

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	205 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

9 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

9.1 ESTUDOS TEMÁTICOS/CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DO MEIO FÍSICO

9.1.1 Caracterização e análise do clima e das condições meteorológicas

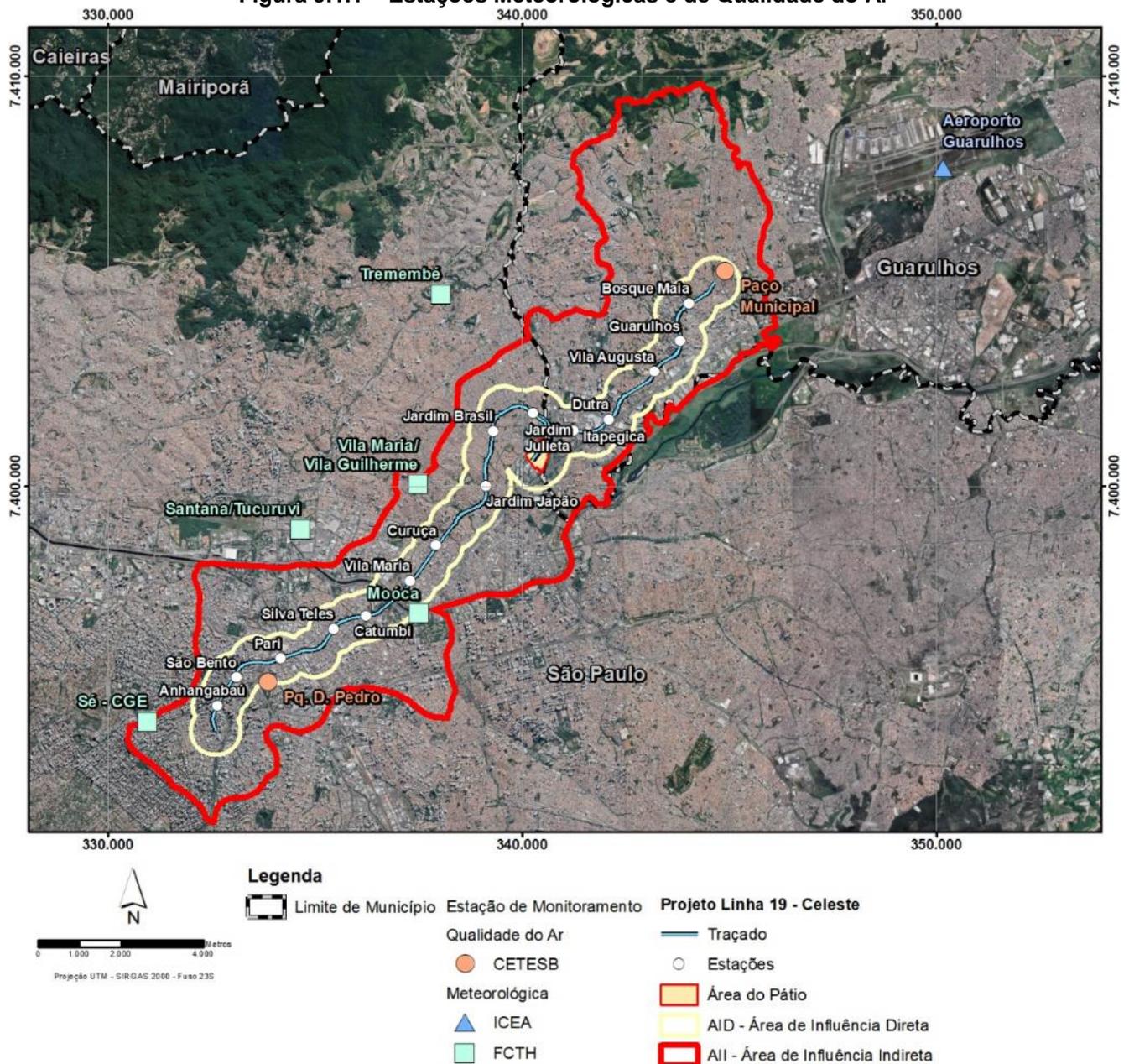
Como forma de consolidar o diagnóstico do presente tema foi eleita a estação meteorológica mais representativa para as áreas de influência do empreendimento, a fim de se conhecer as principais características climatológicas vigentes. Dessa maneira, pela distância (4 km da All) e pela disponibilidade de dados e menor número de lacunas em anos consecutivos optou-se pelos dados da Estação do Aeroporto de Guarulhos, disponibilizados no Sistema de Geração e Disponibilização de Informações Climatológicas, do Comando da Aeronáutica (ICEA, 2019). A localização da estação meteorológica está referenciada na Figura 9.1 1. Utilizou-se para análise o período de 2002 a 2018, pois são os anos recentes consecutivos sem lacunas de dados.

Para complementar o período de dados do ICEA, obteve-se informações no Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP), operado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), do período de janeiro de 2016 a agosto de 2021. Foram escolhidas 5 estações por localizarem-se próximas ao empreendimento (Sé-CGE - PMSP/SE-01; Mooca - PMSP/MO-01; Vila Maria/Vila Guilherme - PMSP/MG-01; Santana/Tucuruvi – PMSP/ST-01; Tremembé – PMSP/JT-01), das quais 3 situam-se na All, sendo as localizações apresentadas na Figura 9.1 1.

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	206 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Figura 9.1.1 – Estações Meteorológicas e de Qualidade do Ar



Fonte: ICEA, 2019, CETESB, 2021a e SAISP, 2021.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 207 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

9.1.1.1 Tipos de clima

A Classificação Climática de Köppen-Geiger é o sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizada em Climatologia e Meteorologia. De acordo com essa classificação, baseada em dados mensais pluviométricos e termométricos, o Estado de São Paulo abrange sete tipos climáticos diferentes, predominando climas úmidos.

Na extensão da All definida para o projeto há a presença de apenas um tipo climático identificado por Köppen: a unidade Cwa (C: climas mesotérmicos, w: chuvas de verão e a: verões quentes).

Estudos climatológicos compilados pelo IBGE partiram da classificação global de Köppen a fim de realizar uma análise de maior detalhe para regiões climáticas brasileiras, embasadas no parâmetro de umidade relativa do ar.

Desta forma, observa-se que dos cinco climas zonais ou genéticos do território brasileiro apenas o tipo subtropical é evidenciado na All do empreendimento, sendo que dessa classificação primária resultam outros três subclimas:

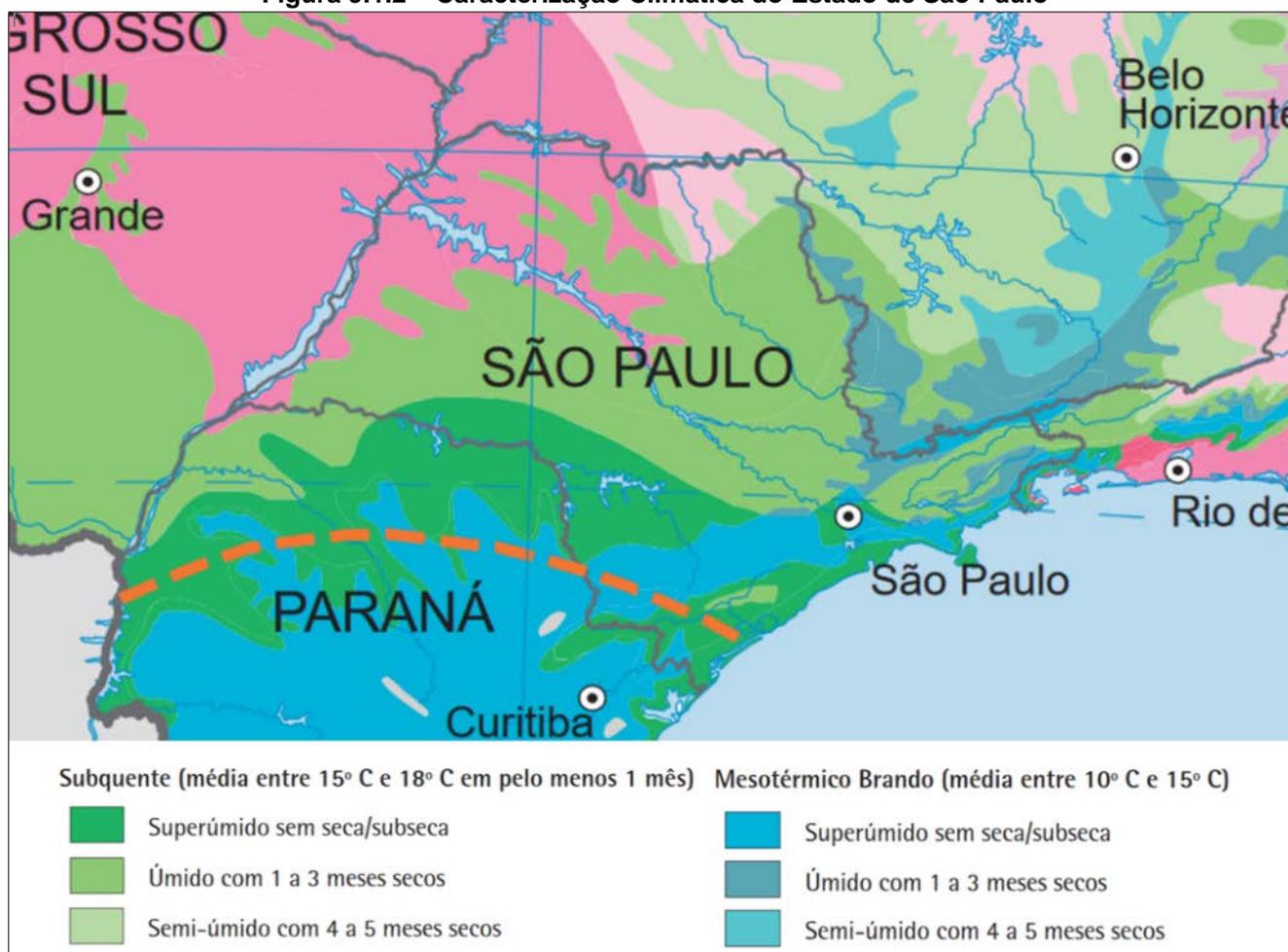
- Quente – Temperaturas médias maiores que 18°C em todos os meses;
- Subquente – Média entre 15° e 18°C, em pelo menos um mês;
- Mesotérmico Brando – média entre 10° e 15°C.

Cada subclima apresenta ainda uma classificação, conforme a umidade registrada, que pode variar entre semi-úmido, úmido e super-úmido. A Figura 9.1 2 ilustra uma representação dessa caracterização climática no Estado de São Paulo, com descrição das classificações existentes na região metropolitana de São Paulo, onde será implantada a Linha 19-Celeste.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 208 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Figura 9.1.2 – Caracterização Climática do Estado de São Paulo



Fonte: Prime adaptado de IBGE, 2002

O subclima dominante na região em estudo é o Subquente Úmido (1 a 3 meses secos) e o Mesotérmico Brando Superúmido (subseca) que se caracterizam por uma estação seca bem definida (o inverno) e uma estação chuvosa (o verão) com ocorrência das chuvas convectivas.

9.1.1.2 Temperatura e pluviometria

Segundo os dados aferidos da Estação do Aeroporto de Guarulhos do banco de dados climatológicos do comando da aeronáutica de 2002 a 2018 (ICEA, 2019), as temperaturas médias anuais ficam em torno de 20° C. No inverno, as massas de ar frias de origem polar (MPA - Massa Polar Atlântica), vindas da Antártida exercem grande influência na região contribuindo para que as temperaturas médias do ar permaneçam próximas a 18°C e médias

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	209 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

mínimas de 13°C. Em contraponto, o verão dispõe de temperaturas médias em 22°C e máximas de 28°C.

Os dados pluviométricos da Estação do Aeroporto de Guarulhos no período analisado apresentam uma precipitação anual média de 1.210 mm, o que caracteriza o clima subtropical. Quanto à sazonalidade, o período mais chuvoso ocorre entre outubro a março, coincidindo com as maiores temperaturas, com destaque para o mês de janeiro com uma média de 219 mm. A estiagem se dá nas estações de outono e inverno, entre os meses de abril e setembro, com destaque para o mês de agosto, que possui os menores registros de precipitação, com média de 24 mm.

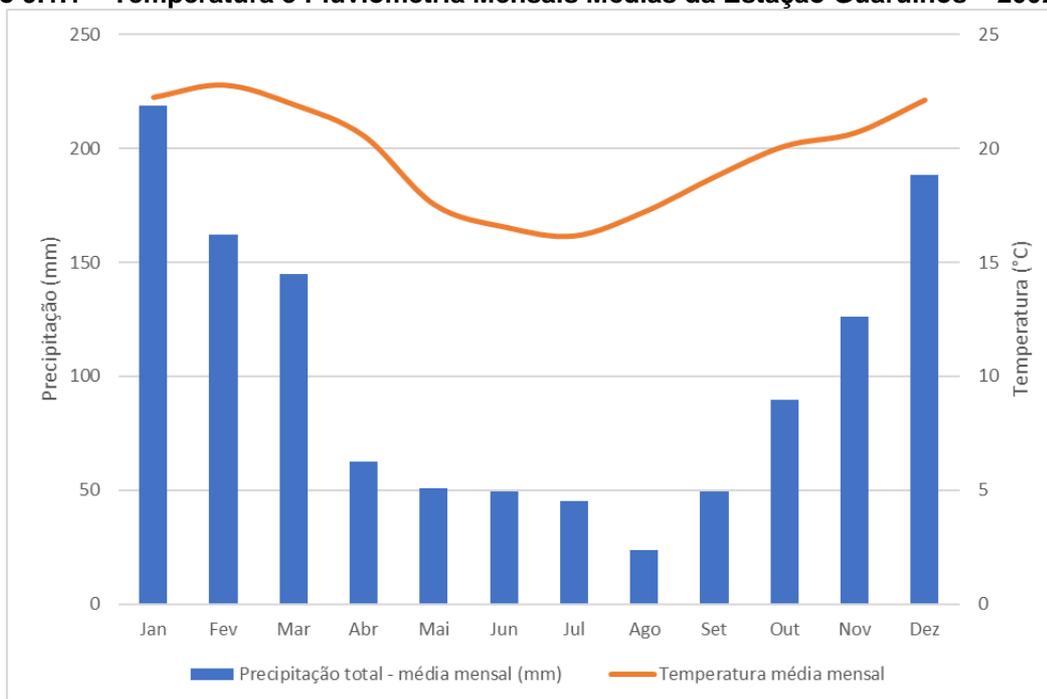
Já nas cinco estações da FCTH, a precipitação anual média foi cerca de 1.334 mm, pouco superior ao registrado na estação do ICEA, mas também condizente com a faixa de chuva característica de clima subtropical. Destaca-se 2018 como o ano mais seco do período de dados analisado (cerca de 1.057mm), enquanto 2019 e 2020 foram os de maiores índices pluviométricos (1.667 e 1.522, respectivamente). O período chuvoso, que ocorre entre os meses de outubro a março, corresponde a mais de 75% do total de precipitação do ano, com destaque para o mês de janeiro (cerca de 260 mm). Já no período seco (abril a setembro), os menores valores ocorrem nos meses de julho a setembro, com índices inferiores a 50 mm.

As características pluviométricas e o comportamento da temperatura média mensal aferidos na da Estação do Aeroporto de Guarulhos (período de 2002 a 2018) são apresentadas no Gráfico 9.1 1, enquanto os valores médios das obtidos nas 5 estações da FCTH são exibidos no Gráfico 9.1 2.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 210 de 1398

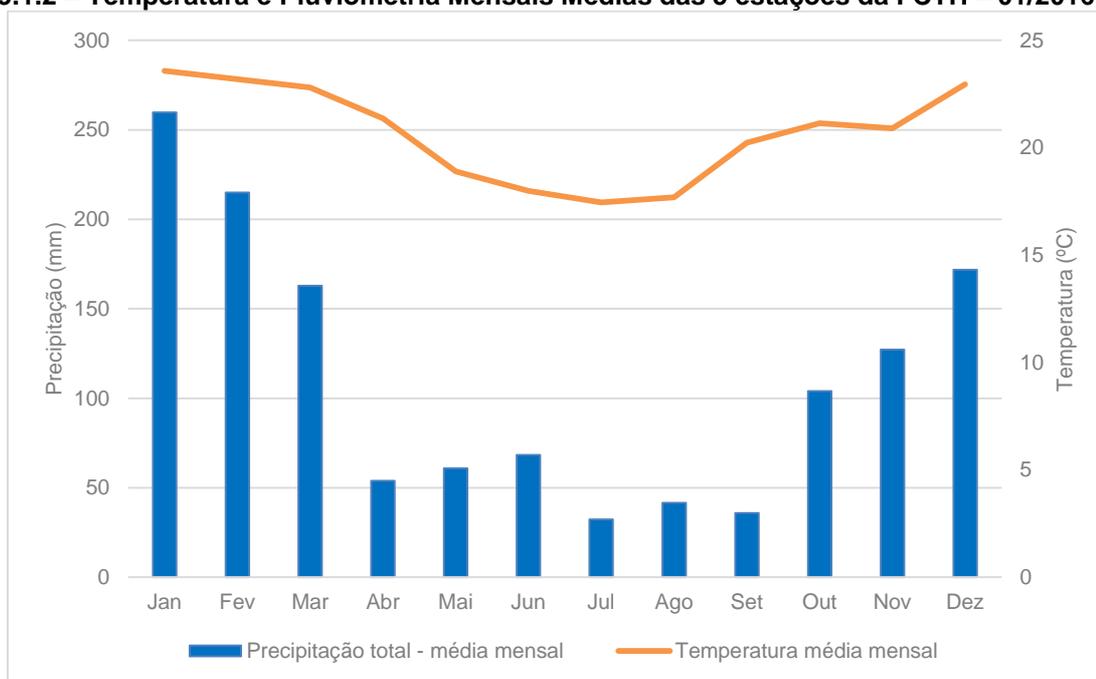
EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro

Gráfico 9.1.1 – Temperatura e Pluviometria Mensais Médias da Estação Guarulhos – 2002 a 2018



Fonte: ICEA, 2019

Gráfico 9.1.2 – Temperatura e Pluviometria Mensais Médias das 5 estações da FCTH – 01/2016 a 08/2021



Fonte: FCTH, 2021

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 211 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

9.1.1.3 Pressão atmosférica

De acordo com a variabilidade climática sazonal de inverno e verão, a pressão atmosférica apresenta oscilações, constituindo importante indicador das épocas mais favoráveis ou não à dispersão de poluentes. Com base nos dados da Estação do Aeroporto de Guarulhos e das 05 estações da rede de monitoramento do FCTH, os maiores valores de pressão atmosférica mensal média foram registrados no mês de julho, em ambas as fontes de dados (ICEA, 2019: 1027 hPa; FCTH, 2021: 937 hPa), que coincide com o período frio do ano e desfavorável à dispersão de poluentes.

