem: perigo (P), vulnerabilidade (V) e dano potencial (DP). Entre as etapas metodológicas destacam-se:

- a) Delimitação das unidades espaciais de análise: Unidades Territoriais Básicas (UTB);
- b) Seleção e obtenção dos atributos que caracterizam os processos perigosos, a vulnerabilidade e o dano potencial;
- c) Modelo e cálculo das variáveis de risco (Perigo (P); Vulnerabilidade (V) e Dano Potencial (DP));
- d) Elaboração dos produtos cartográficos.

O método das UTBs possibilita uma visão espacial do território, com seus diferentes atributos e relações e favorece a análise das inter-relações espaciais entre os sistemas ambientais, culturais e socioeconômicos, identificando limitações, vulnerabilidades e fragilidades naturais, bem como os riscos e potencialidades de uso de determinada área.

O plano de informação (PI) UTB foi obtido da interseção dos planos de informação das Unidades Básicas de Compartimentação (UBC) (SÃO PAULO, 2014) e das Unidades Homogêneas de Uso e Cobertura da Terra e Padrão da Ocupação Urbana (UHCT) (SÃO PAULO, 2016). Nesta etapa foram eliminados os polígonos menores que 5000m².

A partir das UTBs foram obtidos e associados atributos do meio físico, do uso e cobertura da terra, do padrão da ocupação urbana, socioeconômicos, de infraestrutura sanitária e de excedente hídrico, sendo utilizadas ferramentas de geoprocessamento e operações de análise espacial em Sistemas de Informação Geográfica para a espacialização de dados, interpolações, consultas espaciais, cálculo dos atributos e atualização automática do banco de dados alfanumérico (FERREIRA & ROSSINI-PENTEADO, 2011, FERREIRA et al., 2013). Os atributos considerados e seus métodos de obtenção são apresentados nas tabelas 1 a 8.

A modelagem envolveu, inicialmente, a seleção dos fatores de análise que tem influência direta sobre os processos considerados e, posteriormente, a aplicação de fórmulas, regras e pesos aos fatores considerados para a estimativa dos índices simples e compostos de cada variável da equação de risco. Neste processo foram obtidas as variáveis: perigo (PESC, PINU), vulnerabilidade (VUL), dano potencial (DAP) e risco (RIS).

TABELA 1. Atributos das Unidades Territoriais Básicas utilizados para a estimativa do Perigo (PESC, PINU), Vulnerabilidade (VUL) e Dano Potencial (DAP).

ATRIBUTO	DESCRIÇÃO	FORMA DE OBTENÇÃO
Amplitude (AMP)	Representa o desnível entre o topo e a base da encosta, indicando a quantidade de solo na encosta. Quanto maior a amplitude maior a probabilidade de ocorrência do processo. Fator condicionante da variável perigo. Fonte: carta topográfica do IBGE – (DAEE, 2008). Unidade: metros.	Obtido a partir da interpolação de valores de cota altimétrica de grades de 10x10m; obtenção da diferença entre cota máxima e cota mínima e cálculo de média zonal.
Densidade de Drenagem (DED)	Expressa a permeabilidade, grau de fraturamento do terreno e número de canais fluviais suscetíveis a inundação. Quanto maior a densidade de drenagem, maior a probabilidade de ocorrência dos processos de escorregamento e inundação. Fator condicionante da variável perigo. Fonte: carta topográfica do IBGE – (DAEE, 2008). Unidade: metros/10000m ² .	Obtido a partir da interpolação de valores de Densidade de Drenagem em grades de 10x10m; e cálculo de média zonal.

ATRIBUTO	DESCRIÇÃO	FORMA DE OBTENÇÃO
Declividade Média (DEC)	Expressa a inclinação das vertentes. Quanto maior a declividade, maior a probabilidade de ocorrência de escorregamento e inversamente, quanto mais plano o terreno, maior a possibilidade de ocorrência de inundação. Fator condicionante da variável perigo. Fonte: carta topográfica do IBGE – (DAEE, 2008). Unidade: graus.	Obtido a partir da interpolação de valores de cota do MDS em grades de 10x10m; e cálculo de média zonal.
Excedente Hídrico (EXH)	Expressa a quantidade de chuva. Quanto maior o excedente hídrico, maior a probabilidade de ocorrência de escorregamento e inundação. Fator condicionante da variável perigo. Fonte: Armani et al. (2007). Unidade: milímetros.	Obtido a partir da interpolação de valores de Excedente Hídrico em grades de 10x10m; e cálculo de média zonal.
Erodibilidade (ERO)	Expressa o grau de determinado solo sofrer erosão. Quanto maior o índice de erodibilidade, maior a probabilidade de ocorrência do processo. Fator condicionante da variável perigo de escorregamento. Fonte: reclassificação das unidades pedológicas (Oliveira et al. 1999; Silva e Alvares, 2005). Unidade: $t \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$.	Obtido a partir da interpolação de valores de Erodibilidade em grades de 100 x 100m; e cálculo de média zonal.
Índice de Foliação (FOL)	Expressa o grau de estruturação do terreno e de descontinuidade das rochas. Quanto maior o índice de foliação, maior a probabilidade de ocorrência do processo. Fator condicionante da variável perigo. Fonte: reclassificação das unidades litológicas (Perrota et al. 2005). Unidade: adimensional.	Obtido pela ponderação de classes conforme Tabela 2
Densidade de Ocupação (DEO)	Corresponde a relação entre o tamanho ou número de lotes por unidade de área. Indica o grau de impermeabilização do terreno. Fator condicionante da variável perigo de inundação e dano potencial. Fonte: Ortofotos Digitais (EMPLASA, 2010). Unidade: Adimensional. Classes: Muito alta, alta, média, baixa e muito baixa densidade.	Obtido pela interpretação visual de produtos de sensoriamento remoto
Estágio de Ocupação (ESO)	Representa a porcentagem de lotes efetivamente construídos, sendo o estágio em consolidação apresenta maior influência no desencadeamento dos processos perigosos. Indica o grau de impermeabilização do terreno. Fator condicionante do perigo de escorregamento. Fonte: Ortofotos Digitais (EMPLASA, 2010). Unidade: Adimensional. Classes: consolidado; em consolidação e rarefeito.	Obtido pela interpretação visual de produtos de sensoriamento remoto.
Ordenamento Urbano (ORU)	Expressa o padrão ou qualidade da ocupação, sendo utilizado na determinação do potencial de indução de perigos. Fator condicionante do perigo de escorregamento. Fonte: Ortofotos Digitais (EMPLASA, 2010). Unidade: Adimensional. Classes: muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo ordenamento.	Obtido pela interpretação de produtos de sensoriamento remoto.
Índice Abastecimento de Água (AGU)	Expressa as condições de abastecimento de água. Vazamentos e rompimentos de tubulações ocasionam infiltrações que agravam as situações de risco. Fator condicionante do perigo de escorregamento e da vulnerabilidade. Fonte: dados censitários do IBGE de 2010. Unidade: Adimensional.	Obtido a partir da interpolação de valores médios ponderados dos dados censitários em grades de 10x10m e cálculo de média zonal.
Índice Coleta de Esgoto (ESG)	Expressa as condições do esgotamento sanitário. Ausência ou inadequação do sistema pode acarretar o lançamento de águas servidas que agravam as condições de estabilidade do terreno. Fator condicionante do perigo de escorregamento e da vulnerabilidade. Fonte: dados censitários do IBGE de 2010. Unidade: Adimensional.	Obtido a partir da interpolação de valores médios ponderados dos dados censitários em grades de 10x10m e cálculo de média zonal.

ATRIBUTO	DESCRIÇÃO	FORMA DE OBTENÇÃO
Índice Coleta de Lixo (LIX)	Expressa as condições da coleta e disposição do lixo. Acúmulo de lixo e entulho em propriedades favorecem a absorção de grande quantidade de água que agravam as condições de instabilidade do terreno. Fator condicionante do perigo de escorregamento e da vulnerabilidade. Fonte: dados censitários do IBGE de 2010. Unidade: Adimensional.	Obtido a partir da interpolação de valores médios ponderados dos dados censitários em grades de 10x10m e cálculo de média zonal.
Índice de Alfabetização (ALF)	Expressa o número de pessoas não alfabetizadas em relação ao total de pessoas (alfabetizadas e não alfabetizadas). Maior índice de pessoas não alfabetizadas pode determinar menor capacidade de enfrentamento de uma situação de risco. Fator condicionante da vulnerabilidade. Fonte: dados censitários do IBGE de 2010. Unidade: Porcentagem (%).	Obtido a partir da interpolação de valores médios ponderados dos dados censitários em grades de 10x10m e cálculo de média zonal.
Índice Renda (REN)	Expressa a renda média da população. Condições econômicas precárias pode levar à ocupação inadequada de locais impróprios, aumentando a exposição da população. Fator condicionante da vulnerabilidade. Fonte: dados censitários do IBGE de 2010. Unidade: Salários Mínimos.	Obtido a partir da interpolação de valores médios ponderados dos dados censitários em grades de 10x10m e cálculo de média zonal.
Índice de População (POP)	Expressa o número de pessoas em risco. Fator condicionante da variável dano potencial. Fonte: Ortofotos Digitais (EMPLASA, 2010). Unidade: adimensional.	Combinação matricial entre os atributos densidade, estágio da ocupação e ordenamento urbano e área Tabela 6.
Potencial de Indução do Uso e Cobertura da Terra (POI)	Expressa o grau de influência do uso e cobertura da terra no desencadeamento dos processos perigosos de escorregamento e inundação. Fator condicionante da variável perigo. Unidade: Adimensional.	Obtido pela ponderação de classes e cálculo do Índice de Infraestrutura conforme Tabela 3.
Índice Pavimentação (PAV)	Indica a impermeabilização do terreno. Fator condicionante do perigo de inundação. Fonte: Ortofotos Digitais (EMPLASA, 2010). Unidade: Adimensional. Classes: pavimentada e não pavimentada	Obtido pela ponderação de classes do Ordenamento Urbano, conforme Tabela 4.
Índice Densidade e Estágio da Ocupação (DOEO)	Indica a impermeabilização do terreno. Fator condicionante do perigo de inundação. Unidade: Adimensional. Fonte: Ortofotos Digitais (EMPLASA, 2010).	Obtido pela combinação matricial das classes de Densidade de Ocupação e Estágio da Ocupação, conforme Tabela 5.

TABELA 2. Reclassificação das unidades geológicas para obtenção do índice de foliação.

UNIDADE GEOLÓGICA (segundo Perrota et al., 2005)	VALOR
Sedimentos inconsolidados, formações sedimentares	0,1
Formação Serra Geral (basaltos), Rochas alcalinas (Ilhabela, Búzios)	0,3
Granito indiferenciado, Ortognaisses, Gnaisses migmatíticos, Gabro Apiaí	0,5
Paragnaisses, metagrauvacas, meta-arenitos, metabásicas, metavulcanossedimentar, metacarbonáticas	0,7
Milonitos, xistos, filitos	0,9

Os índices de perigo para os processos de escorregamento e inundação (PESC, PINU) foram calculados considerando-se os fatores do meio físico que interferem na suscetibilidade natural do terreno, bem como os fatores relacionados ao padrão de uso e cobertura da terra e padrão da ocupação urbana que potencializam a ocorrência do processo perigoso.