Em ambas as fontes de dados, as menores pressões médias ocorrem entre novembro e fevereiro, que coincide com o início da estação chuvosa, época mais quente e mais favorável à dispersão de poluentes. Posto isto, é possível aferir que as diferenças de pressão têm uma origem térmica, visto que estão diretamente relacionadas à radiação solar e aos processos de aquecimento das massas de ar.

O período de maio a setembro é o que apresenta maior pressão atmosféricas e de maior ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis para a dispersão de poluentes, sendo julho o mês mais crítico, dada a maior frequência de sistemas de alta pressão (anticiclones) no inverno do que nos demais meses do ano. Também é nos meses de inverno que se observam com maior frequência nevoeiros e névoa úmida e pressão atmosférica máxima quando a temperatura é mínima, em decorrência do avanço do anticiclone polar continental, estabilizando a atmosfera local.

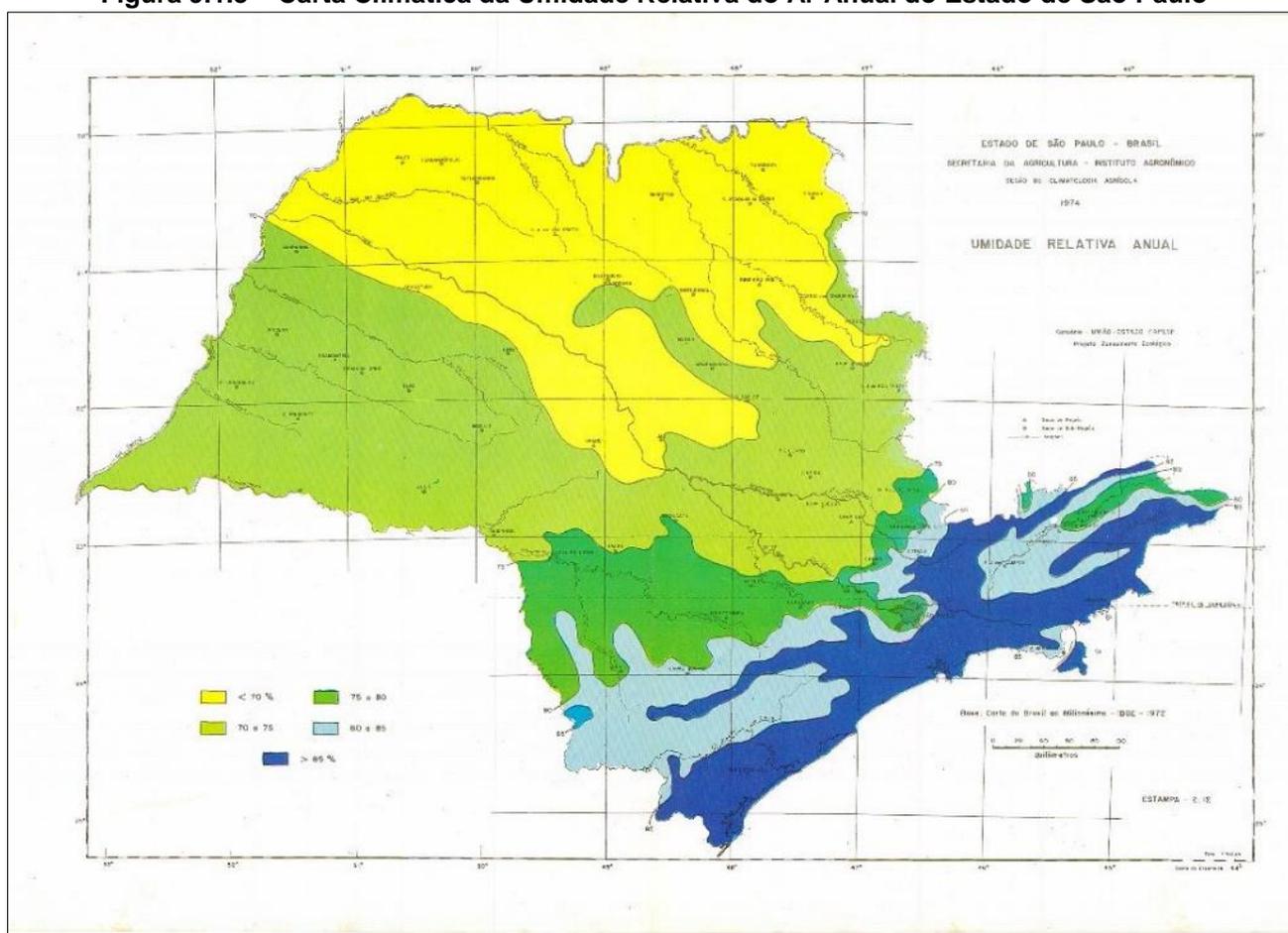
9.1.1.4 Umidade relativa do ar

Segundo a Carta Climática desenvolvida pela Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, a umidade relativa do ar anual na região nordeste da RMSP onde se encontra a AII e AID da Linha 19-Celeste pode ser considerada alta, oscilando no intervalo de 75% a 80%, como se observa na Figura 9.1 3.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 212 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Figura 9.1.3 – Carta Climática da Umidade Relativa do Ar Anual do Estado de São Paulo



Fonte: CIIAGRO, 2019

Para os meses de primavera e verão, de alta pluviosidade, são geralmente observados altos valores de umidade relativa do ar, Tais valores decaem nos meses de inverno, podendo chegar a valores críticos para o bem-estar da população, abaixo dos 20%.

Os dados da Estação do Aeroporto de Guarulhos (ICEA, 2019) mostra que a umidade relativa média mensal do ar mantém tais valores acima dos 75%, com as menores médias nos meses de agosto e setembro e maiores em março e junho. O Gráfico 9.1 3 apresenta as médias mensais para o período de 2002 a 2018.

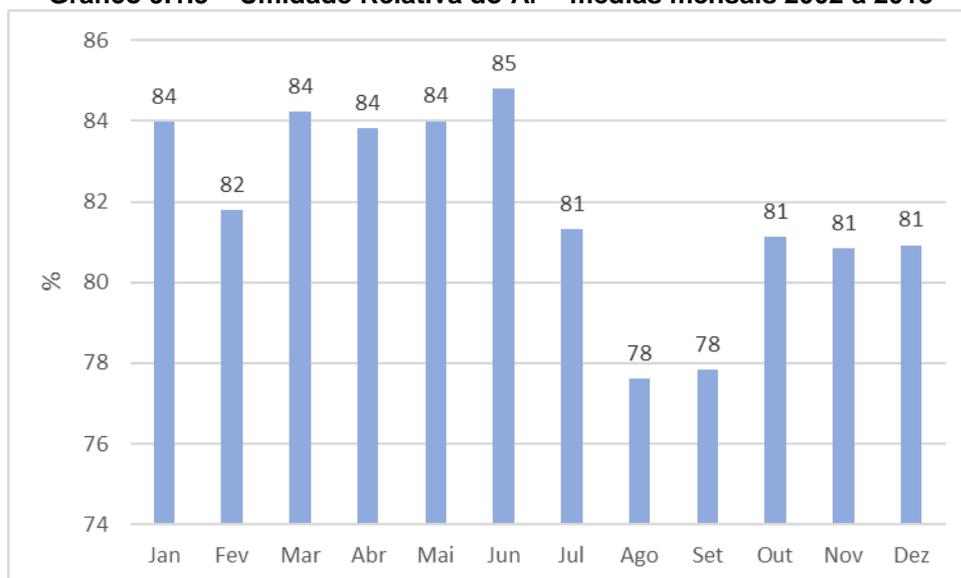
Em relação as estações da rede de monitoramento da FCTH, a umidade relativa do ar apresentou menores valores nos meses de julho e setembro, enquanto o maior ocorreu no mês de março, embora muito próximo a outros 3 meses do período chuvoso, que obtiveram

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 213 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro
--	---

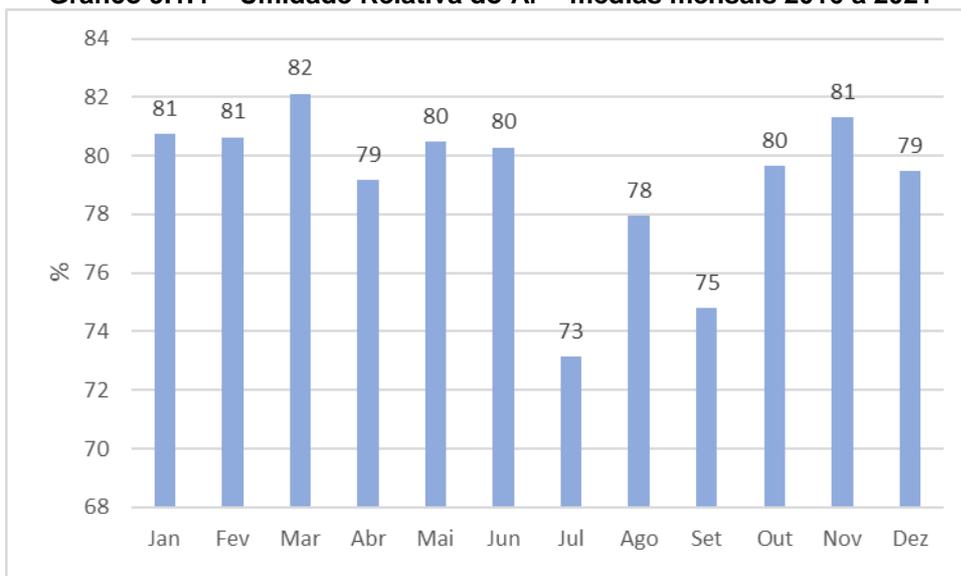
valores de 81% (janeiro, fevereiro e novembro). O Gráfico 9.1 4 apresenta as médias mensais das 5 estações da FCTH, para o período de janeiro de 2016 a agosto de 2021.

Gráfico 9.1.3 – Umidade Relativa do Ar – médias mensais 2002 a 2018



Fonte: ICEA, 2019

Gráfico 9.1.4 – Umidade Relativa do Ar – médias mensais 2016 a 2021



Fonte: FCTH, 2021

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 214 de 1398

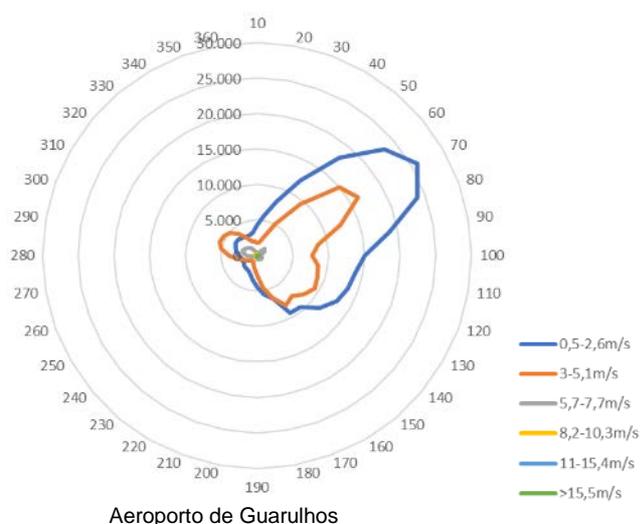
EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

9.1.1.5 Direção e velocidade dos ventos

Os ventos constituem fator importante para dissipar o calor estocado nas áreas edificadas e dispersar boa parte da poluição do ar nos grandes centros. Para caracterizar o comportamento dos ventos na região da Linha 19, foram obtidos dados climatológicos de 2002 a 2018 da estação Aeroporto de Guarulhos, operada pelo Instituto de Controle do Espaço Aéreo, (ICEA, 2019); e dados climatológicos de 2016 a 2021 das estações Sé-CGE (PMSP/SE-01) e Santana/Tucuruvi (PMSP/ST-01) do Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP), operadas pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH, 2021). A localização das estações é apresentada na Figura 9.1 1.

O Gráfico 9.1 5 apresenta a velocidade e direção média dos ventos nas estações. Na estação Aeroporto de Guarulhos predominam ventos de até 5 m/s (18 km/h), sendo predominante o vento de leste-nordeste (ENE). Na estação Santana/Tucuruvi, a velocidade média dos ventos foi 2,22 m/s (8 km/h), com direção predominante o vento de sudeste (SE). Na estação Sé-CGE, a velocidade média dos ventos foi 1,18 m/s (4,2 km/h), com direção predominante o vento de sul-sudeste (SSE).

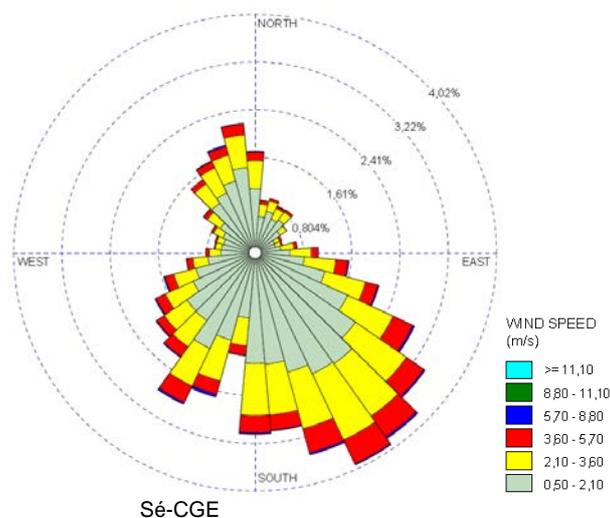
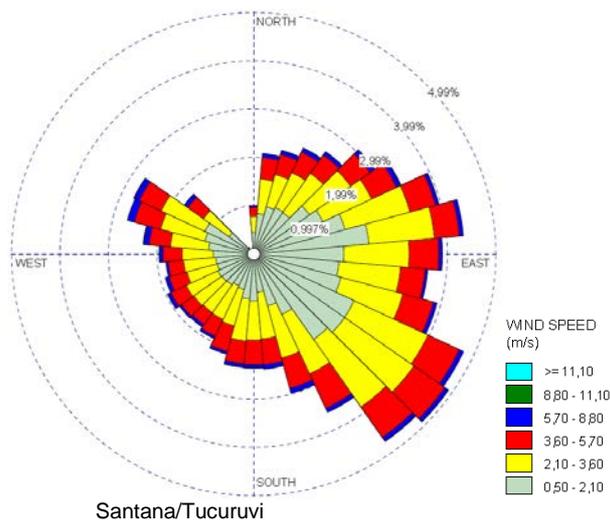
Gráfico 9.1.5 – Direção e Velocidade dos Ventos nas estações Aeroporto de Guarulhos, Sé-CGE e Santana/Tucuruvi



Fonte: ICEA, 2019

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 215 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro



Fonte: FCTH, 2021

9.1.2 Qualidade do ar

Segundo CETESB (2021a), o nível de poluição atmosférica é determinado pela quantificação das substâncias poluentes presentes no ar. Conforme a Resolução CONAMA nº 491 de 19/11/2018, considera-se poluente atmosférico “qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 216 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro
--	---

ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade”.

Assim, a determinação sistemática da qualidade do ar deve ser, por questões de ordem prática, limitada a um restrito número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis. Os poluentes considerados na determinação da qualidade do ar são monóxido de carbono, dióxido de enxofre, material particulado, ozônio e dióxido de nitrogênio (CETESB, 2021a).

O Quadro 9.1 1, a seguir, consolida as principais características daqueles poluentes, bem como suas origens principais e seus efeitos ao meio ambiente.

Quadro 9.1.1 – Características, origens e efeitos dos poluentes

Poluente	Características	Fontes Principais	Efeitos Gerais ao Meio Ambiente
Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5})	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem etc., que podem permanecer no ar e percorrer longas distâncias. Faixa de tamanho ≤ 2,5 micra.	Processos de combustão (industrial, veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera) como sulfato e nitrato, entre outros.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
Partículas Inaláveis (MP ₁₀) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem etc. Faixa de tamanho ≤ 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), poeira ressuspenso, aerossol secundário (formado na atmosfera).	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem etc. Faixa de tamanho ≤ 50 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspenso, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser oxidado a SO ₃ , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H ₂ SO ₄ . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinarias de petróleo, veículos a diesel, produção de polpa de celulose e papel, fertilizantes.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos (os quais contribuem para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas, incinerações.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.	
Ozônio (O ₃)	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente para a atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas; plantas ornamentais.

Fonte: CETESB, 2021a

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	217 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

9.1.2.1 Padrões de qualidade do ar

A Resolução CONAMA nº 491 de 19/11/2018 estabelece os padrões nacionais de qualidade do ar, tendo por base as diretrizes estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS). A nível estadual, o Decreto Estadual nº 59.113 de 23/04/13, estabelece os padrões de qualidade do ar para o Estado de São Paulo. Ambos os instrumentos legais estabelecem os mesmos padrões e episódios críticos, com exceção dos padrões iniciais de curto prazo para o dióxido de enxofre. Neste estudo serão considerados os padrões estabelecidos para o Estado de São Paulo.