O índice de vulnerabilidade (VUL) foi obtido a partir de fatores físicos da ocupação urbana e de fatores socioeconômicos e de infraestrutura sanitária, obtidos dos dados censitários do IBGE. O índice de Dano Potencial (DAP) foi calculado a partir da inferência da população residente com base nos atributos físicos de uso e padrão da ocupação urbana, ponderada pela área de cada unidade de análise. O índice de risco (RIS) foi calculado como uma função do índice de perigo, do índice de vulnerabilidade e do índice de dano potencial. Estas análises foram realizadas apenas nas áreas de uso urbano ou edificado do tipo residencial/comercial/serviço com dados do IBGE disponíveis.

TABELA 3. Reclassificação das unidades do uso do solo para obtenção do índice de potencial de indução (POI) para perigos de escorregamento e inundação.

CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA	POTENCIAL DE INDUÇÃO	
	PERIGO ESCORREGAMENTO	PERIGO INUNDAÇÃO
Vegetação Arbórea	0,1	0,1
Espaço Verde Urbano	0,2	0,2
Vegetação Herbáceo-Arbustiva	0,3	0,3
Solo Exposto/Área Desocupada	0,9	0,5
Corpos D'Água	0,1	0,9
Loteamento	0,7	0,3
Grande Equipamento	0,5	0,5
Residencial/comercial/serviços	0,5 a 1 (aplicação da fórmula $INFESC=(AGU+ESG+LIX+ESO+ORU)/5$)	0,5 a 1 (aplicação da fórmula $INFINU=(ESG+LIX+DOEO +PAV)/4$)

Sendo: INFESC = índice de infraestrutura para escorregamento; INFINU = índice de infraestrutura para inundação; AGU= índice abastecimento de água; ESG= índice coleta de esgoto; ESO= estágio de ocupação; ORU= ordenamento urbano; DOEO = índice densidade/estágio de ocupação; PAV = índice de pavimentação.

TABELA 4. Combinação matricial e notas ponderadas para obtenção do índice Ordenamento Urbano (ORU).

CLASSE DE ORDENAMENTO URBANO	ELEMENTOS URBANOS			NOTAS Ordenamento Urbano (ORU)	NOTAS Pavimentação inundação (PAV)
	TRAÇADO DO SISTEMA VIÁRIO	PAVIMENTAÇÃO	VEGETAÇÃO URBANA		
Muito Alto	sim	sim	sim	0,1	0,7
Alto	sim	sim	não	0,3	0,7
Médio	sim	não	sim ou não	0,5	0,3
Baixo	não	não	sim	0,7	0,3
Muito Baixo	não	não	não	0,9	0,3

TABELA 5. Combinação matricial entre os atributos densidade e estágio da ocupação e notas ponderadas para obtenção do índice Densidade e Estágio de Ocupação (DOEO).

DENSIDADE DA OCUPAÇÃO	ESTÁGIO DA OCUPAÇÃO		
	CONSOLIDADO	EM CONSOLIDAÇÃO	RAREFEITO
Muito Alta	0,9	0,7	0,3
Alta	0,9	0,5	0,3
Média	0,7	0,3	0,3
Baixa	0,5	0,3	0,1
Muito Baixa	0,1	0,1	0,1

TABELA 6. Combinação matricial entre os atributos densidade, estágio da ocupação e ordenamento urbano para obtenção do índice de população (POP).

CLASSE	DENSIDADE DE OCUPAÇÃO	ESTÁGIO DE OCUPAÇÃO		ORDENAMENTO URBANO		ÁREA DA UTB
Muito Alta	0,9	Consolidado	0,6666	Existe sistema viário	0,25	Valores únicos de cada polígono
Alta	0,7					
Moderada	0,5	Em consolidação	0,5	Não existe sistema viário	0,75	
Baixa	0,3	Rarefeito	0,33333			
Muito Baixa	0,1					

Para operacionalização dos conceitos na quantificação do risco de escorregamento foram adotadas as seguintes equações e regras:

Índice de Perigo de Escorregamento Planar (Pesc):

- Quando setores geomorfológicos de planície ou declividade média < 3:
 - PESC = 0;
- Quando declividade média >= 3 e declividade média < 7 ou declividade média >= 7:
 - $PESC = 0.8 * "DEDESC" + 0.02 * "AMP" + 0.02 * "EXHESC" + 0.02 * "DEDESC" + 0.02 * "FOL" + 0.02 * "ERO" + 0.1 * "POIESC"$;
- Quando declividade média >= 7 e declividade média < 17 ou declividade média >= 25 e declividade média >= 25 e < 37:
 - $Pesc = 0.5 * "DEDESC" + 0.06 * "AMP" + 0.06 * "EXHESC" + 0.06 * "DEDESC" + 0.06 * "FOL" + 0.06 * "ERO" + 0.2 * "POIESC"$;
- Quando declividade média >= 17 e declividade média < 25:
 - $Pesc = 0.1333 * "DEDESC" + 0.1333 * "AMP" + 0.1333 * "EXHESC" + 0.1333 * "DEDESC" + 0.1333 * "FOL" + 0.1333 * "ERO" + 0.2 * "POIESC"$;

Índice de Perigo de Inundação (Pinu):

- Quando setor geomorfológico de encosta:
 - PINU = 0;
- Quando setor geomorfológico de planície fluvial ou costeira:
 - $PINU = 0.3 * "DECINU" + 0.2 * "EXHINU" + 0.2 * "DEDINU" + 0.3 * "POIINU"$.

Índice de Vulnerabilidade (VUL):

- Quando uso e ocupação diferente de residencial/comercial/serviços:
 - VUL = não classificado (N_CLASS);
- Quando uso e ocupação = residencial/comercial/serviços:
 - $VUL = (0.125 * "ESG" + 0.125 * "AGU" + 0.125 * "LIX" + 0.125 * "ORU") + (0.25 * "ALF + (0.25 * (1 - "REN"))$.

Índice de Dano Potencial (DAP):

- Quando uso e ocupação diferente de residencial/comercial/serviços:
 - DAP = não classificado;
- Quando uso e ocupação = residencial/comercial/serviços:
 - DAP = POP.

Índice de Risco de Escorregamento (RESC) e de Inundação (RINU):

- Quando uso e ocupação diferente de residencial/comercial/serviços:
 - RESC = não classificado e RINU = não classificado
- Quando uso e ocupação = residencial/comercial/serviços:
 - $RESC = PESC * VUL * DAP$ e $RINU = PINU * VUL * DAP$.

Sendo: PESC = perigo de escorregamento; PINU = perigo de inundação; VUL = vulnerabilidade; DAP = dano potencial; RESC= risco de escorregamento; RINU = risco de inundação; AMP= amplitude altimétrica; DECESC= declividade para escorregamento; DECINU= declividade para inundação; DEDESC= densidade de drenagem; FOL = índice de foliação; EXHESC= excedente hídrico para escorregamento; EXHINU= excedente hídrico para inundação; POIESC= potencial de indução para escorregamento; POIINU= potencial de indução para inundação; AGU = abastecimento de água; LIX = coleta e destinação de lixo; ESG = coleta e destinação de esgoto; ORU= ordenamento urbano; ALF= índice de alfabetização; REN= renda; POP = índice de população.

Os valores de cada atributo e dos índices referidos na tabela 1, exceto para as variáveis declividade, erodibilidade e atributos do censo, foram normalizados para o intervalo de 0 a 1, considerando a amostragem para todo o Estado de São Paulo, da seguinte forma:

$$C1 = ((Vn - VminC1) / (VmaxC1 - VminC1) * 0,2) + 0,0;$$

$$C2 = ((Vn - VminC2) / (VmaxC2 - VminC2) * 0,2) + 0,2;$$

$$C3 = ((Vn - VminC3) / (VmaxC3 - VminC3) * 0,2) + 0,4;$$

$$C4 = ((Vn - VminC4) / (VmaxC4 - VminC4) * 0,2) + 0,6;$$

$$C5 = ((Vn - VminC5) / (VmaxC5 - VminC5) * 0,2) + 0,8;$$

Sendo: C1 = classe Muito Baixa do atributo considerado; C2 = classe Baixa do atributo considerado; C3 = classe Moderada do atributo considerado; C4 = classe Alta do atributo considerado; C5 = classe Muito Alta do atributo considerado; Vn= valor a ser normalizado; Vmin= valor mínimo da classe considerada; Vmax= valor máximo da classe considerada. O valor 0,2 corresponde ao intervalo de cada classe, considerando-se cinco classes; e 0,0; 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 correspondem aos limites inferiores das classes 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

Para a declividade adotou-se uma composição entre as classes de DE BIASI (1992) e da EMBRAPA (1979), para erodibilidade, as classes de SILVA e ALVARES (2005) e para abastecimento de água, coleta de esgoto, coleta de lixo, alfabetização e renda adotou-se uma normalização linear para o intervalo 0-1.

Para geração dos mapas de perigo, vulnerabilidade e risco, os índices calculados foram reclassificados em 15 intervalos a partir do método de "Quebras Naturais", os quais foram agrupados, para fins de descrição e legenda, em cinco classes de probabilidade de ocorrência: Muito Baixa (intervalo 1 a 3), Baixa (intervalo 4 a 6), Moderada (intervalo 7 a 9), Alta (intervalo 10 a 12) e Muito Alta (intervalo 13 a 15). A classe de probabilidade Nula a Quase Nula (0) foi adotada nos seguintes casos:

- para o perigo de escorregamento: nos setores geomorfológicos classificados como planície ou com declividade média < 3;
- para o perigo de inundação: nos setores geomorfológicos classificados como encosta;
- para o risco de escorregamento: casos em que o índice de perigo de escorregamento apresentou valor igual a zero (0);
- para o risco de inundação: casos em que o índice de perigo de inundação apresentou valor igual a zero (0);

O mapeamento da vulnerabilidade e do risco foi realizado apenas nas áreas de uso do tipo residencial/comercial/serviço. As demais áreas não foram classificadas, devido à ausência do elemento em risco.

A tabela 7 exhibe os limites adotados para os atributos considerados na análise de risco.

TABELA 7. Distribuição em cinco classes de influência/probabilidade de ocorrência dos processos, dos atributos e índices analisados.