O Decreto Estadual estabelece:

- Metas Intermediárias (MI): estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar no Estado de São Paulo;
- Padrões Finais (PF): Padrões determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica;

O Quadro 9.1 2 apresenta os padrões de qualidade do ar estabelecidos para o Estado de São Paulo, sendo que os padrões vigentes estão assinalados em vermelho.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 218 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Quadro 9.1.2 – Padrões Estaduais de Qualidade do Ar

Poluente	Tempo de Amostragem	MI 1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
partículas inaláveis (MP_{10})	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
partículas inaláveis finas ($\text{MP}_{2,5}$)	24 horas	60	50	37	25
	MAA ¹	20	17	15	10
dióxido de enxofre (SO_2)	24 horas	60	40	30	20
	MAA ¹	40	30	20	-
dióxido de nitrogênio (NO_2)	1 hora	260	240	220	200
	MAA ¹	60	50	45	40
ozônio (O_3)	8 horas	140	130	120	100
monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm
fumaça* (FMC)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas	-	-	-	240
	MGA ²	-	-	-	80
chumbo** (Pb)	MAA ¹	-	-	-	0,5

Nota 1:

1 - Média aritmética anual.

2 - Média geométrica anual.

* Fumaça e Partículas Totais em Suspensão - parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da CETESB.

** Chumbo - a ser monitorado apenas em áreas específicas, a critério da CETESB.

Nota 2: Padrões vigentes em vermelho.

Nota 3:

 Padrões Nacionais (BRASIL, 2018a) = Padrões Estaduais (SÃO PAULO, 2013), exceto para o padrão de curto prazo para SO_2

 Padrão nacional de curto prazo para SO_2 , (BRASIL, 2018a): PI1=125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PI2=50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PI3=30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e PF=20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fonte: CETESB, 2021a, adaptado do Decreto Estadual nº 59.113/2013

A legislação estadual (SÃO PAULO, 2013) também estabelece critérios para episódios críticos de poluição do ar, conforme apresentado no Quadro 9.1 3.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 219 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro

Quadro 9.1.3 – Critérios de episódios críticos de poluição do ar

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
partículas inaláveis finas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	125	210	250
partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	800	1.600	2.100
dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	1.130	2.260	3.000
monóxido de carbono (ppm) - 8h	15	30	40
ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 8h	200	400	600

Fonte: CETESB, 2021a, adaptado do Decreto Estadual nº 59.113/2013

Para efeito de avaliação geral da qualidade do ar, a CETESB utiliza o Índice de Qualidade do Ar, que considera faixas de variação para cada poluente em relação aos riscos à saúde, conforme o Quadro 9.1 4. É utilizado o índice mais elevado dos poluentes medidos em cada estação da rede de amostragem da CETESB.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMISSÃO 28/01/2022	FOLHA 220 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Quadro 9.1.4 – Índice de Qualidade do Ar

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m ³) 1h	SO ₂ (µg/m ³) 24h	Fumaça (µg/m ³) 24h	Significado
N1 - BOA	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20	0 - 50	
N2 - MODERADA	41-80	>50 - 100	>25 - 50	>100 - 130	>9 - 11	>200 - 240	>20 - 40	>50 - 100	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas, como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
N3 - RUIM	81-120	>100 - 150	>50 - 75	>130 - 160	>11 - 13	>240 - 320	>40 - 365	>100 - 150	Toda a população pode apresentar sintomas, como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
N4 - MUITO RUIM	121-200	>150 - 250	>75 - 125	>160 - 200	>13-15	>320 - 1130	>365 - 800	>150 - 250	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas, como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 - PÉSSIMA	>200	> 250	>125	> 200	> 15	> 1130	>800	> 250	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: CETESB, 2021a

9.1.2.2 Aspectos metodológicos

Para a caracterização da qualidade do ar na área de influência da Linha 19-Celeste, considerando os parâmetros consagrados universalmente como indicadores mais abrangentes da qualidade do ar, utilizaram-se os dados disponibilizados pelo Sistema de Informações de Qualidade do Ar (QUALAR) da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, assim como

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 221 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

os dados consolidados no Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 2018 (CETESB, 2021a).

Elegeu-se por distância e pela disponibilidade de dados as estações de monitoramento pertencentes à rede automática Parque D. Pedro II e Guarulhos – Paço Municipal, ambas localizadas dentro da AID para o meio físico. A Figura 9.1 1, apresentada acima, ilustra sua localização.

9.1.2.3 Fontes de poluição do ar na RMSP

A deterioração da qualidade do ar na RMSP é decorrente das emissões atmosféricas provenientes dos veículos e das indústrias.

O Relatório de Qualidade do Ar (CETESB, 2021a) expõe que as fontes móveis e fixas foram responsáveis pela emissão para a atmosfera de aproximadamente 117 mil t/ano de monóxido de carbono, 34 mil t/ano de hidrocarbonetos, 74 mil t/ano de óxidos de nitrogênio, 4,8 mil t/ano de material particulado e 6,3 mil t/ano de óxidos de enxofre. Desses totais, os veículos são responsáveis por 96% das emissões de CO, 73% de HC, 65% de NOx, 11% de SOx e 40% de MP.

O documento sublinha que os veículos leves são as principais fontes de emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos, principalmente os movidos à gasolina, que apesar de serem frotas menores, possuem maior idade média dos veículos. As emissões de NOx, que estão mais relacionadas aos veículos pesados, representam 48% do total das emissões na cidade.

De acordo com o Relatório de Qualidade do Ar (CETESB, 2021a), na interpretação e análise dos dados de 2020 é importante considerar que este foi um ano atípico, por causa da pandemia de COVID-19. Em 23/03/2020 o Governo do Estado de São Paulo decretou medida de quarentena no estado, que variaram durante todo o ano nas diversas regiões do estado. Essas medidas resultaram, principalmente nos primeiros meses da quarentena, na redução de algumas atividades e na diminuição de circulação dos veículos automotores, principal tipo de fonte responsável pela deterioração da qualidade do ar nas regiões mais urbanizadas do estado.

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	222 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

9.1.2.4 Qualidade do ar na AID

As informações apresentadas a seguir (Quadro 9.1 5) consolidam os dados de monitoramento de qualidade do ar para os anos de 2017 a 2020 nas estações de monitoramento Parque Dom Pedro II e Guarulhos – Paço Municipal, por poluente. Os parâmetros fumaça e partículas totais em suspensão não são monitorados por estas estações localizadas na AID do empreendimento.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 223 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Quadro 9.1.5 – Dados Monitoramento Qualidade do Ar na AID

POLUENTE	ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO	2017								2018									
		N	Média Aritm. (µg/m³)	PQAr MAA (µg/m³)	Máximas Observadas				Nº de Ultrapassagens		N	Média Aritm. (µg/m³)	PQAr MAA (µg/m³)	Máximas Observadas				Nº de Ultrapassagens	
					1ª	2ª	3ª	4ª	PQAr	AT				1ª	2ª	3ª	4ª	PQAr	AT
Partículas Inaláveis (MP ₁₀)	Parque D. Pedro II	325	27	40	92	72	68	67	0	0	348	28	40	93	85	82	77	0	0
	Guarulhos-Paço Municipal	333	32	40	113	89	86	83	0	0	359	28	40	100	98	96	85	0	0
Partículas Inaláveis (MP _{2,5})	Parque D. Pedro II	325	17	20	59	55	45	44	0	0	346	28	20	62	56	53	52	1	0
	Guarulhos-Paço Municipal	309	19	20	48	47	46	45	0	0	345	17	20	55	51	50	49	0	0
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Parque D. Pedro II	314	2	40	8	7	7	6	0	0	258	2	40	6	5	5	5	0	0
	Guarulhos-Paço Municipal																		
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Parque D. Pedro II	319	40	60	205	194	166	165	0	0	340	38	60	172	158	153	152	0	0
	Guarulhos-Paço Municipal	351	27	60	150	138	130	126	0	0	316	28	60	175	164	154	138	0	0
Ozônio (O ₃)	Parque D. Pedro II	322	-	-	175	152	148	148	7	0	348	-	-	164	122	122	121	1	0
	Guarulhos-Paço Municipal	358	-	-	166	156	147	140	3	0	364	-	-	144	137	134	132	1	0
Monóxido de Carbono (CO)	Parque D. Pedro II	315	-	-	3,6	3,5	3	2,9	0	0	344	-	-	3,8	3,4	2,8	2,6	0	0
	Guarulhos-Paço Municipal																		

POLUENTE	ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO	2019								2020									
		N	Média Aritm. (µg/m³)	PQAr MAA (µg/m³)	Máximas Observadas				Nº de Ultrapassagens		N	Média Aritm. (µg/m³)	PQAr MAA (µg/m³)	Máximas Observadas				Nº de Ultrapassagens	
					1ª	2ª	3ª	4ª	PQAr	AT				1ª	2ª	3ª	4ª	PQAr	AT
Partículas Inaláveis (MP ₁₀)	Parque D. Pedro II	300	30	40	94	90	85	84	0	0	347	27	40	93	82	82	74	0	0
	Guarulhos-Paço Municipal	357	26	40	83	81	79	76	0	0	364	26	40	96	85	85	81	0	0
Partículas Inaláveis (MP _{2,5})	Parque D. Pedro II	314	17	40	49	49	46	46	0	0	322	17	40	55	46	45	42	0	0
	Guarulhos-Paço Municipal	345	15	40	48	47	43	37	0	0	323	14	40	39	38	38	37	0	0
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Parque D. Pedro II																		
	Guarulhos-Paço Municipal																		
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Parque D. Pedro II	337	37	60	172	169	153	152	0	0	332	32	60	202	191	182	180	0	0
	Guarulhos-Paço Municipal																		
Ozônio (O ₃)	Parque D. Pedro II	352	-	-	177	154	153	153	9	0	357	-	-	161	147	147	143	4	0
	Guarulhos-Paço Municipal	352	-	-	190	178	150	150	7	0	359	-	-	159	154	154	148	13	0
Monóxido de Carbono (CO)	Parque D. Pedro II	345	-	-	2,9	2,8	2,4	2,3	0	0	355	-	-	3,1	3,1	2,8	2,3	0	0
	Guarulhos-Paço Municipal																		

N - Número de dias válidos

PQAr MMA - Padrão de Qualidade do Ar - Média Aritmética Anual

PQAr MMA - Padrão de Qualidade do Ar - 1, 8 ou 24 horas

AT-Atenção

Nas Máximas Observadas, é considerando tempo de 24h para MP₁₀, MP_{2,5} e SO₂; 8h para O₃ e CO; e 1h para NO₂

* Monitoramento encerrado em 21/09/2018

Fonte: Adaptado de CETESB, 2021a

Observa-se que de 2017 a 2020 houve ultrapassagem do padrão de qualidade do ar de curto prazo (até 24h) apenas para os poluentes “partículas inaláveis finas” e “ozônio”, sendo que para o MP_{2,5} a ultrapassagem ocorreu apenas uma na estação Parque D. Pedro II, em 2018. No caso do ozônio verifica-se que o maior número de ultrapassagens do padrão na Estação

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 224 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Parque D. Pedro II ocorreu em 2019, enquanto na Estação Guarulhos-Paço Municipal foi em 2020.

As altas concentrações dos poluentes MP_{2,5} e ozônio estão relacionadas principalmente às emissões veiculares, uma das principais fontes de poluição do ar na RMSP (CETESB, 2021a).

Em relação aos padrões de longo prazo, que considera as concentrações médias anuais, não foi observada nenhuma ultrapassada para nenhum poluente analisados nas duas estações de monitoramento. Também não foi verificada nenhuma ultrapassagem dos limites de atenção para episódios críticos de poluição do ar.

Para os poluentes fumaça e partículas totais em suspensão considerando todas as estações de monitoramento instaladas na RMSP, não houve ultrapassagem do padrão de curto prazo em nenhuma das estações. Observa-se, portanto, que nas estações de monitoramento localizadas na AID da Linha 19-Celeste em momentos pontuais foram ultrapassados os padrões de qualidade do ar de curto ou longo prazo.

Dadas as máximas observadas, conclui-se que em alguns momentos o índice de qualidade do ar apresentou resultado RUIM, e pontualmente para o ozônio, resultado MUITO RUIM. Porém, há preponderância de resultados para o índice BOA e MODERADA. Geologia

9.1.3 Geologia

9.1.3.1 Aspectos metodológicos

Para este diagnóstico, foram utilizados dados secundários do Mapa Geológico da Região Metropolitana de São Paulo, em escala 1:250.000, disponível no estudo de Rodriguez (1998).

O Mapa 9.1 1 – Mapa Geológico Regional é apresentado ao final deste capítulo, destacando a configuração do substrato litológico nas áreas de influência da Linha 19-Celeste.

9.1.3.2 Geologia na All

A All do empreendimento está situada em um terreno com grande variedade litológica, representado por três grandes compartimentos, em ordem estratigráfica: o embasamento cristalino pré-cambriano, os sedimentos paleógenos a neógenos da Bacia de São Paulo e as coberturas quaternárias.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 225 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

As rochas do Embasamento Cristalino estão relacionadas à evolução pré-cambriana na Plataforma Sul-Americana (Ciclo Brasileiro, entre 600 e 400 Ma), que consistiu em uma intensa atividade geológica. Esta atividade caracterizou-se por intrusões e vulcanismos que geraram a cristalização de rochas ígneas diversas (especialmente granitoides) (HASUI, 2010). No final do Ciclo Brasileiro, estas rochas foram metamorfizadas em alta profundidade e pressão, gerando gnaisses, xistos e migmatitos, entre outras rochas.

Ainda no final do Ciclo Brasileiro, houve o desenvolvimento de diversos sistemas estruturais de origem tectônica, resultantes da mudança do regime de esforços e do arrefecimento do calor nas rochas. Estes sistemas se manifestaram por falhas de cavalgamento, transcorrências, lineações de estiramento e suturas (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998). As transcorrências se traduziram em falhas de movimento dextral e orientação NE-SW, que organizaram as rochas (inclusive os batólitos graníticos) em corpos alongados.

Refletindo este contexto, na AII, as rochas pré-cambrianas são representadas por granitos, granodioritos, monzogranitos e corpos indiferenciados, que ocorrem predominantemente no setor norte. Estes tipos de rochas abrangem cerca de 12,2% da AII.

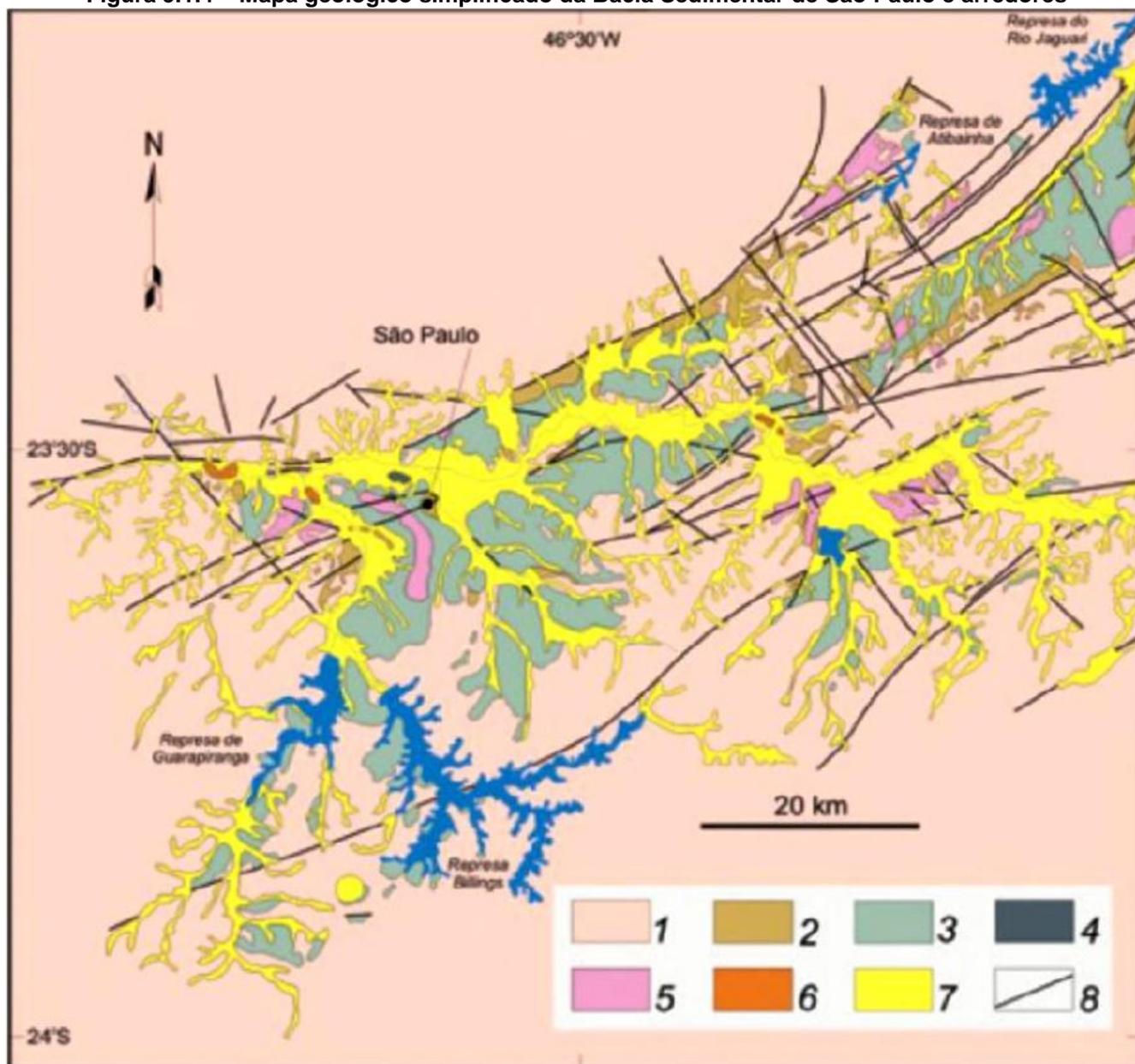
Durante o cenozóico, após uma longa fase de estabilidade tectônica, movimentos transpressionais vinculados à evolução da margem continental atlântica levaram ao desenvolvimento de falhas normais no Paleógeno (65 a 24 Ma) e transcorrentes no Neógeno (24 a 1,8 Ma), resultantes da reativação das antigas falhas pré-cambrianas em direção NE-SW. Essa dinâmica levou à formação de depressões alongadas no entremeio destas zonas de falha, sendo o conjunto de depressões conhecido como Rift Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989). Neste se alojaram sistemas fluviais e lacustres, e conseqüentemente, bacias sedimentares, como a Bacia Sedimentar de São Paulo, que abrange uma parcela importante dos terrenos da Região Metropolitana de São Paulo. Como produto da deposição sedimentar e diagênese, estes pacotes se diferenciam em formações distintas e compostas por litologias diversas e consolidadas, como arenitos, argilitos, lamitos e conglomerados.

A Figura 9.1 4 ilustra a conformação dos pacotes sedimentares terciários em relação ao Embasamento Cristalino e a densa trama de falhamentos que condiciona as depressões onde as rochas sedimentares estão instaladas.

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	226 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Figura 9.1.4 – Mapa geológico simplificado da Bacia Sedimentar de São Paulo e arredores



Legenda: 1) embasamento cristalino; 2) Formação Resende (sistema de leques aluviais proximais); 3) Formação Resende (sistema de leques aluviais medianos a distais associados a planície aluvial de rios entrelaçados); 4) Formação Tremembé; 5) Formação São Paulo; 6) Formação Itaquaquecetuba; 7) sedimentos quaternários; 8) falhas 226enzoicas, em parte reativadas do embasamento pré-cambriano.

Fonte: Riccomini et al., 2004.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 227 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

As unidades sedimentares que compõem a Bacia de São Paulo são bastante significativas na All, abrangendo cerca de 37% da sua área total. Neste compartimento também se alojam sedimentos quaternários relativos à dinâmica recente dos cursos d'água atuais, com destaque para aqueles abrangidos pela bacia hidrográfica do rio Tietê, porém, por conta da escala da All são pouco representativos.

9.1.3.3 Geologia na AID

Na AID, o Embasamento Cristalino, as Rochas Sedimentares da Bacia de São Paulo e as Coberturas Quaternárias se distribuem em compartimentos distintos, de acordo com suas características litológicas específicas, como ambiente de deposição, granulometria, espessura, entre outros atributos. O Quadro 9.1 6 ilustra as características e a representatividade das unidades litoestratigráficas aflorantes na AID.

Quadro 9.1.6 – Unidades Litoestratigráficas aflorantes da AID

Unidade	Compartimento	Simbologia	Ambiente de formação e Litologias	Ocorrência
Coberturas Quaternárias	Depósitos aluviais	Qa	Aluviões em geral, incluindo areias inconsolidadas de granulometria variável, argilas e cascalheiras fluviais subordinadamente, em depósitos de calha e/ou terraços.	All e AID
Rochas sedimentares da Bacia de São Paulo (Cenozoico)	Formação Itaquaquetuba	Tit	Sistema fluvial entrelaçado. Conglomerados e areias predominantes. Lamitos e argilitos subordinados. Ocorrências recobertas pelos sedimentos aluviais quaternários.	All e AID
	Formação São Paulo	TSP	Sistema fluvial meandrante. Arenitos grossos, conglomeráticos, siltitos e argilitos laminados. Sobrepõe-se transicionalmente ao sistema de leques aluviais da Formação Resende.	
	Formação Tremembé	TTr	Sistema lacustre. Sedimentos argilosos e siltosos. Ocorrências nas Bacias de São Paulo recobertas pelos sedimentos aluviais quaternários	
	Formação Resende	TRp	Sistema de leques proximais. Predominância de lamitos seixosos.	
TRd		Sistema de leques associados à planície aluvial de rios entrelaçados. Lamitos, arenitos e conglomerados.		
Embasamento Cristalino (Pré-Cambriano)	Suítes Graníticas Indiferenciadas	PCsg	Granitos, granodioritos, monzogranitos, granitoides indiferenciados, equigranulares ou porfiroides, em parte gnáissicos. Sintectônicos e postectônicos.	All e AID

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 228 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro

Unidade	Compartimento	Simbologia	Ambiente de formação e Litologias	Ocorrência
	Grupo São Roque e Grupo Serra do Itaberaba	PCSlq	Unidade clastoquímica	Somente na All
		PCSlv	Unidade vulcanossedimentar	Somente na All

Fonte: Rodriguez, 1998

A Formação Resende ocorre em colinas disseminadas ao longo da AID. São representados por depósitos assentados em antigas planícies de rios entrelaçados e seus leques proximais durante o paleógeno. As rochas mais típicas compreendem lamitos seixosos, arenitos e conglomerados.

As Suítes Graníticas Indiferenciadas são formadas por agrupamentos de rochas granitoides, como granitos, granodioritos, monzogranitos, entre outras, caracterizados por meio de batólitos e stocks. Devido à resistência que estas rochas têm frente ao intemperismo, seus atributos são responsáveis por sustentar relevos de topografia elevada. Sua cobertura de maior relevância estende-se por um pequeno trecho no centro da AID.

Por fim, o Grupo São Roque/Serra do Itaberaba tem representatividade apenas no norte da All, não tendo interface com a AID do empreendimento. Esta unidade é constituída por rochas metassedimentares e metavulcânicas do ciclo Brasileiro, com maior expressão de filitos, metarenitos e quartzitos e, secundariamente, anfibolitos, metacalcários, dolomitos, xistos porfiroblásticos e rochas calciossilicatadas (RODRIGUEZ, 1998).

9.1.3.4 Geologia na ADA

Na alternativa selecionada da Linha 19-Celeste ocorre, a partir da superfície do terreno, uma camada de aterro, seguida por sedimentos aluvionares sobrepostos às rochas sedimentares paleógenas e neógenas da Bacia Sedimentar de São Paulo ou rochas do embasamento cristalino e seus produtos de alteração intempérica (solos residuais).

A camada de aterro está disposta superficialmente de forma descontínua ao longo do trecho, com espessura estimada inferior a 10 metros, constituída por materiais diversos de natureza tecnogênica. Em geral, esta camada é composta predominantemente por argila siltosa a arenosa podendo conter camadas arenosas, com entulho, detritos vegetais ou fragmentos de

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 229 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

rocha. Quando realizado ensaios *Standart Penetration Test* (SPT)⁵, o teste de penetração nesta camada, espera-se valores baixos (inferior a 10), no entanto pode apresentar até o impenetrável nos trechos com entulhos ou fragmentos de rocha.

Os sedimentos aluvionares ocorrem em lentes descontínuas ao longo do eixo da linha, correspondente aos cruzamentos com as linhas de drenagens atuais (baixos topográficos onde se desenvolvem os rios e córregos). A espessura média estimada é inferior a 10 metros sendo constituída por camadas argilosas em geral ricas em matéria orgânica ou arenosas que podem também apresentar matéria orgânica ou cascalho. Nesta camada, quando realizados ensaios SPT, espera-se valores muito baixos (inferior a 5) podendo atingir valores em torno de 10 nas camadas arenosas com cascalho.

As regiões de ocorrência de aluviões apresentam em geral baixa cobertura dos túneis e por se tratar de solos com características geotécnicas desfavoráveis são pontos de atenção para o projeto e execução dos túneis, devendo ocorrer monitoramento das deformações e eventuais tratamentos adicionais do maciço.

As rochas sedimentares paleógenas e neógenas da Bacia Sedimentar de São Paulo correspondem, majoritariamente, às Formações São Paulo e Resende. A Formação São Paulo ocorre predominantemente acima da cota 750 m, sendo representada pelas fácies arenosa (originada a partir de canais de rios meandantes ou rompimento de diques marginais) e argilosa (associada a planícies de inundação ou meandros abandonados).

Na fácies argilosa pode ocorrer uma camada superficial, geralmente inferior a 10 metros de espessura, resultante da alteração dos sedimentos, que corresponde às “argilas porosas” e “argilas vermelhas rijas”. As argilas variegadas constituem a subunidade predominante da Formação São Paulo. Esta unidade pode apresentar espessura contínua superior a 20 metros, com valores variáveis de NSPT⁶, Índice de Resistência à Penetração do Solo, predominantemente menores próximos ao topo e maiores nas demais regiões.

As unidades arenosas tendem a ocorrer na forma de lentes alongadas e canais com distribuição aleatória, com espessura máxima contínua podendo superar 15 metros de

⁵ Processo sondagem com o propósito de obter índices de resistência na penetração do solo, utilizado como subsídios para definir o tipo e o dimensionamento das fundações que servirão de base para uma edificação

⁶ Índice de resistência à penetração, obtido por meio do SPT, e fornece uma indicação qualitativa das propriedades mecânicas e estratigráfica do solo.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 230 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

espessura. Apresentam valores mais baixos de NSPT nas lentes mais próximas ao topo desta Formação, porém as camadas ricas em pedregulhos tendem a aumentar o valor do NSPT.

Os sedimentos da Formação Resende estão representados pelas fácies arenosa, originada a partir de canais de rios entrelaçados, e argilosa, relacionada a leques aluviais.

A fácies argilosa é a subunidade predominante na Formação Resende. Ocorre na forma de camadas alongadas, com raras lentes menores envolvidas pela fácies arenosa. A espessura máxima contínua pode superar a espessura de 30 metros e apresenta valores predominantemente altos de NSPT, podendo apresentar valores menores próximo ao topo e até mesmo o impenetrável em alguns locais com maior cimentação.

A fácies arenosa se apresenta sob a forma de lentes ou canais com espessura podendo superar 15 metros e valores de NSPT elevados quando comparado às areias da Formação São Paulo, com tendência de elevação com a profundidade.

O embasamento neste trecho corresponde a migmatitos, gnaisses, gnaisses-granitos e micaxistos relacionados predominantemente ao Complexo Embu ou localmente sob a forma de suítes graníticas indiferenciadas. Os solos residuais, produto de sua alteração intempérica, podem atingir espessuras de até 40m, sendo mais frequentes espessuras em torno de 20 metros. Em geral é composto por silte arenoso a pouco argiloso com valores de SPT menores próximos ao topo e maiores em função da profundidade.

O maciço rochoso em geral é de menor qualidade quando comparado aos granitos da zona norte, sendo que para os gnaisses e migmatitos e gnaisses-granitos se esperam valores de resistência a compressão uniaxial (RCU) de até 150 MPa e para os micaxistos de até 100 MPa, quando em condições geomecânicas de rocha sã. Próximo ao topo rochoso ou nas imediações de falhas geológicas ou alinhamentos estruturais, a rocha tende a se apresentar mais fraturada e alterada e, conseqüentemente, menos resistente que nos demais trechos.

São previstas ocorrências de falhas normais e falhas transcorrentes, delimitando os contatos entre os gnaisses e os sedimentos paleógenos-neógenos (falhas normais) ou dentro da litologia dos gnaisses (falhas transcorrentes).

Este estudo se baseou principalmente nas informações geológicas presentes na literatura, como o Mapa Geológico da RMSP (Coutinho, 1980), o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (CPRM, 2006) e o livro Solos das Regiões Metropolitanas de São Paulo e Curitiba

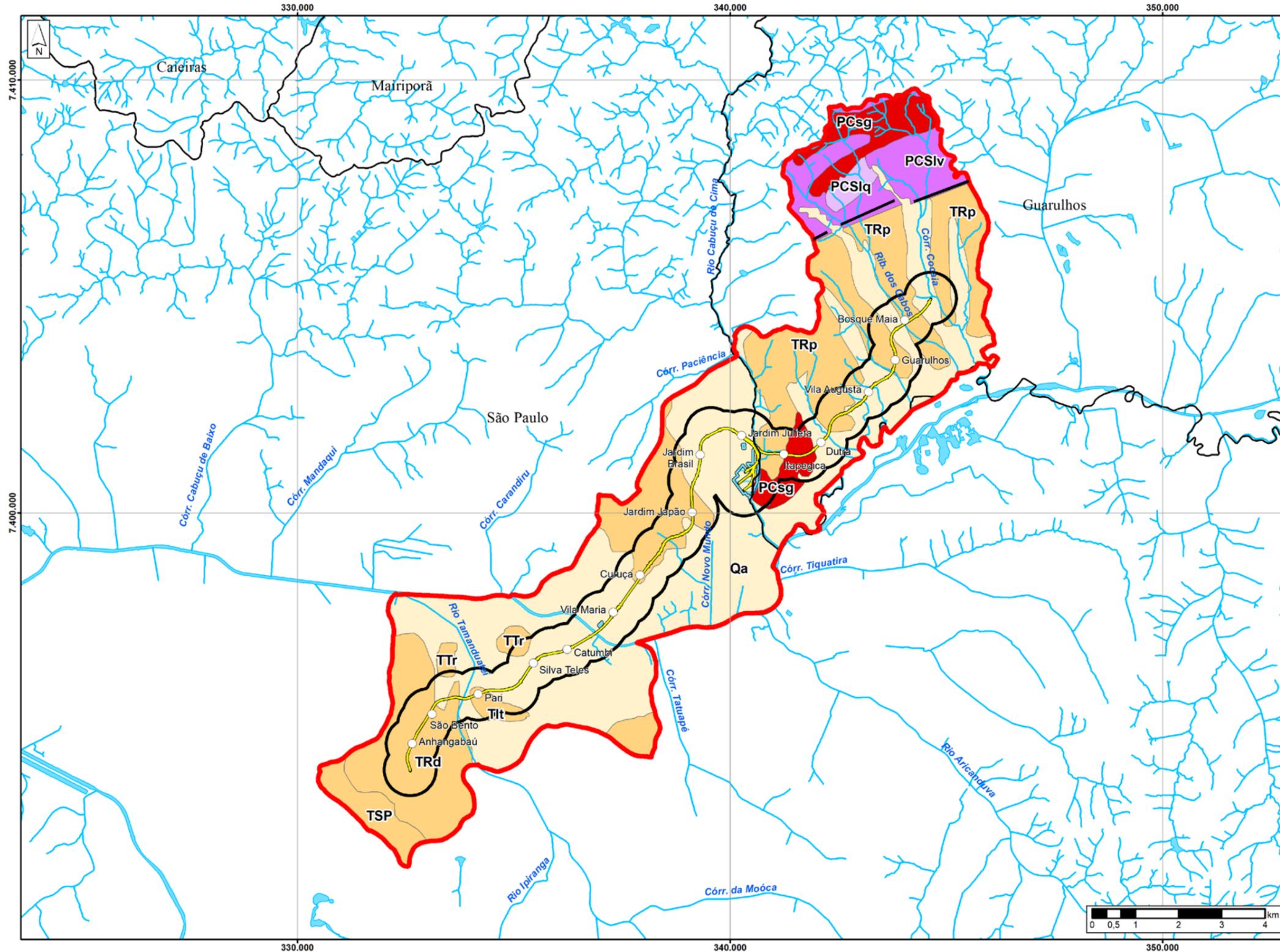
CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 231 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro
--	---

(ABMS, 2012), além de consulta ao banco de dados dos poços profundos de água subterrânea da região (CPRM, 2019), que fornece dados sobre litologia, profundidades e produtividades dos poços, além da experiência da equipe técnica em obras subterrâneas em São Paulo. Também foram utilizados dados de sondagens e ensaios de projetos anteriores do Metrô, como nos estudos da Linha 1-Azul, Linha 2-Verde, Linha 3-Vermelha e Linha 4-Amarela.

Cabe ressaltar que não há dados de sondagens diretas e geofísica para a Linha 19-Celeste, desta forma estes deverão integrar as próximas fases de projeto, para confirmar e aprofundar este estudo, detalhando os locais com características geológicas desfavoráveis.

Mapa 9.1.1 – Mapa Geológico Regional



Unidades Geológicas

Sedimentos Cenozóicos

- Ga Depósitos aluviais
- Tit Formação Itaquaquecetuba - Sistema fluvial entrelaçado. Conglomerados e areias predominantes. Lamitos e argilitos subordinados. Ocorrências recobertas pelos sedimentos aluviais quaternários.
- TRd Formação São Paulo - Sistema fluvial meandrante. Predominância de depósitos arenosos, subordinadamente argilas e conglomerados.
- TRp Formação Tremembé - Sistema lacustre. Sedimentos argilosos e siltosos. Ocorrências nas Bacia de São Paulo recobertas pelos sedimentos aluviais quaternários
- TSP Formação Resende - Sistema de leques associados à planície aluvial de rios entrelaçados. Lamitos, arenitos e conglomerados.
- TTr Formação Resende - Sistema de leques proximais. Predominância de lamitos seixosos.

Suites Graníticas Indiferenciadas

- PCsg Granitos, granodioritos, monzogranitos, granitóides indiferenciados, equigranulares ou porfiróides, em parte gnaissicos. Sintectônicos e póstectônicos.

Grupos São Roque e Serra de Itaberaba

- PCSlq Unidade Clastoquímica
- PCSlv Unidade Vulcanossedimentar

- Lineamentos Estruturais (Possíveis Falhas)

- Traçado Linha 19 - Celeste

- Área de Apoio (Pátio e Subestação)

- AID - Área de Influência Direta para os Meios Físico e Biótico

- AII - Área de Influência Indireta para os Meios Físico e Biótico

- Hidrografia

- Massa d'Água

Fonte:
- Metrô, 10/2021;
- Imagens Google Earth de 06/2021, download em 09/2021;
- EMPLASA, 2006;
- CEM, 2019;
- RODRIGUEZ, S. K. Mapa Geológico da Região Metropolitana de São Paulo, 1998.



Escala 1:100.000
Projeção UTM - SIRGAS 2000 - Fuso 23S

Mapa

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

Número	Articulação
9.1-1	01/01

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 233 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

9.1.4 Geomorfologia

9.1.4.1 Aspectos metodológicos

Este diagnóstico foi elaborado a partir de dados secundários de alcance regional, disponíveis no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, em escala 1:500.000 (ROSS e MOROZ, 1997). Essa abordagem considera a compreensão do relevo dentro da perspectiva taxonômica, ou seja, considera a gênese estrutural (influência litológica e geotectônica) e escultural (influência climática) do relevo.