	Nula	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito Alta
AMP	–	1,77–142,26	142,26–236,93	236,94–407,37	407,37–728,13	728,13–1997,06
DECESC	0–3	3–7	7–17	17–25	25–37	37–85
DECINU	–	40–15	15–10	10–7	7–5	5–1
DEDESC	–	0,00–0,66	0,66–1,03	1,03–1,54	1,54–2,65	2,65–11,12
DEDINU	–	0–0,9	0,9–1,74	1,74–2,57	2,57–3,63	3,63–8,19
EXHESC	–	79,60–330,74	330,74–529,15	529,15–781,62	781,62–1265,55	1265,55–2443,87
EXHINU	–	67,67–250,70	250,70–425,70	425,70–680,96	680,96–1179,63	1179,63–2154,20
ERO	–	0–0,01529		0,01529–0,03058	0,03058–0,06100	
FOL	–	0–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	0,8–1,0
POIESC	–	0–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	0,8–1,0
POIINU	–	0–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	0,8–1,0
ORU	–	0–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	0,8–1,0
AGU	–	0–16	16–33	33–49	49–66	66–82
ESG	–	0–17	17–35	35–52	52–70	70–87
LIX	–	0–16	16–33	33–49	49–66	66–82
ALF	–	0–12	12–25	25–36	36–42	42–62
REN	–	0–3,7	3,7–9,2	9,2–11,1	11,1–12,9	12,9–18,5
PESC	–	0–0,1679	0,1679–0,2885	0,2885–0,4277	0,4277–0,5992	0,5992–0,9242
PINU	–	0,1558–0,3747	0,3747–0,4713	0,4713–0,5650	0,5650–0,6720	0,6720–0,9096
VUL	–	0,0844–0,2174	0,2174–0,3504	0,3504–0,4835	0,4835–0,6165	0,6165–0,74956
DAP	–	16–12764	12764–47412	47412–134859	134859–317410	317410–1222946
RESC	–	0–0,0536	0,0536–0,0976	0,0976–0,1387	0,1387–0,1849	0,1849–0,3689
RINU	–	0–0,0234	0,02343–0,0620	0,0620–0,1169	0,1169–0,2133	0,2133–0,4225

Sendo: DECESC – declividade para escorregamento ($^{\circ}$), DECINU – declividade para inundação ($^{\circ}$), AMP – amplitude altimétrica (m), EXHESC – excedente hídrico para escorregamento (mm), EXHINU – excedente hídrico para inundação (mm), DEDESC – densidade de drenagem para escorregamento (m/m^2), DEDINU – densidade de drenagem para inundação (m/m^2), ERO – erodibilidade ($t.ha^{-1}.MJ^{-1}.mm^{-1}$), FOL – índice de foliação (adimensional), POIESC – potencial de indução para escorregamento (adimensional), POIINU – potencial de indução para inundação (adimensional), ORU = ordenamento urbano, AGU = abastecimento de água, ESG = coleta e destinação de esgoto, LIX = coleta e destinação de lixo, ALF = índice de alfabetização, REN = renda, PESC – perigo de escorregamento, PINU – perigo de inundação, VUL = vulnerabilidade, DAP – dano potencial, RESC = risco de escorregamento e RINU – risco de inundação. Intervalos obtidos pelo método de quebras naturais, exceto para declividade, erodibilidade, abastecimento de água, coleta de esgoto, coleta de lixo, alfabetização e renda.

As legendas dos mapas de perigo de escorregamento, inundação, vulnerabilidade e risco de escorregamento e inundação foram elaboradas com base nos principais atributos dos respectivos índices e são apresentadas a seguir:

Perigo de Escorregamento

- Nulo a quase nulo (P0ESC) – Terrenos planos com probabilidade extremamente baixa a nula de ocorrência de escorregamentos planares esparsos.
- Muito Baixo (P1ESC, P2ESC, P3ESC) – Terrenos geralmente pouco inclinados, com probabilidade muito baixa de ocorrência de escorregamentos planares esparsos, de pequenos volumes, associados com acumulados de chuva excepcionais.
- Baixo (P4ESC, P5ESC, P6ESC) – Terrenos geralmente com inclinações muito baixas a baixas, com probabilidade baixa de ocorrência de escorregamentos planares esparsos, de pequenos volumes, associados, inicialmente, com acumulados de chuva moderados, podendo evoluir para escorregamentos de proporções intermediárias, com acumulados de chuva muito altos a altos.
- Moderado (P7ESC, P8ESC, P9ESC) – Terrenos geralmente com inclinações moderadas a altas, com probabilidade moderada de ocorrência de escorregamentos planares esparsos, de volumes pequenos a intermediários, associados, inicialmente, com acumulados de chuva baixos, podendo evoluir para escorregamentos de grandes proporções, com acumulados de chuva altos a moderados.
- Alto (P10ESC, P11ESC, P12ESC) – Terrenos geralmente com inclinações altas com probabilidade alta de ocorrência de escorregamentos planares esparsos, de volumes pequenos a grandes, associados, inicialmente, com acumulados de chuva baixos, podendo evoluir para escorregamentos de grandes proporções com acumulados de chuva maiores moderados a baixos.
- Muito Alto (P13ESC, P14ESC, P15ESC) – Terrenos geralmente com inclinações altas a muito altas com probabilidade muito alta de ocorrência de escorregamentos planares esparsos, de volumes pequenos a grandes, associados, inicialmente, com acumulados de chuva muito baixos, podendo evoluir para escorregamentos de elevadas proporções com acumulados de chuva baixo a muito baixos.