O Mapa 9.1 2 – Mapa Geomorfológico Regional, apresentado no final deste capítulo, identifica a distribuição dos compartimentos geomorfológicos na área de interesse.

9.1.4.2 Geomorfologia na AII e na AID

A AII definida para o empreendimento ocupa cerca de 81.407,30 km², o que implica na abrangência de diversos compartimentos geomorfológicos e uma variedade de relevos correspondentes.

O Quadro 9.1 7 sumariza os compartimentos geomorfológicos contidos na AII e AID.

Quadro 9.1.7 – Compartimentos geomorfológicos na AII e AID

Unidades Morfoestruturais (1º táxon)	Unidades Morfoesculturais (2º táxon)		Formas de relevo (3º táxon)	AII	AID
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	Planalto e Serra da Mantiqueira	Escarpas e Morros Altos	Presente	Ausente
		Planalto Paulistano/ Alto Tietê	Morros Altos e Médios	Presente	Presente
Bacias Sedimentares Cenozoicas	Planalto de São Paulo	Planalto de São Paulo	Colinas e Patamares Aplanados	Presente	Presente
	Planícies Fluviais	Pequenas Planícies Fluviais	Planícies e Terraços Fluviais	Presente	Presente

Fonte: Adaptado de Ross e Moroz, 1997

a) Compartimentos geomorfológicos (1º e 2º táxons):

A evolução geomorfológica da área onde está definida a AII do empreendimento resultou em duas unidades morfoestruturais. O Cinturão Orogênico do Atlântico é sustentado por rochas do Embasamento Cristalino, que foram alvo de metamorfismos regionais, falhamentos e

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 234 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro
---	---

intrusões, os quais foram modelados por sucessivos ciclos de erosão já no pré-cambriano. A reativação de falhamentos pré-cambrianos a partir do paleógeno gerou novos modelados de relevo, como escarpas acentuadas, compondo inclusive o já citado Rift Continental do Sudeste do Brasil (ROSS, 1990).

Complementando este cenário, as Bacias Sedimentares Cenozoicas correspondem às feições desenvolvidas pela ação constante dos sistemas fluviais, desde o paleógeno até o holoceno. O 2º táxon derivado dessa unidade morfoestrutural, ou seja, as Planícies Fluviais, agrega terrenos onde predominam os processos agradacionais, essencialmente planos e com deposição de origem fluvial.

O Planalto de São Paulo está relacionado ao relevo de colinas e patamares aplanados formado na Bacia Sedimentar de São Paulo. As altitudes médias são de 700 a 800 metros e as declividades são moderadas, entre 20 e 30%. Este compartimento é o mais representativo nas AII e AID.

Já a bordo do Cinturão Orogênico do Atlântico, a unidade morfoescultural do Planalto Atlântico agrega dois compartimentos: o Planalto e Serra da Mantiqueira e o Planalto Paulistano/Alto Tietê.

O compartimento Planalto e Serra da Mantiqueira se caracteriza por relevos montanhosos a escarpados, com altimetria que varia entre 700 a 1000 metros na Região Metropolitana de São Paulo. As declividades são altas, podendo ultrapassar os 30%. Na região de interesse, se manifesta apenas na AII. A AID não engloba este compartimento, que tem relação com a área do Parque Estadual da Cantareira.

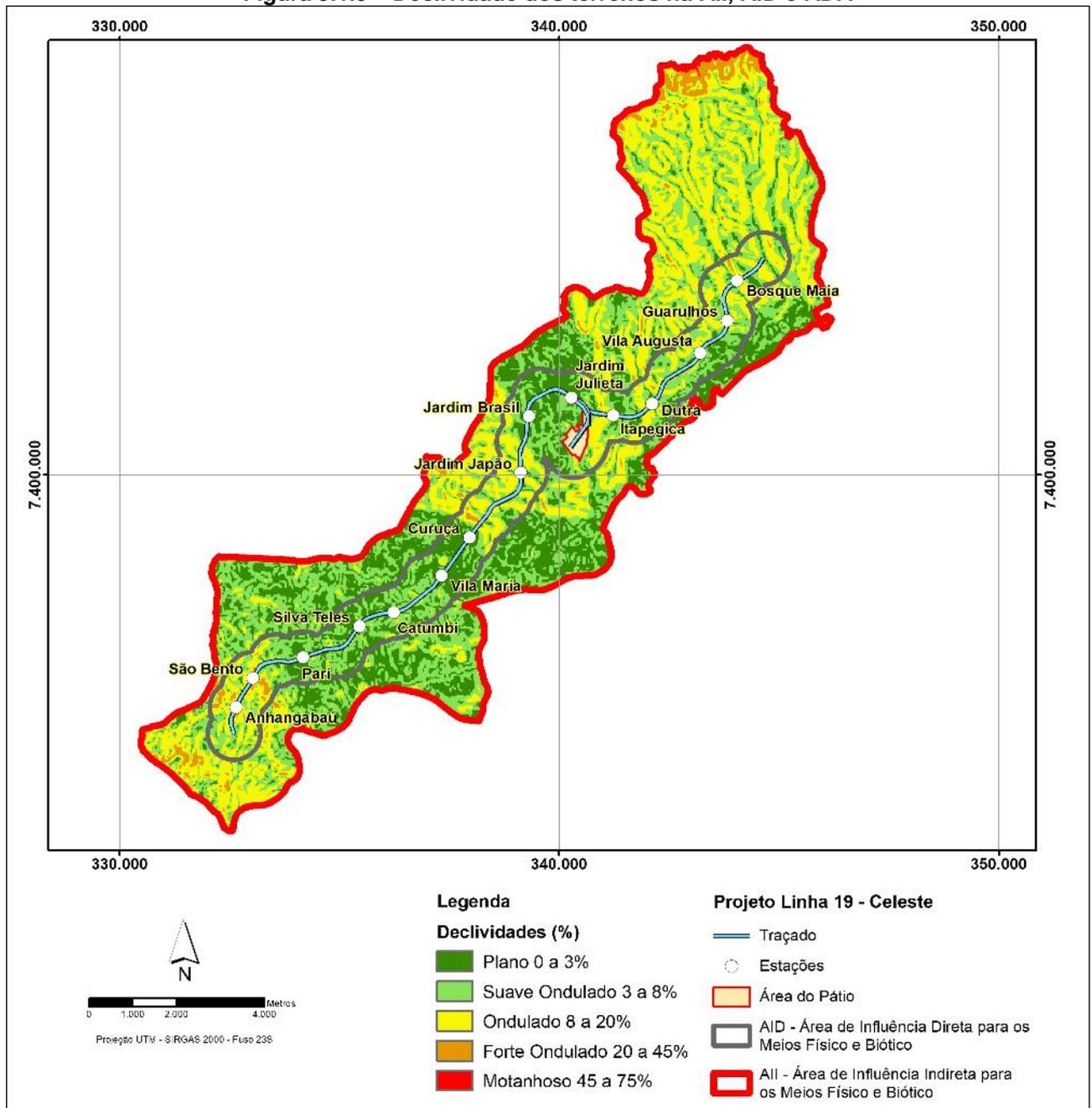
O Planalto Paulistano/Alto Tietê corresponde a uma área de relevo dissecado, onde são característicos os morros e espigões com altitudes entre 715 e 900 metros e declividades entre 10% e 20%. Também tem pouca expressividade na região de estudo.

Com o objetivo de compreender a relação destes compartimentos geomorfológicos com as inclinações do terreno, a Figura 9.1 5 mostra a distribuição das declividades nas áreas de influência do empreendimento.

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	235 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Figura 9.1.5 – Declividade dos terrenos na All, AID e ADA



Fonte: INPE, 2008

Como observado na figura, o extremo norte da All é o setor com declividades mais elevadas (acima de 20%), com relevo que varia de forte ondulado a escarpado. Predominam as declividades baixas, que garantem um relevo plano a suave ondulado, como resultado da ação

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 236 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro

fluvial contínua e a deposição sedimentar, configurando planícies. Neste ambiente, os rios Tamanduateí, Aricanduva e Tietê assumem papel importante na configuração destes relevos.

b) Padrões de relevo (3 táxon):

No contexto das unidades morfoesculturais citadas anteriormente, são reconhecidos quatro padrões de relevo, com os seguintes atributos em relação a sua forma, densidade de drenagem e fragilidade (ROSS e MOROZ, 1997):

- Escarpas e morros altos: são formas muito dissecadas com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, com alta densidade de drenagem. Áreas sujeitas a processos erosivos agressivos com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas. Fragilidade alta.
- Morros altos e médios: formas de dissecção muito intensa, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta ou vales muito entalhados com densidade de drenagem menores. Áreas sujeitas a processos erosivos agressivos, inclusive com movimentos de massa. Fragilidade muito alta.
- Colinas e Patamares Aplanados: Formas de dissecção média a alta com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. Áreas sujeitas a forte atividade erosiva. Fragilidade média.
- Planícies e Terraços Fluviais: Áreas sujeitas a inundações periódicas. Lençol freático pouco profundo. Sedimentos inconsolidados sujeitos a acomodações. Fragilidade muito alta.

Verifica-se que as Colinas e Patamares Aplanados são as formas de relevo mais representativas da AID. As Planícies Fluviais também são bastante representativas, enquanto as Escarpas e Morros Altos têm expressão apenas na All.

9.1.4.3 Geomorfologia na ADA

A ADA do empreendimento, como se localiza em área urbana, passou por diversas intervenções antrópicas que resultaram em alterações da paisagem original. Estas intervenções são bastante significativas nas planícies fluviais de córregos de várias dimensões, que tiveram que ser adaptadas (ainda que precariamente), à instalação do equipamento viário, das redes públicas de água, esgotos e serviços. Além disso, obras de retificação, canalização e tamponamento levaram a descaracterização geomorfológica e mesmo litológica dos relevos e camadas sedimentares. As fotos a seguir exemplificam estas condições.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 237 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro
---	---

Foto 9.1.1 – Planície fluvial intensamente alterada por fatores antrópicos



Foto 9.1.2 – Planície fluvial do córrego Cabuçu de Cima alterada por fatores antrópicos



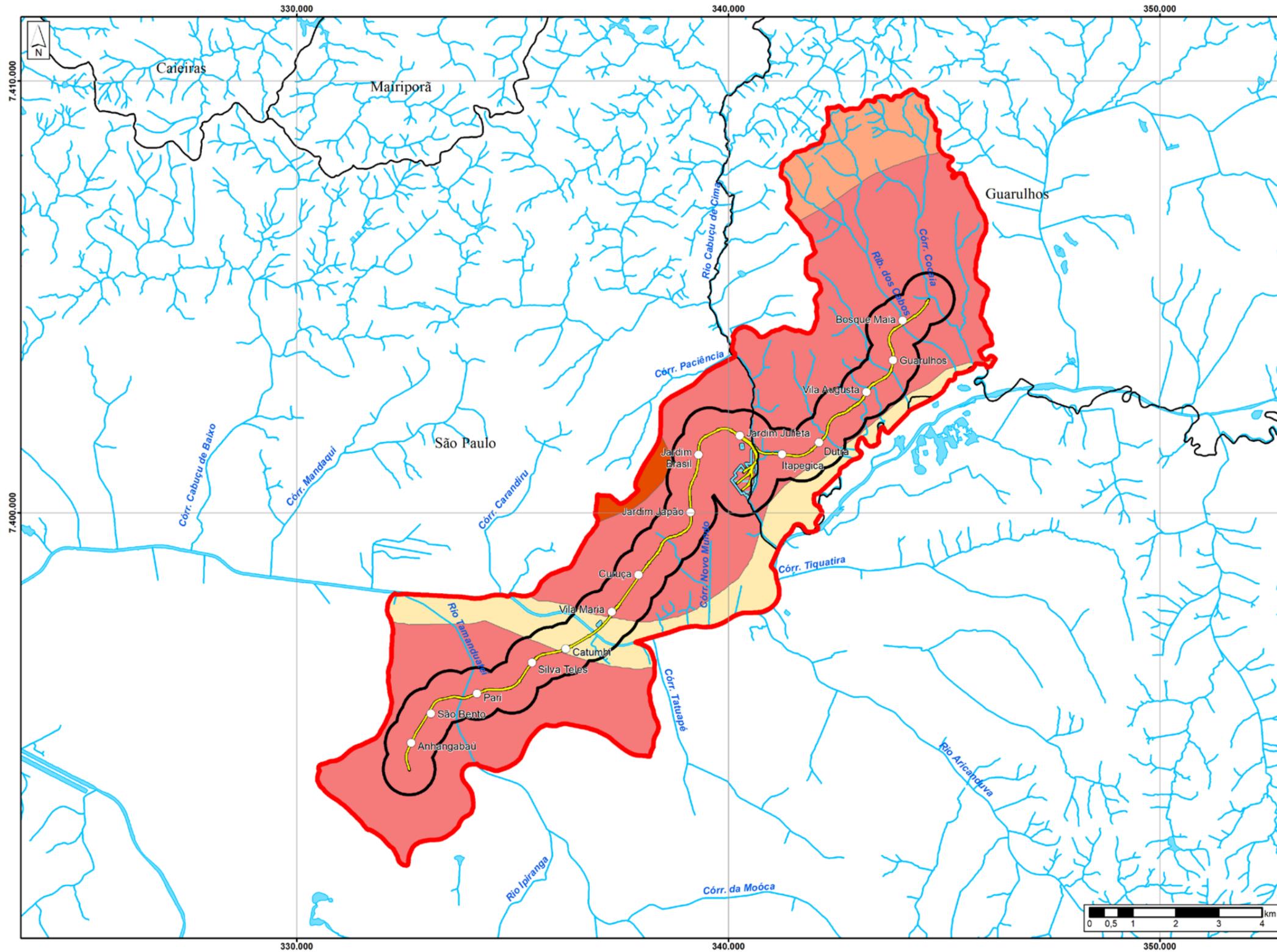
As Colinas e Patamares Aplanados foram sujeitas às mesmas intervenções no terreno, porém menos bruscas. Contudo, em escala, ainda se observam as baixas declividades características das colinas.

A distinção entre os relevos de colinas e de planícies fluviais é pouco clara em função das baixas declividades pertinentes a ambas as feições. A Foto 9.1 3 ilustra estes atributos.

Foto 9.1.3 - Planície fluvial do rio Cabuçu de Cima, associada às Colinas e Patamares Aplanados



Mapa 9.1.2 – Mapa Geomorfológico Regional



- Geomorfologia**
Bacias Sedimentares Cenozóicas /
Depressões Tectônicas
- Planalto**
- Planalto Paulistano/Alto Tietê
 - Planalto e Serra da Mantiqueira
- Planalto de São Paulo**
- Planalto de São Paulo
- Planícies Fluviais**
- Pequenas Planícies Fluviais
 - Traçado Linha 19 - Celeste
- Estações
- Área de Apoio (Pátio e Subestação)
- AII - Área de Influência Indireta para os Meios Físico e Biótico
- AID - Área de Influência Direta para os Meios Físico e Biótico
- Hidrografia
- Massa d'Água

Fonte:
- Metrô, 10/2021;
- Imagens Google Earth de 06/2021, download em 09/2021;
- EMPLASA, 2006;
- CEM, 2019;
- RODRIGUEZ, S. K., Mapa Geológico da Região Metropolitana de São Paulo, 1998.



Escala 1:100.000
Projeção UTM - SIRGAS 2000 - Fuso 23S

Mapa

MAPA GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

Número	Articulação
9.1-2	01/01

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 239 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro
---	---

9.1.5 Processos morfodinâmicos

9.1.5.1 Aspectos metodológicos

Este diagnóstico foi elaborado a partir de dados disponíveis nas cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações elaboradas para os municípios de São Paulo (IPT, 2014) e Guarulhos (IPT, 2013). Também foi utilizado como fonte o relatório “Ação Emergencial para Delimitação de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Enchentes, Inundações e Movimentos de Massa”, elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (2014) para o município de Guarulhos. O objetivo deste diagnóstico é identificar os locais com processos morfodinâmicos em possível interface com as obras da Linha 19-Celeste, ou mesmo em sua operação.

Processos morfodinâmicos são fenômenos resultantes da dinâmica natural do relevo, desencadeados pela erosão, pelos movimentos de massa (escorregamentos e rastejos, por exemplo) e pela ação fluvial (a exemplo das inundações). Alguns destes processos podem ser deflagrados a partir da influência antrópica, quando o homem cria condições para a aceleração ou intensificação destes processos ou surgimento em outros pontos antes não registrados (como os alagamentos), por meio de obras civis, impermeabilização dos solos, remoção de vegetação, canalização e retificação de rios e córregos e outros fatores.

O Mapa 9.1 3 – Mapa de Suscetibilidade aos Processos Morfodinâmicos da All é apresentado ao final deste capítulo, com o intuito de localizar as áreas suscetíveis aos processos morfodinâmicos situados nas áreas de influência do empreendimento em estudo.

9.1.5.2 Processos morfodinâmicos na All

a) Movimentos de massa

Como citado no item 9.1.3 Geomorfologia, a All do empreendimento localiza-se majoritariamente em terrenos com baixas declividades, sobre feições planas a suave onduladas, derivadas da agradação fluvial. Portanto, movimentos de massa com médio a grande impacto (como escorregamentos, quedas de blocos e corridas de lama) têm probabilidades muito pequenas de ocorrência na All (CPRM, 2014). Em se tratando de movimentos lentos, como os rastejos, é importante ressaltar que a alta taxa de impermeabilização dos terrenos do perímetro urbano restringe o surgimento destes eventos a locais com exposição de solo.

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	240 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Desta forma, a probabilidade de ocorrência de movimentos de massa na All é predominantemente baixa. Probabilidades médias e altas são pontuais, com ocorrência restrita ao extremo norte da All, nas cabeceiras do córrego Cocaia e do ribeirão dos Cabos.

Outro ponto isolado com alta probabilidade de ocorrência de movimentos de massa é o extremo sudoeste da All, nas cabeceiras do córrego Saracura (canalizado), localizado nas imediações do Túnel Nove de Julho, Rua Rocha, Rua Almirante Marques Leão e Rua Engenheiro Monlevade. Por fim, uma terceira área, com média probabilidade de ocorrência de movimentos de massa, é no bairro da Vila Guilherme (nas imediações da Avenida Conceição e Rua Cachoeira do Arari), nas proximidades das cabeceiras do córrego da Divisa.

A setorização de risco no município de Guarulhos, elaborada por CPRM (2014), identifica ainda outras áreas, listadas não somente por suas características físicas, mas pela possibilidade dos processos morfodinâmicos observados causarem risco à vida humana. Neste contexto, foram identificadas 5 áreas na All:

- Deslizamento planar instalado na Rua Conceição dos Duros;
- Deslizamento planar instalado na Rua Cícero Gomes de Almeida;
- Deslizamento planar, no Morro do Amor;
- Deslizamento planar, na Vila Operária;
- Deslizamento planar, na Vila São Rafael I.

É importante ressaltar que nenhuma destas áreas tem interface com a AID ou com as estruturas previstas para a Linha 19-Celeste.

b) Inundações

Em se tratando da probabilidade de ocorrência de inundações, as áreas sujeitas a estes eventos possuem bastante expressividade, considerando a predominância de relevos planos a suave, ondulados, relacionados às planícies de inundação da bacia hidrográfica do rio Tietê. Logo, os maiores canais da margem direita do rio Tietê (ribeirão dos Cabos, ribeirão Itapegica, córrego Cocaia, córrego Biquinha e Córrego do Cabuçu, e incluindo o rio Tietê), no polígono que engloba a All, possuem de média a alta probabilidade a inundações.

De acordo com a setorização de risco elaborada por CPRM (2014) para o município de Guarulhos, a All contém mais 04 áreas de inundação, a saber:

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 241 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro
---	---

- Inundação em córrego sem denominação, na Vila São Rafael II;
- Inundação em córrego sem denominação, no bairro Jardim Frizzo;
- Inundação no córrego Cocaia, no bairro Macedo (montante);
- Inundação no córrego Cocaia, no bairro Macedo (jusante).

É importante ressaltar que nenhuma destas áreas tem interface com a AID ou com as estruturas previstas para a Linha 19-Celeste.

9.1.5.3 Processos morfodinâmicos na AID e na ADA

a) Movimentos de massa

Assim como na AII, na AID/ADA os movimentos de massa são menos pronunciados que as inundações, alagamentos e assoreamentos de margem. A Carta de Suscetibilidade elaborada por CPRM (2014), identifica apenas uma área, entre as ruas Mere Amédea e Avenida Alberto Byington, no bairro de Vila Maria Alta em São Paulo. De acordo com o documento, esta área está sujeita a deslizamentos, quedas de blocos e rastejos. Na visita à área, com acesso pela travessa Doutor Edson de Mello, foi constatado que o local se encontra consolidado por meio de asfaltamento das vias e terrenos do entorno, com exceção de um talude vegetado com ângulo próximo a 90°, onde há sinais de rastejo e pequenos escorregamentos, conforme Foto 9.1 4.

É importante sublinhar que a Linha 19-Celeste projetada atravessará este talude por via subterrânea.

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	242 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Foto 9.1.4 – Vista de face do talude, com acesso pela Rua Mere Amédea



b) Inundações, alagamentos e assoreamentos

A AID e a ADA do empreendimento possuem diversos trechos suscetíveis a inundações, alagamentos e assoreamentos. O mapeamento de áreas com suscetibilidade elaborado por CPRM (2014) aponta extensas áreas com média e alta suscetibilidade a estes processos, com destaque para a planície de inundação do rio Tietê e de seus afluentes, ou seja, o ribeirão dos Cabos, o ribeirão Itapegica, que cortam transversalmente a AID/ADA.

A setorização de risco elaborada por CPRM (2014) para o município de Guarulhos identifica duas áreas, na Vila Flora e na Vila Antonieta, que são abrangidas pela ADA.

A área denominada Vila Flora (Foto 9.1 5) está localizada próxima à rodovia Fernão Dias e à futura Estação Itapegica. Na área, situa-se uma comunidade instalada que, previamente, estava instalada às margens de um canal sem denominação, causando estreitamento do leito e solapamento de margens. Como CPRM (2014) pontua, o grau de risco atribuído é muito alto. Todavia, em visita à área no mês de outubro/2017, constatou-se que houve remoção das residências situadas nas margens do rio, bem como recuperação das margens e vegetação ciliar, reduzindo o potencial para solapamento de margens.

A área denominada Vila Antonieta (Foto 9.1 6) trata-se de uma ocupação não planejada situada sobre o leito do córrego Itapegica (tributário do rio Tietê), próxima à futura Estação

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 243 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Dutra. De acordo com o mapeamento da CPRM (2014), o grau de risco atribuído ao local é alto. A construção de imóveis nas margens do canal tem provocado o solapamento de margens, que por si desencadeia o colapso de algumas das residências. Em trabalho de campo ao local, observou-se que, além das construções sobre os depósitos aluviais, foi feita contenção com pneus e resíduos de construção, a qual se apresenta inconsolidada e com sinais de desbarrancamento.

Foto 9.1.5 – Curso d'água na Vila Flora



Foto 9.1.6 – Solapamento de margem no curso d'água da Vila Antonieta



Além disso, na ADA foram identificados canais assoreados, ou seja, com grande deposição de sedimentos depositados no leito já canalizado. Entre eles, destaca-se o córrego Cabuçu de Cima (Foto 9.1 7).

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 244 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro
---	---

Foto 9.1.7 – Assoreamento córrego Cabuçu de Cima



O mapeamento elaborado pela CPRM (2014) também apresenta áreas suscetíveis às inundações. Entre elas, enquadram-se as planícies do rio Tamandateí (Foto 9.1 8) e do rio Tietê (Foto 9.1 9).

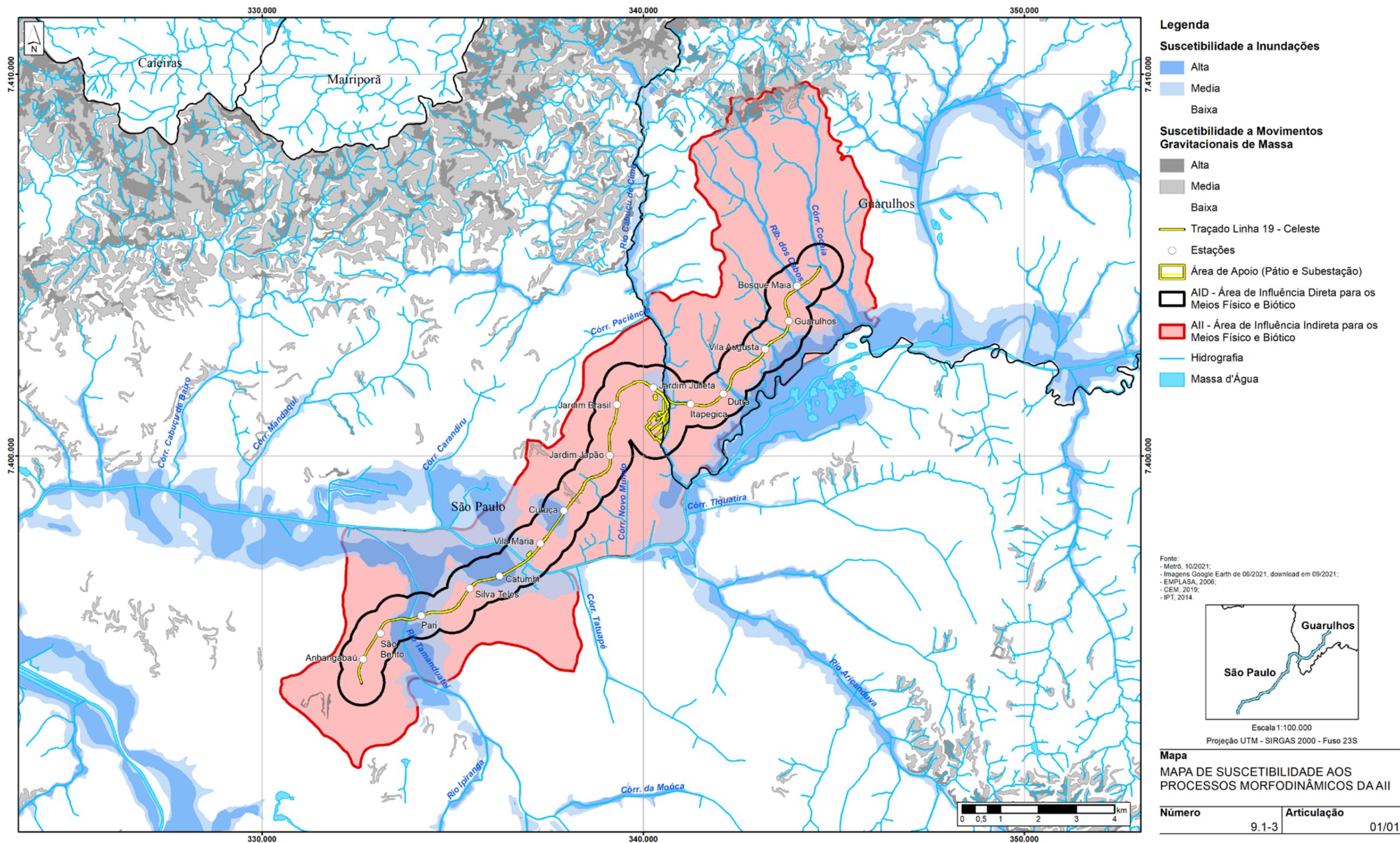
Foto 9.1.8 – Canal do Rio Tamandateí



Foto 9.1.9 – Canal do Rio Tietê



Mapa 9.1.3 – Mapa de Suscetibilidade aos Processos Morfodinâmicos da AII



CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 246 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

9.1.6 Pedologia

9.1.6.1 Aspectos metodológicos

O diagnóstico de pedologia elaborado com ênfase nas áreas de influência da Linha 19-Celeste tem como objetivo principal a identificação das unidades ou associações de solos presentes na área de estudo e o entendimento de suas características e dos fenômenos a eles correlacionados, como a avaliação da suscetibilidade à erosão e a capacidade de percolação e/ou concentração de poluentes.

Para tanto, este Diagnóstico foi desenvolvido a partir dos dados contidos no Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, em escala 1:500.000 (Oliveira et al. 1999) e no Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (Rossi, 2017), cujas escalas de trabalho foram 1:250.000 e 1:100.000. Como apoio a esta fonte, foi utilizado o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2018).

9.1.6.2 Pedologia na AII, na AID e na ADA

Um solo é um corpo natural independente constituído de materiais minerais e orgânicos, organizado em camadas e/ou horizontes resultantes da ação de fatores de formação (remoção, adição, transporte e transformação), com destaque para a ação biológica e climática sobre um determinado material de origem (rocha ou sedimento orgânico) e numa determinada condição de relevo, através do tempo.

O desenvolvimento de um perfil de solo contribui na diferenciação de horizontes com características morfológicas distintas, como cor, textura, estrutura, porosidade, cerosidade, consistência, cimentação, módulo, concreções minerais, eflorescências, entre outros. Desta forma, a identificação dos horizontes permite a classificação do solo propriamente dito.

No entanto, todas as áreas de influência do empreendimento estão majoritariamente inseridas em zona urbana e fortemente antropizada, onde as superfícies naturais dos terrenos foram pavimentadas e/ou alteradas por obras de cortes e aterros, dificultando a identificação e classificação dos horizontes de “solo natural”. Em muitos casos, o horizonte superficial não é encontrado, tendo este já sido removido em áreas de corte, ou no caso de áreas de aterro, pode ocorrer sobreposição de camadas superficiais.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 247 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Além disso, as amostragens do solo são dificultadas devido à alta taxa de impermeabilização dos terrenos, à poluição e à dificuldade de acesso a propriedades particulares. Há ainda uma grande dificuldade na definição de critérios para classificação dos solos urbanos, já que estes estão expostos a uma alta concentração de metais pesados, metano, esgotos, deposição de rejeitos de construção e industriais e alteração do regime hídrico e do solo. Tais alterações ainda não assumiram estes solos em uma nova classe pedogenética pela rapidez com que ocorrem em relação à longa escala temporal de formação do solo. Porém, estes efeitos dificultam o estabelecimento de uma metodologia de classificação em meio urbano, de modo que o SiBCS atualmente não contempla o termo solo antrópico, apenas horizonte A antrópico (EMBRAPA, 2018).

É muito frequente a ocorrência de camadas artificiais resultante da introdução de diferentes materiais e texturas, devido a aterros ou descarte de restos de construções sobre o terreno. As camadas também não apresentam transição plana ou ondulada, mas sim, transição irregular ou descontínua, justamente devido à adição de materiais exógenos. Esta heterogeneidade morfológica interfere no regime hídrico e térmico do solo, na sua capacidade de sustentação de plantas e na sua resistência à erosão e movimentos de massa.

O trecho entre a Estação Anhangabaú e Bosque Maia está alocado próximo e/ou paralelo a cursos d'água (com destaque ao rio Tietê e afluentes), em *depósitos aluviais*, onde predominam "solos inconsolidados". Embora o alto índice de ocupação e impermeabilização tenham alterado as propriedades destes solos marcados pela erosão fluvial, o caráter meandrântico dos rios ali presentes no decorrer de séculos passados possibilita testemunhos atuais de solos moles e aluviais.

Apenas o extremo norte da All possui solos categorizados por Rossi (2017), como uma associação de latossolo amarelo distrófico típico de textura argilosa e pouco profunda com camissolo háplico distrófico de textura argilosa. Estes solos são típicos de relevos ondulados e montanhosos, que é predominante no Parque Estadual da Cantareira, onde há uma pequena interface com a All da Linha 19-Celeste.

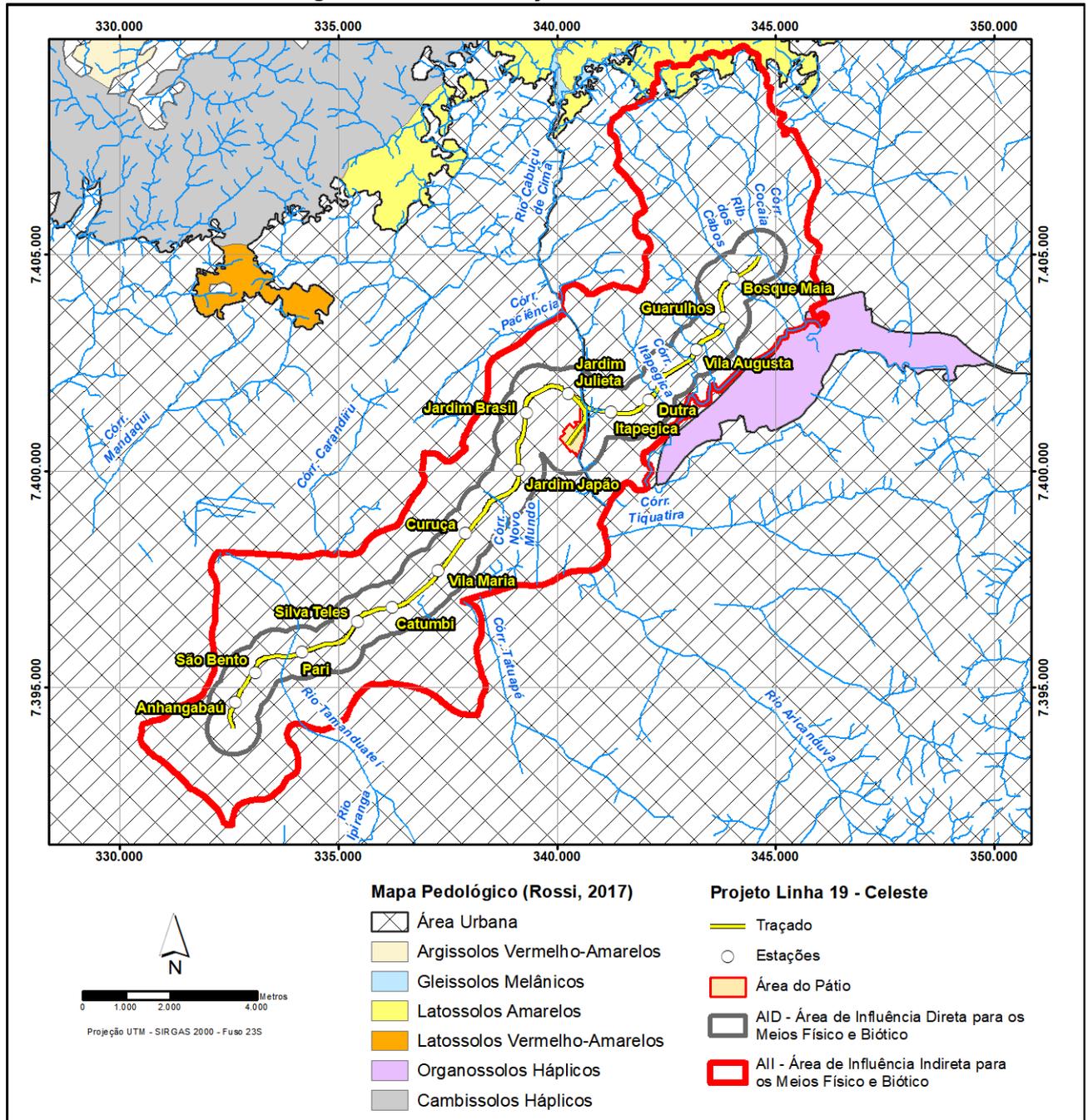
De acordo com EMBRAPA (2018), esta associação de solos é distrófica, com baixos valores de soma de bases e baixa saturação por bases. Isto significa que são solos com baixa quantidade de nutrientes, resultante do intemperismo intenso causado pela lixiviação da água. Os Cambissolos Háplicos são solos pouco profundos, predominantes em terrenos mais declivosos e com feições de perfil mais montanhoso e escarpado.