Perigo de Inundação

- Nulo a Quase Nulo (P0INU) – Terrenos de encosta com probabilidade extremamente baixa a nula de ocorrência de inundação.
- Muito Baixo (P1INU, P2INU, P3INU) – Terrenos de planície fluvial ou litorânea com probabilidade muito baixa de ocorrência de inundação, geralmente com altura de atingimento muito baixa e associada com acumulados de chuva excepcionais.
- Baixo (P4INU, P5INU, P6INU) – Terrenos de planície fluvial ou litorânea com probabilidade baixa de ocorrência de inundação, geralmente com altura de atingimento desde muito baixa a baixa, associada, inicialmente, com acumulados de chuva moderados, podendo evoluir para inundações com altura de atingimento intermediária com acumulados de chuva muito altos a altos.
- Moderado (P7INU, P8INU, P9INU) – Terrenos de planície fluvial ou litorânea com probabilidade moderada de ocorrência de inundação, geralmente com altura de atingimento desde muito baixa a intermediária, associada, inicialmente, com acumulados de chuva moderados, podendo evoluir para inundações de altura de atingimento alta com acumulados de chuva altos a moderados.
- Alto (P10INU, P11INU, P12INU) – Terrenos de planície fluvial ou litorânea com probabilidade alta de ocorrência de inundação, geralmente com altura de atingimento desde muito baixa a alta, associada, inicialmente com acumulados de chuva baixos a moderados, podendo evoluir para inundações de altura de atingimento muito alta com acumulados de chuva moderados a baixos.
- Muito Alto (P13INU, P14INU, P15INU) – Terrenos de planície fluvial ou litorânea com probabilidade muito alta de ocorrência de inundação, geralmente com altura de atingimento desde muito baixa a muito alta, associada, inicialmente, com acumulados de chuva maiores muito baixos a baixos, podendo evoluir para inundações de altura de atingimento extremamente alta com acumulados de chuva baixos a muito baixos.

Vulnerabilidade

- Muito Baixa (V1, V2, V3) – Setores residenciais predominantemente de alto a muito alto ordenamento urbano; de baixa a muito baixa criticidade quanto à infraestrutura sanitária e de alta renda. Geralmente ocorrem nas porções centrais dos núcleos urbanos.

- Baixa (V4, V5, V6) – Setores residenciais predominantemente de médio a muito alto ordenamento urbano; de média a baixa criticidade quanto à infraestrutura sanitária e de média a alta renda. Geralmente ocorrem nas porções centrais dos núcleos urbanos.
- Moderada (V7, V8, V9) – Setores residenciais predominantemente de médio a muito alto ordenamento urbano; de média a alta criticidade quanto à infraestrutura sanitária e de média a alta renda.
- Alta (V10, V11, V12) – Setores residenciais predominantemente de médio a baixo ordenamento urbano; de alta a média criticidade quanto à infraestrutura sanitária e de baixa a média renda. Correspondem, em geral, aos setores mais periféricos ou isolados da mancha urbana.
- Muito Alta (V13, V14, V15) – Setores residenciais predominantemente de baixo a médio ordenamento urbano; de muito alta a alta criticidade quanto à infraestrutura sanitária e de baixa renda. Correspondem, em geral, aos setores mais periféricos ou isolados da mancha urbana.

Risco de Escorregamento e Inundação

- Nulo a Quase Nulo (R0) – Áreas de uso Residencial/Comercial/Serviço em terrenos planos com probabilidade extremamente baixa a nula de ocorrência de escorregamentos (escorregamento) ou Nulo a Quase Nulo (R0) – Áreas de uso Residencial/Comercial/Serviço em terrenos de encosta com probabilidade extremamente baixa a nula de ocorrência de inundação (inundação).
- Muito Baixo (R1, R2, R3) – Predomínio de áreas de uso residencial/comercial/serviço com vulnerabilidade variando de muita baixa a baixa; com probabilidade de ocorrer eventos perigosos severos variando de muito baixa a baixa e com índices de dano potencial à população variando de muito baixo a baixo, podendo resultar em danos e prejuízos de muito baixo impacto.
- Baixo (R4, R5, R6) – Predomínio de áreas de uso residencial/comercial/serviço com vulnerabilidade variando de baixa a moderada; com probabilidade de ocorrer eventos perigosos severos variando de baixa a moderada e com índices de dano potencial à população variando de baixo a moderado, podendo resultar em danos e prejuízos de baixo impacto.
- Moderado (R7, R8, R9) – Predomínio de áreas de uso residencial/comercial/serviço com vulnerabilidade variando de moderada a alta; com probabilidade de ocorrer eventos perigosos severos variando de moderada a alta e com índices de dano potencial à população variando de moderado a alto, podendo resultar em danos e prejuízos de moderado impacto.
- Alto (R10, R11, R12) – Predomínio de áreas de uso residencial/comercial/serviço com vulnerabilidade variando de alta a muito alta; com probabilidade de ocorrer eventos perigosos severos variando de alta a muito alta e com índices de dano potencial à população variando de alto a muito alto, podendo resultar em danos e prejuízos de alto impacto.
- Muito Alto (R13, R14, R15) – Predomínio de áreas de uso residencial/comercial/serviço com vulnerabilidade muito alta a alta; com probabilidade de ocorrer eventos perigosos severos variando de muito alta a alta e com índices de dano potencial à população variando de muito alto a alto, podendo resultar em danos e prejuízos de muito alto impacto.

As classes de perigo de escorregamento e de inundação, constantes na legenda dos respectivos mapas (figuras 1-45), foram caracterizadas quanto aos atributos: inclinação do terreno; probabilidade de ocorrência de um evento perigoso; volume de material escorregado; altura de atingimento da inundação e acumulados de chuva. A tabela 8 mostra os valores estimados para cada classe descrita na legenda.

TABELA 8. Valores absolutos estimados para as variáveis da legenda dos mapas de escorregamento planar e de inundação.

VARIÁVEL	CATEGORIAS					
	NULA A QUASE NULA	MUITO BAIXA	BAIXA	MODERADA	ALTA	MUITO ALTA
Inclinação Escorregamento (°)	0-3	3-7	7-17	17-25	25-37	>37
Inclinação Inundação (°)	Setor de encosta	>15	10-15	7-10	5-7	0-5
Probabilidade (evento/ano)	0-1	1-5	5-10	10-15	15-40	>40
Volume escorregamento (m ³)	0	> 0-50	50-100	100-150	150-200	>200
Altura inundação (cm)	0	0-10	10-30	30-50	50-100	>100
Acumulado chuva (mm/24h)	0-40	40-60	60-80	80-120	120-180	>180

Recursos Hídricos

O diagnóstico dos recursos hídricos das unidades do Contínuo Cantareira (Parque Estadual do Itapetinga, Monumento Natural Estadual Pedra Grande, Parque Estadual de Itaberaba, Floresta Estadual de Guarulhos) foi realizado a partir de levantamento bibliográfico, compilação e avaliação de dados secundários referentes à qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas, e fatores que podem interferir nas suas características naturais.