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	248 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

A Figura 9.1 6 mostra a distribuição dos solos na AII e AID do empreendimento.

Figura 9.1.6 – Distribuição de solos na AII e AID



Fonte: Rossi, 2017

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	249 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

9.1.7 Geotecnia

9.1.7.1 Aspectos metodológicos

A caracterização geotécnica das áreas de influência do empreendimento foi realizada por meio de consulta bibliográfica de dados secundários disponíveis nos seguintes estudos:

- Carta Geotécnica da Grande São Paulo, escala 1:50.000, (IPT, 1984);
- Geologia Urbana da Região Metropolitana de São Paulo (Rodriguez, 1998);

A partir da consolidação dos dados disponibilizados foi possível realizar uma abordagem geotécnica geral para a AID e ADA do empreendimento.

9.1.7.2 Geotecnia na AID

A Carta Geotécnica da Grande São Paulo (IPT, 1984) agrupa os terrenos metropolitanos em oito feições geomorfológicas, com distintos problemas esperados e aspectos geotécnicos para cada litologia e solo superficial existentes. Entre estes problemas, os mais frequentes são a erosão laminar e os ravinamentos, as cheias e alagamentos nas cotas topográficas mais baixas e os escorregamentos induzidos em aterros e cortes.

Segundo os autores, estas oito feições geomorfológicas definem "conjuntos de formas basicamente comparáveis quanto às suas amplitudes e declividades", que englobam categorias bem marcadas, como planícies aluviais, colinas, morrotes, morros e outros relevos montanhosos e escarpas serranas.

Estas feições refletem também a natureza dos materiais de origem: diversas rochas cristalinas, sedimentos da Formação São Paulo e seus solos derivados, além de depósitos inconsolidados nas planícies fluviais.

O Mapa 9.1 4 – Mapa Geotécnico Regional é apresentado no final deste item, destacando os principais compartimentos / aspectos geotécnicos para as áreas de influência.

a) Colinas (1 tc, 1 xt e 1 gr)

A feição geomorfológica de colinas é formada por relevos de amplitudes de 40 a 70 metros e declividades entre 10 e 20% e que alcança os 35% no terço inferior das vertentes e nas nascentes. Na área de estudo, estas colinas se diferenciam em três unidades geotécnicas distintas, de acordo com três litologias:

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 250 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro

- Sedimentos paleógenos e neógenos (1 *tc*);
- Xisto e Filito (1 *xt*);
- Granito e Gnaisse (1 *gr*).

A mais representativa na AID/ADA é a unidade dos Sedimentos paleógenos e neógenos (1 *tc*). Esta unidade geotécnica é formada por camadas intercaladas de argilas, siltes, areias argilosas e, subordinadamente, areias grossas e cascalhos, que podem atingir dezenas de metros de espessura.

Com menor representatividade, a unidade de Xistos (1 *xt*) suporta solos superficiais compostos por xistos micáceos (argilosos, espessura de 2 a 3 m, alta erodibilidade) ou xistos quartzosos (argiloarenosos, espessura de 2 a 3 m, baixa erodibilidade). Os solos de alteração dos xistos micáceos são, geralmente, siltosos e espessos, com foliação preservada, com média a alta erodibilidade. Já os solos de alteração dos xistos quartzosos são siltoarenosos, micáceos e espessos, com foliação preservada e baixa erodibilidade.

A unidade dos Granitos (1 *gr*) é composta por solos superficiais argiloarenosos, com espessura de até 2m e baixa erodibilidade. Os solos de alteração são arenosiltosos e pouco micáceos com grânulos de quartzo, de acordo com a rocha de origem. Uma característica dessa unidade é a ocorrência de matacões.

Em superfície, estas três litologias têm como problemas esperados a erosão laminar nas áreas onde há exposição do solo de alteração, sobretudo se há cortes ou aterros sem a adoção de medidas protetivas no solo. Porém, quando em ambiente natural, estes fenômenos erosivos são de pouca intensidade.

b) Morrotes (2 *tc*, 2 *gr* e 2 *xt*)

A feição geomorfológica de morrotes é caracterizada por amplitudes topográficas com cerca de 60 m. A declividade predominante fica no intervalo de 20 a 30% nos setores inferiores das vertentes, enquanto nos setores superiores está entre 10 e 20%. Por conta desses atributos, os vales são fechados e as planícies aluviais são restritas.

Nesta feição geomorfológica se enquadram três unidades geotécnicas, mas apenas uma intersecciona a AII/AID do empreendimento. A unidade geotécnica 2 *tc*, concentrada na porção central da área de estudo, suporta os sedimentos da bacia de São Paulo. Como já mencionado anteriormente, os solos superficiais desta unidade são argiloarenosos, com espessura de até

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 251 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

3 metros e baixa erodibilidade, enquanto os solos terciários possuem camadas intercaladas de argilas, siltes, areias finas argilosas, areias grossas e cascalhos. Os problemas esperados para esta unidade são:

- Instabilidade de taludes de corte associados à desagregação superficial;
- Rupturas de taludes de corte íngremes;
- Queda e/ou escorregamento de cunhas de solos argilosos provocada por erosão interna (piping).

A instabilidade de taludes de corte por desagregação superficial, também conhecida por empastilhamento, ocorre quando processos sucessivos e alternados de umedecimento e secagem provocam expansão e contração das argilas, resultando em fendilhamento e desagregação do material em pastilhas.

As rupturas de taludes de corte íngremes podem ocorrer devido à erosão de subsuperfície das camadas arenosas subjacentes, quando os taludes interceptam lençóis d'água suspensos.

A queda ou escorregamento de blocos pode se instalar por alívio de tensão, por fissuras ou por pressão da água.

Todos estes fenômenos são suscetíveis de ocorrer por meio de rupturas naturais, mas são intensificados por taludes de corte necessários a obras civis, as quais devem contar com medidas protetivas adequadas para minimizar os efeitos dos problemas esperados, como escoramento, cobertura com lonas superficiais, entre outras.

c) Morros Baixos (3 af e 3 xt)

Esta unidade corresponde a ocorrências com amplitude de 100 m e declividades de 30%, representam condições topográficas desfavoráveis em muitos setores de encostas, impondo diretrizes rígidas a projetos. Esta unidade não ocorre na AID, estando presente apenas no extremo norte da AII, junto às ocorrências dos Grupos São Roque e Serra do Itaberaba.

d) Planícies Aluviais (4 aI)

Nesta unidade estão agrupados todos os depósitos sedimentares de idades quaternárias (recentes) na AID. Estes terrenos correspondem às planícies do rio Tietê e de seus córregos afluentes, com declividades baixas (inferiores a 5%), compreendendo a região do traçado do empreendimento.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 252 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro

Como principais problemas relacionados à sua ocupação, destacam-se:

- Áreas propícias à inundação;
- Recalques devido ao adensamento de solos moles;
- Lençol freático raso;
- Assoreamento dos leitos;
- Solapamento de margens.

As inundações são fenômenos naturais que fazem parte da dinâmica fluvial, atingindo periodicamente planícies fluviais. Este processo passa a constituir um problema urbano quando afeta os terrenos ocupados junto às drenagens, gerando danos ao patrimônio e risco à vida humana.

Já os recalques ocorrem devido ao adensamento de solos moles, em terrenos com sedimentos compressíveis. Por serem não consolidados, estes sedimentos contêm grande quantidade de água em seus vazios. A água, ao ser expulsa, seja por processos naturais de consolidação (devido ao próprio peso das camadas sobrejacentes), seja por influência antrópica (rebaixamento de lençol freático), permite a movimentação dos grãos de solo, fechando os poros, fenômeno conhecido como adensamento. Conseqüentemente, ocorrem reacomodações no terreno, conhecidas como recalques, que podem atingir estruturas na superfície, como aterros, pavimentos ou fundações de edificações.

O lençol freático raso implica no afloramento de água na superfície, resultando em dificuldades para a estabilidade de fundações e estruturas. Em alguns casos, para a execução de obras de grande porte, essa situação é corrigida por meio do rebaixamento do lençol freático, realizado por bombeamento de água subterrânea.

O assoreamento de leitos de cursos d'água é frequente em áreas urbanas, devido a deficiência das redes de drenagem, a redução da competência do carreamento do canal e a disposição de material sedimentar exógeno ao canal. Este material é oriundo não apenas de processos erosivos no entorno da bacia hidrográfica, mas também das obras civis com o destino indevido da drenagem interna e da disposição inadequada de resíduos sólidos.

Já o solapamento de margens ocorre por meio de dois contextos distintos: pela intensidade do fluxo do curso d'água, que atinge por abrasão os terraços situados nas margens do canal; ou

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 253 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

quando ocupações irregulares se instalam nas margens dos canais e, por sobrepeso ou por meio de escavações, desestabilizam o equilíbrio dos terraços, gerando pequenos escorregamentos.

e) Morros Altos (7 af, 7 gr e 7 xt)

Esta unidade corresponde a ocorrências com amplitude de 150 m e declividades superiores a 30%, representam condições topográficas que dificultam as condições de acesso às áreas potencialmente ocupáveis. Assim como registrado para a unidade de Morros Baixos, esta unidade não ocorre na AID, estando presente apenas no extremo norte da All, junto às ocorrências da Nappe Socorro-Guaxupé e aos Grupos São Roque e Serra do Itaberaba

9.1.7.3 Geotecnia na ADA

A capacidade de previsão do comportamento dos maciços antes do início das obras é de grande importância para que sejam detectados com antecedência os pontos ou regiões com solicitações de esforços e deformações máximas.

De acordo com o perfil geológico previsto para a linha, é possível estabelecer alguns dos problemas esperados para as intervenções em subsuperfície programadas para a implantação da Linha 19-Celeste.

Do poço de ventilação VSE 01 (na avenida Tiradentes, em Guarulhos) até o poço de ventilação VSE 04 (na avenida Guarulhos no cruzamento com a rua Santa Isabel), trecho equivalente a 3,3 km de percurso, a litologia predominante é a Formação Resende, com fácies argilosa e arenosa. De acordo com o Mapa Geotécnico da Grande São Paulo (IPT, 1984), os problemas esperados nestas formações terciárias recorte expressam-se por instabilidades em taludes de corte causadas pelo empastilhamento nos níveis argilosos; e por instabilidades causadas por erosão retrogressiva (*piping*) nas camadas mais arenosas, sobretudo quando há intervenção no nível freático. Além disso, pode haver rupturas quando o solo está saturado.

No trecho que parte do VSE 04 até a Estação Dutra (localizada na rua Cavadas), correspondente a cerca de 1,7 km do percurso da Linha 19-Celeste, são localizados solos residuais e rochas granito-gnáissicas e migmatíticas do Complexo Embu. Há também a presença de sistema de falhamentos que colocam estas unidades pré-cambrianas em contato lateral com sedimentos cenozóicos.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 254 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

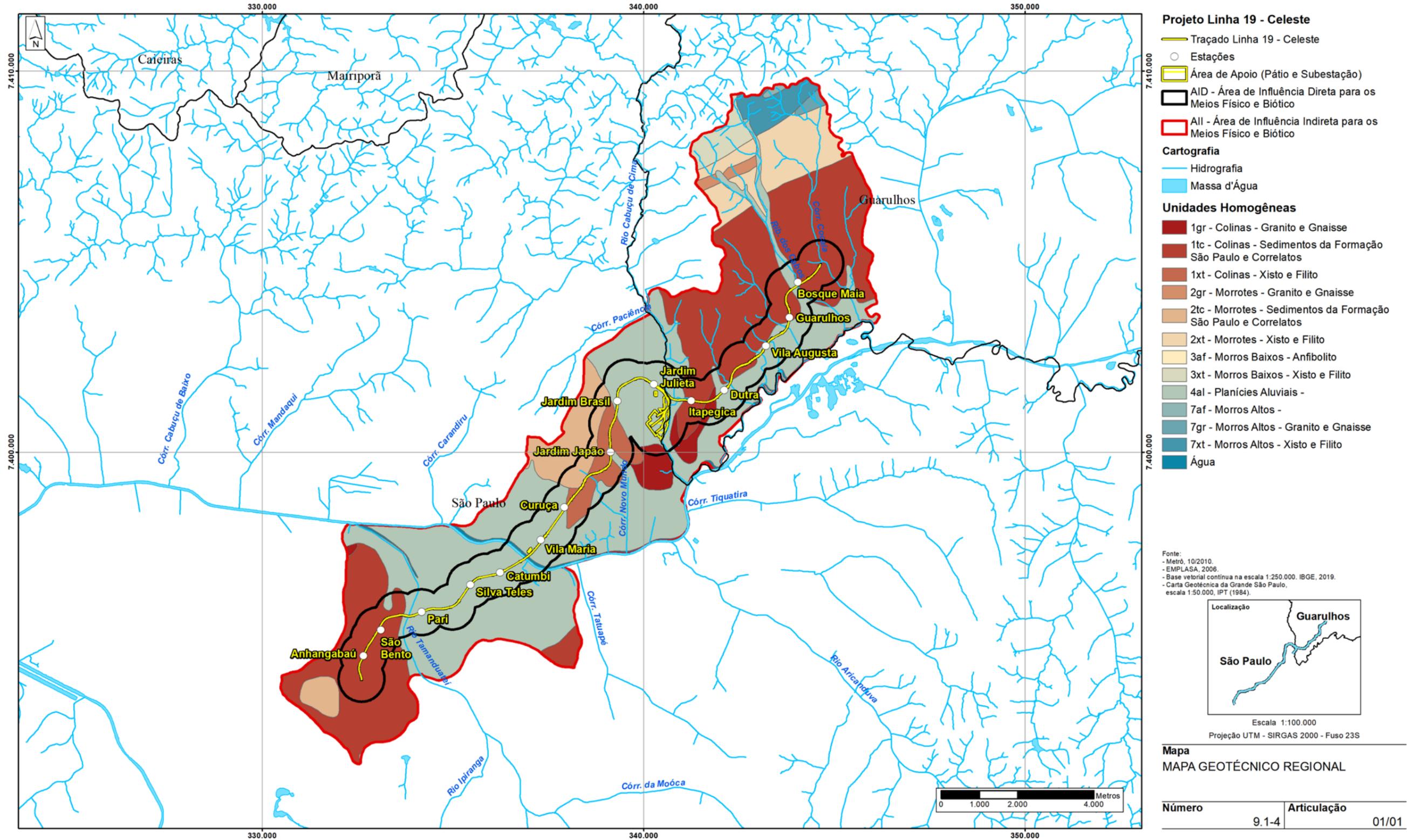
Áreas de falhas geológicas são pontos de atenção devido a alguns problemas associados a estas feições, tais como aumento do fluxo de água subterrânea, materiais de baixa qualidade geomecânica e ocorrência de minerais expansivos.

Do VSE 06 até o VSE 18, este último localizado na rua Santo Amaro (no bairro Bela Vista, no município de São Paulo), prevalece a Formação Resende, em sua fácies arenosa e argilosa, por uma extensão de cerca de 14 km.

Ressalta-se que alguns dos poços de ventilação e emergência citados interceptarão duas unidades litográficas devido a profundidade das intervenções. Várias das estruturas projetadas atravessam, entre o VSE 06 e VS18, lentes de depósitos aluviais recentes e interceptam estas estruturas em superfície e nos metros iniciais de subsuperfície, até alcançar a Formação Resende. Em se tratando do VSE 18, este poço intercepta a Formação Resende em profundidade, mas na seção mais próxima à superfície, é a Formação São Paulo que se destaca.

Com relação aos aluviões recentes, depositados ao longo dos canais de drenagem atuais, as medidas a serem tomadas devem reduzir ou evitar a possibilidade de recalques e colapsos, bem como a estabilidade precária das paredes de escavação. Nesta avaliação, deve-se considerar que os materiais desta unidade litológica é inconsolidado e o nível freático é alto, diminuindo o atrito entre os sedimentos e facilitando eventuais acidentes geotécnicos.

Mapa 9.1.4 – Mapa Geotécnico Regional



CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 256 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro

9.1.8 Direitos minerários

Para efeito de direitos minerários, foram levantadas as localizações das poligonais com processos registrados no banco de dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), mais especificamente na página eletrônica Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE).

Para o estabelecimento de uma lavra de jazida mineral em uma determinada área, é necessário elaborar um processo junto à ANM, com o objetivo final de obter o título de concessão, obedecendo o Decreto Lei nº 227/1967 (Código de Mineração) e a Lei Federal n. 9.314/1996.

Inicialmente, ingressa-se com um requerimento de pesquisa junto à ANM, o qual consiste em um plano de pesquisa para a exploração minerária, com orçamento e cronograma previstos. Este plano deve ser executado sob a responsabilidade técnica de um geólogo ou engenheiro de minas habilitado.

Após aprovação, o processo continua após a solicitação, por parte do requerente, de uma autorização de pesquisa, que é a outorga cedida pela ANM para realização dos trabalhos de pesquisa. O objetivo desta pesquisa é apontar a efetiva existência da lavra e a viabilidade técnico-econômica para a exploração mineral (ou seja, se há tecnologia adequada ou mercado interno ou externo com demanda para a substância mineral em estudo).

Havendo a aprovação do relatório, o empreendedor terá 1 ano, que pode ser prorrogado, para solicitar o requerimento de lavra, no qual negocia os direitos à concessão. Caso o prazo não seja cumprido, a área pode ser colocada em disponibilidade para concessão.

Por sua vez, a concessão de lavra é um título emitido pelo Ministério de Minas e Energia (MME) por meio de portaria concedendo direitos minerários ao empreendedor. O titular requererá a Posse da Jazida ao MME, que instalará os marcos geográficos da lavra. É importante sinalizar que, ainda que o requerente possua a concessão de lavra, as atividades minerárias só podem ser iniciadas após a realização de estudos para licenciamento ambiental e da decisão favorável da CETESB.