A seguir são indicados os principais trabalhos de referência consultados e os parâmetros e indicadores ambientais utilizados para caracterização das águas superficiais e das águas subterrâneas.

Águas Superficiais

A Caracterização Regional consistiu na inserção da UC no contexto das unidades de gerenciamento de recursos hídricos – UGRHs do Estado de São Paulo. As principais referências utilizadas foram os Planos de Bacia, Relatório(s) de Situação dos Recursos Hídricos da(s) Bacia(s) Hidrográfica(s), o Plano Estadual de Recursos Hídricos (2004-2007), Planos de Manejo inseridos na área da UC ou de áreas que a intersectam e Planos Diretores Municipais. Os principais dados e informações disponíveis referem-se a aspectos descritivos da rede de drenagem, qualidade e quantidade de recursos hídricos e de indicadores de pressão, estes associados a fatores decorrentes do desenvolvimento das atividades que podem afetar a qualidade e/ou quantidade dos recursos hídricos.

Trabalhos técnico-científicos em escala semiregional (municipal, sub-bacia) e local, quando disponíveis, também devem ser consultados visando a pormenorização de dados para informações e aprofundamento do conhecimento.

Hidrografia

Efetua-se um levantamento e descrição dos principais cursos d'água e tributários. Utilizou-se a base cartográfica digital do Projeto GISAT (DAEE), na escala 1:50.000, para delimitação das sub-bacias hidrográficas.

Foram plotadas neste mapa as nascentes cadastradas pelo Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR-SP), declaradas pelos proprietários de imóveis rurais.

Aspectos Qualitativos

Para caracterização da qualidade da água superficial foram utilizados dados de monitoramento da rede estadual da CETESB: Índice de Qualidade das Águas (IQA), Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento (IAP), Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática (IVA), Índice de Estado Trófico (IET), disponíveis no Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – Ano Base 2015 (CETESB, 2016a).

Também foram considerados alguns resultados analíticos de amostras de água obtidos no Relatório Final – Criação de Sistema de Áreas Protegidas do Contínuo Cantareira: Serras do Itaberaba e Itapetinga (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010).

O Enquadramento dos Corpos d'Água doce do Estado de São Paulo, com base no Decreto Estadual 10.755/1977, estabelece a classe de qualidade da água superficial a ser mantida ou alcançada em um trecho (segmento) de um corpo de água. A Base Hidrográfica Unificada do Estado de São Paulo (CETESB, 2016b) com o enquadramento aplicado, utilizou a base cartográfica digital do Projeto GISAT (DAEE), na escala 1:50.000, e está disponível no site da CETESB (<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/enquadramento-dos-corpos-hidricosarquivos-digitais/>).

A carência de dados mostrou a necessidade de uma caracterização mais abrangente em termos de área e distribuição, tendo sido indicados locais para amostragem de água visando a Caracterização da qualidade das águas superficiais das UCs, que servirá de base para um Plano de Monitoramento. Os critérios para locação dos pontos de amostragem foram: criticidade da sub-bacia frente à pressão externa (uso e ocupação da terra irregular e/ou presença de ocupação urbana próximas a nascentes que fluem para o interior da UC); criticidade da sub-bacia frente à pressão interna (uso e ocupação da terra irregular, com supressão de vegetação; ocupação urbana e/ou atividade turística); necessidade de controle da qualidade dos cursos d'água que entram e saem da UC; necessidade de um ponto considerado como referência de qualidade natural.

Aspectos Quantitativos

Os dados de disponibilidade e de demanda de água das UGRHs, foram levantados nos Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos. Os indicadores da situação dos recursos hídricos nas bacias e, ocasionalmente, nas sub-bacias, os parâmetros e respectivos valores de referência (faixas “boa, atenção e crítica”) considerados foram os seguintes:

- vazões (m^3/s): vazão média (Q médio) de longo período, vazão mínima ($Q_{7,10}$) superficial registrada em 7 dias consecutivos, considerando um período de retorno de 10 anos; vazão $Q_{95\%}$ representa a vazão disponível em 95% do tempo na bacia;
- disponibilidade per capita (vazão média em relação à população total, em $m^3/hab./ano$);
- demanda total (superficial e subterrânea) em relação a Q médio e $Q_{95\%}$ (%);
- demanda superficial em relação a $Q_{7,10}$;
- demanda total de água (superficial e subterrânea) por tipo de uso e finalidade, considerando a vazão outorgada pelo DAEE;
- relação disponibilidade/demanda.

Os valores de referência adotados são:

Disponibilidade per capita ($Q_{95\%}$ para água superficial e Reserva explotável para água subterrânea)	
Faixa de referência	Classificação
$>2500 m^3/hab.ano$	Boa
$1500 a 2500 m^3/hab.ano$	Atenção
$<1500 m^3/hab.ano$	Crítica
- Demanda total (superficial + subterrânea) em relação à disponibilidade $Q_{95\%}$	
- Demanda superficial em relação a $Q_{7,10}$	
- Demanda subterrânea em relação às reservas explotáveis	
$<30\%$	Boa
$30\% a 50\%$	Atenção
$>50\%$	Crítica
- Demanda total (superficial + subterrânea) em relação à disponibilidade $Q_{médio}$	
$<10\%$	Boa
$10 a 20\%$	Atenção
$>20\%$	Crítica

Dados de monitoramento e regime hidrológico foram obtidos no Banco de Dados Hidrológicos do DAEE (DAEE, 2017). Aos postos fluviométricos estão associados dados de vazão média mensal.

A avaliação da disponibilidade hídrica superficial em locais onde não existe série histórica de vazões, os volumes que representam a “produção hídrica natural” da bacia podem ser calculados pela regionalização hidrológica baseada em dados de outras regiões, proposta pelo DAEE (DAEE, 1988). O cálculo pode ser efetuado diretamente no site do DAEE <http://143.107.108.83/cgi-bin/regnet.exe?lig=podfp>.

Indicadores de Pressão

Informações sobre indicadores de pressão aos recursos hídricos foram levantados junto aos gestores da unidade de conservação. Foram consultadas ortofotos (IGC, 2010) para obtenção de informações sobre uso e ocupação do solo (lotes e construções, estradas e acessos etc.) e supressão de vegetação, que podem implicar na alteração da qualidade e quantidade das águas.

Águas Subterrâneas

A Contextualização Regional consiste na indicação das principais unidades aquíferas presentes na UC e sua área de estudo. As principais referências são o Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (DAEE/IPT/IG/CPRM 2005), os Planos de Bacia, Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia, Planos de Manejo da UC ou de áreas que a intersectam. Dados complementares foram obtidos em outros trabalhos técnico-científicos. No caso do Contínuo Cantareira foi fundamental o mapa geológico de Juliani et al. (2012a e b) e os dados de poços de DAEE-UNESP (2013) e Fernandes et al. (2016), que permitiram a subdivisão do Aquífero Cristalino em litologias com potenciais de produção distintos.

Os aquíferos são caracterizados com relação à sua espessura, extensão, composição litológica, porosidade, vazões de exploração, áreas de recarga e descarga, e características dos poços utilizados para captação de águas subterrâneas.

Aspectos Qualitativos

Para caracterização da qualidade da água subterrânea foram utilizados dados de monitoramento da rede estadual da CETESB, obtidos no Relatório de situação da qualidade da água subterrânea no Estado de São Paulo – ano base 2015 (CETESB, 2016c).

O estudo de DAEE/UNESP (2013) considerou alguns parâmetros de potabilidade como cloreto, fluoreto, nitrato, nas análises de água de poços.

Aspectos referentes à vulnerabilidade do aquífero e à contaminação foram comentados com base em relatórios e trabalhos técnico-científicos, uma vez que a heterogeneidade do Aquífero Cristalino não permite a delimitação de zonas de vulnerabilidade.

Aspectos Quantitativos

Os dados de demanda total (superficial e subterrânea): a) em relação a $Q_{\text{médio}}$ e $Q_{95\%}$ (%) e; b) por tipo de uso e finalidade, considerando a vazão outorgada pelo DAEE, foram obtidos nos relatórios de situação por UGRHI.

A disponibilidade é calculada através da estimativa do volume de água ($Q_{95\%} - Q_{7,10}$) que está disponível para consumo sem comprometimento das reservas totais, considerando somente aquíferos livres.

Outra forma de demonstrar o potencial de produção foi pela capacidade específica mediana dos poços ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$). Os dados de poços foram levantados em banco de dados de poços: de monitoramento da piezometria dos aquíferos (DAEE-CETESB); do SIAGAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (CPRM – <http://siagasweb.cprm.gov.br>); do RIMAS – Sistema Integrado de Monitoramento das Águas Subterrâneas (CPRM – <http://rimasweb.cprm.gov.br>).

Trabalhos técnicos como os do DAEE-UNESP (2013), Fernandes et al. (2005, 2016) também foram embasados em bancos de dados oriundos do DAEE e da SABESP e permitiram indicar intervalos de produção em termos de vazão e de capacidade específica de poços. Desta forma, foram indicadas áreas com potenciais distintos de produção.

O Mapa de Águas Subterrâneas do estado de São Paulo (DAEE/IG/IPT/CPRM, 2005) indica vazões potenciais (m^3/h) por aquíferos.

O levantamento de dados fundamentado em pesquisa bibliográfica pode implicar em limitações quanto à atualidade dos dados, podendo não representar a situação real, e quanto à abrangência da área, caso haja poucos dados distribuídos espacial e temporalmente.

Desta forma, o reconhecimento da área e coletas de dados primários por meio de trabalhos de campo permitem uma melhor aproximação à realidade e identificação expedita da problemática.

Para estudos de águas superficiais é necessária coleta frequente de dados, ao longo do ano, visando mostrar as variações em termos quantitativos e qualitativos, bem como, coleta contínua para se estabelecer uma evolução histórica. Em função dos elevados custos envolvidos, é recomendado efetuar, pelo menos, levantamentos nos períodos extremos, chuvoso e seco.

As informações reunidas sobre poços tubulares em banco de dados oficiais devem ser complementadas com cadastro de prefeituras e informações de empresas de perfuração.

Atividades de Mineração

A apresentação do aproveitamento dos recursos minerais nos limites da Unidade de Conservação e em sua área de estudo fundamentou-se na utilização das informações disponíveis em dois sistemas do DNPM: na espacialização dos títulos minerários registrados no Sistema de Informações Geográficas da Mineração – SIGMINE (data base de 27/03/2017), e da sua análise apoiada no conjunto de dados do Sistema de Informações do Cadastro Mineiro. Acrescentou-se, à análise, a situação atual do licenciamento ambiental dos empreendimentos minerários junto à CETESB – Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental, além de se fazer uma breve contextualização com a geologia e usos e ocupação do solo da região.