A All do empreendimento em estudo é intensamente urbanizada, contando com uma infraestrutura adaptada ao uso residencial, de comércio e de serviços. Além disso, não é uma área-fonte rica em minerais derivados de rochas ígneas e metamórficas, úteis à construção

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 257 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

civil (como granitos, mármore, etc), embora no passado tenha sido importante a mineração de areia e argila na planície aluvial do Tietê e de seus afluentes.

Ainda assim, a área conta com alguns processos em andamento na ANM. O Quadro 9.1.8 identifica quais são os processos minerários existentes na AII e AID do empreendimento.

Quadro 9.1.8 – Lista de direitos minerários na AII, AID e ADA

Processo	Ano	Fase	Requerente	Substância	Tipo de Uso	Área (ha)	Área de Influência
820913	1988	Autorização de Pesquisa	José Tomaselli Neto	Água Mineral	Não informado	0,82	ADA
820942	1988	Autorização de Pesquisa	Antonio Vicente Trapamoto	Água Mineral	Não informado	1,25	AII
820523	1995	Requerimento de Pesquisa	Embu S.A Engenharia e Comércio	Areia	Não informado	50	AII
820263	1997	Autorização de Pesquisa	Mayte Eco - Águas e Transportes Ltda - EPP	Água Mineral	Não informado	50	AII
820978	1999	Autorização de Pesquisa	Flavio Godinho	Água Mineral	Não informado	24,14	AII
820649	1993	Concessão de Lavra	Vila Mar Empresa das Águas Minerais e Naturais Ltda	Água Mineral	Não informado	16,41	AID
820865	2003	Requerimento de Pesquisa	Indústrias Gasparian S/A	Água Mineral	Engarrafamento	5,02	AII
820099	2011	Requerimento de Pesquisa	Fama Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda	Saibro	Construção civil	16,58	AII
821110	2011	Requerimento de Licenciamento	Fama Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda	Saibro	Construção civil	16,58	AII
820177	2013	Requerimento de Pesquisa	José Roberto Faria	Água Mineral	Engarrafamento	2,26	AII
821089	2015	Autorização de Pesquisa	Eduardo Storopoli	Água Mineral	Engarrafamento	13,88	ADA
820562	2016	Autorização de Pesquisa	Eduardo Storopoli	Água Mineral	Engarrafamento	49,52	ADA
820051	2020	Requerimento de Pesquisa	Luis Fernando Nicolosi Bravin	Areia	Construção civil	10,42	ADA

Fonte: ANM, 2021

Do total de 13 processos, apenas 01 está em fase de concessão de lavra. Dos demais, 06 estão em fase de autorização de pesquisa e 06 estão em fase de requerimento de pesquisa. Desta lista, 04 deles situam-se na ADA, 01 na AID e 08 na AII.

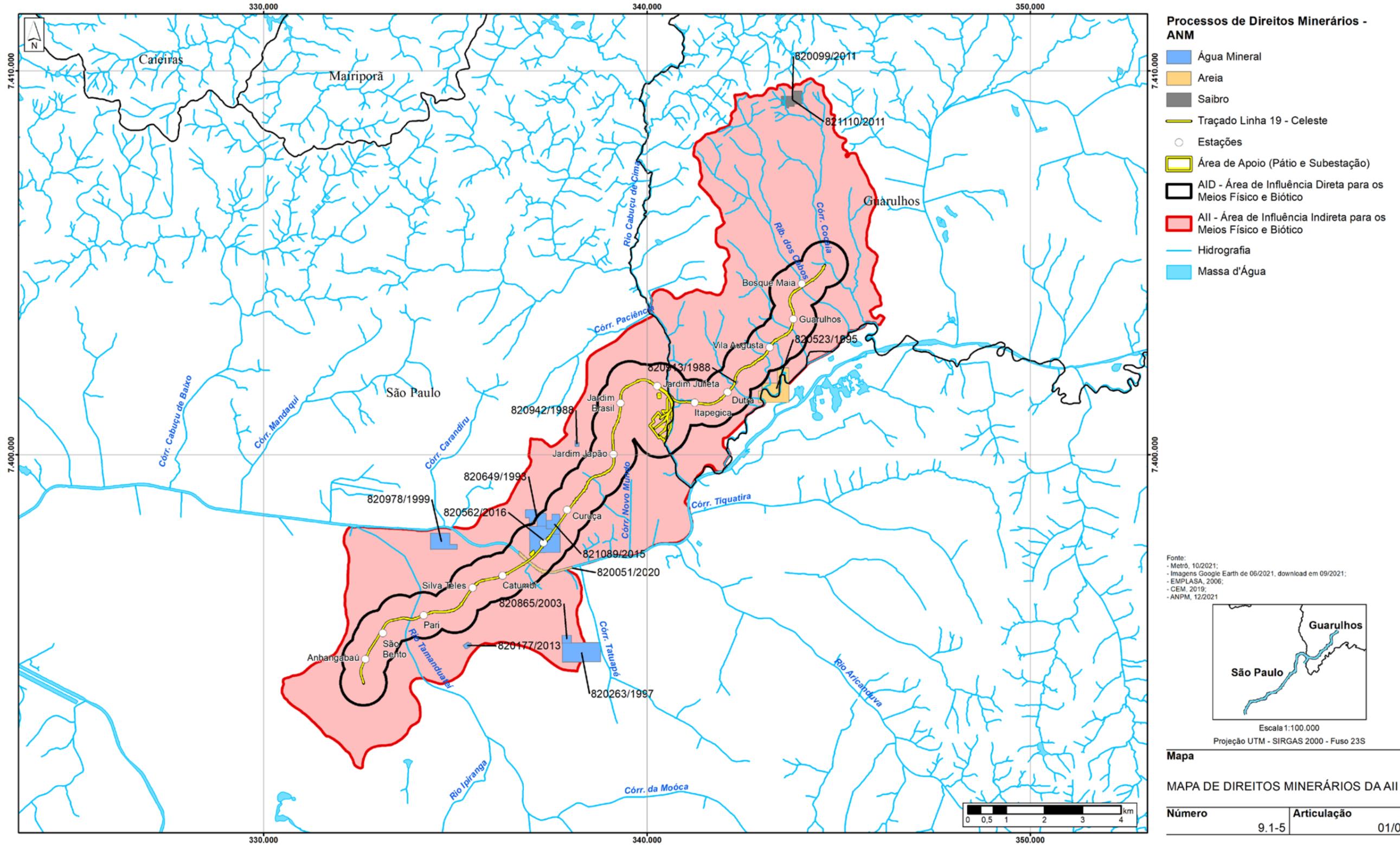
CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 258 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro

Quanto à substância minerada, 09 processos são para água mineral, 02 para areia e 02 para saibro. O número mais elevado de processos para extração de água mineral se deve ao substrato litológico composto por rochas sedimentares e às cotas topográficas baixas das planícies fluviais do Alto Tietê, que garantem um nível freático mais elevado. As jazidas de areia são de exploração mais restrita e pontual, em razão da canalização e impermeabilização dos aluviões na região metropolitana na segunda metade do século XX. Já a extração de saibro requerida está situada no extremo norte da All, fora das planícies fluviais do Alto Tietê.

O Mapa 9.1 5 – Mapa de Direitos Minerários da All ilustra a localização dos polígonos minerários registrados na ANM abrangidos pelas áreas de influência da Linha 19-Celeste.

Mapa 9.1.5 – Mapa de Direitos Minerários da AII



CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	260 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

9.1.9 Recursos hídricos superficiais e aspectos hidrogeológicos

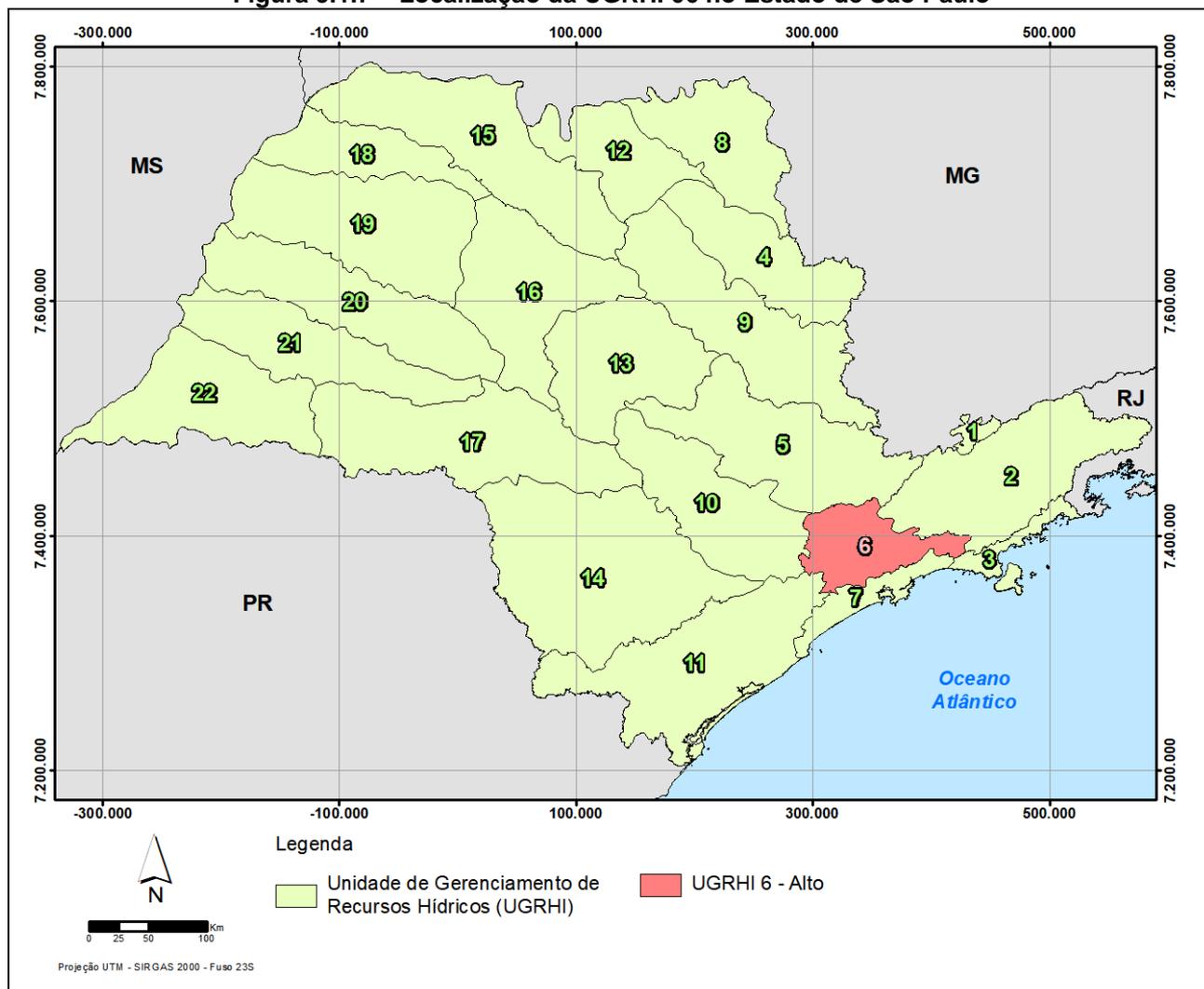
Para o diagnóstico de Recursos Hídricos Superficiais adotou-se como unidade de análise regional a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT), que faz parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê - UGRHI 06 (no âmbito da Política Estadual de Recursos Hídricos). Buscando um recorte mais detalhado, o enfoque será dado às sub-bacias nas quais as áreas de influência se sobrepõem.

Os documentos de referência são o Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (PBH – AT), 2018, (FABHAT, 2019) e o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos – Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, ano base 2019 (FABHAT, 2020), além de dados disponibilizados pelo DAEE. A Figura 9.1 7 ilustra a localização da UGRHI 06 no contexto do Estado de São Paulo.

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	261 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Figura 9.1.7 – Localização da UGRHI 06 no Estado de São Paulo



A BAT, cuja área de drenagem é de 5.775 km², localiza-se inteiramente no estado de São Paulo, no Planalto Atlântico, a uma altitude média de 750 m acima do nível do mar. É definida pela área de drenagem do Rio Tietê e seus afluentes, desde suas nascentes, na divisa dos municípios de Salesópolis e Paraibuna, até a Barragem de Rasgão, no município de Pirapora do Bom Jesus. Trata-se de uma bacia de cabeceira com uma vazão média de apenas 84 m³/s.

A BAT apresenta alto índice pluviométrico (1.560 mm), mas em virtude do solo pouco poroso (maciço cristalino), tem baixa capacidade para reter as águas pluviais. Esta característica, reforçada pelo intenso processo de urbanização observado desde os anos 50, resulta em dois

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 262 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

problemas: por um lado, os volumes extraídos dos cursos de água e dos lençóis freáticos dificilmente são recompostos, e, por outro, os municípios da bacia, especialmente a jusante do município de São Paulo, enfrentam enchentes nos períodos de chuvas. Somam-se a estes problemas um quadro crítico de degradação das águas em virtude do despejo de efluentes domésticos e industriais sem o devido tratamento e a ocupação ambientalmente inadequada do território. Além disso, o território da BAT praticamente coincide com o da RMSP, ou seja, cerca de 70% da superfície da RMSP está situada nesta bacia, a qual abriga 99,55% da população da RMSP.

Este cenário contribui para que, comparativamente a todas as UGRHIs do Estado, a UGRHI-06 seja a que dispõe de menor oferta de água per capita, com 127,26 m³/hab/ano, devido a sua reduzida área geográfica e elevada concentração populacional (FABHAT, 2020).

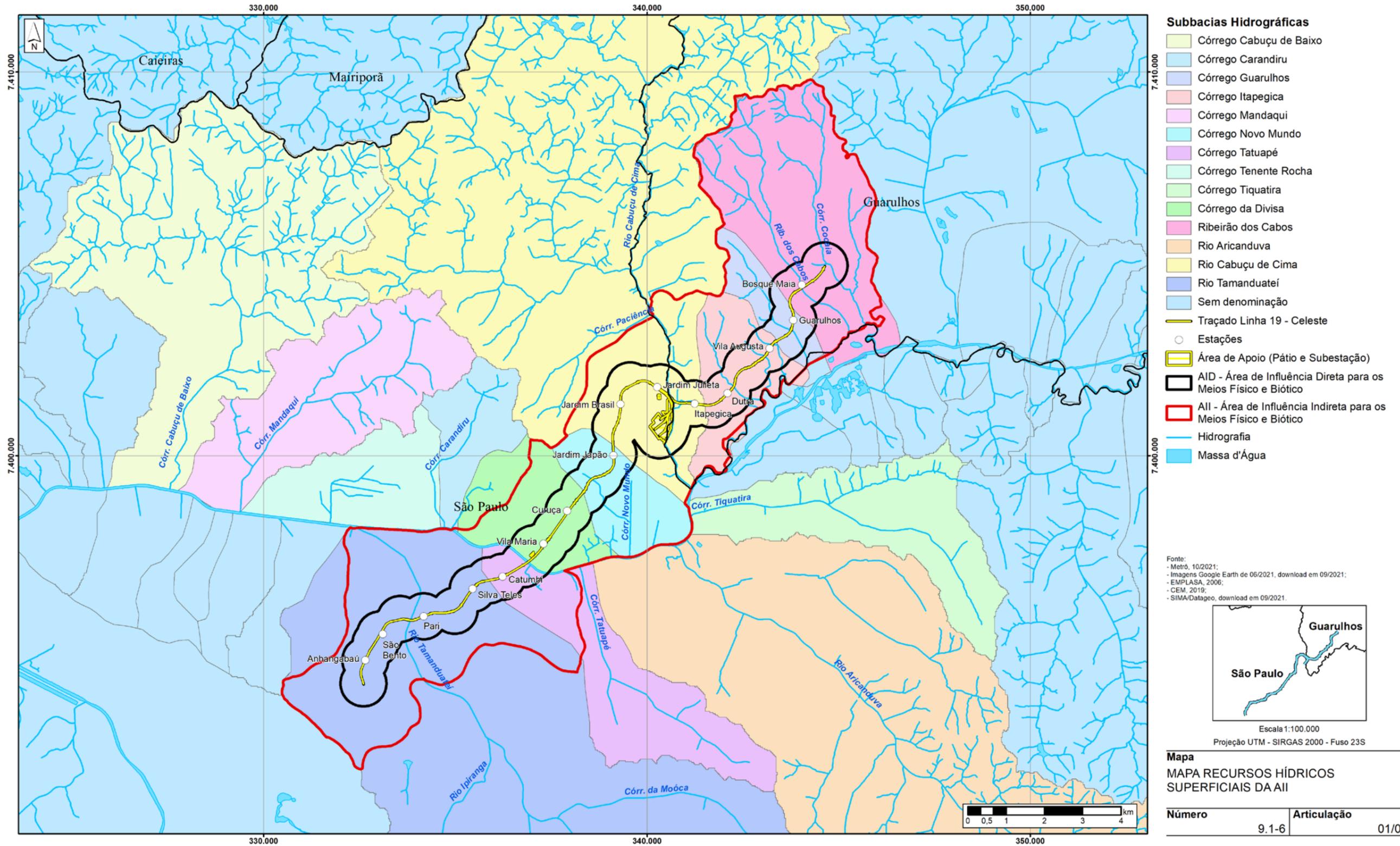
O Rio Tietê, que dá nome à bacia, é o maior rio do Estado de São Paulo com 1.100 km de extensão. Ele nasce nos contrafortes ocidentais da Serra do Mar, na divisa dos municípios de Salesópolis e Paraibuna, e cruza o Estado na direção sudeste-noroeste até desaguar no rio Paraná, na divisa com o Estado de Mato Grosso do Sul.

9.1.9.1 Recursos hídricos superficiais na All

As áreas de influência do empreendimento se sobrepõem a dez sub-bacias pertencentes à sub-bacia administrativa Penha – Pinheiros, da Bacia do Alto Tiete: bacias do Ribeirão dos Cabos, Córrego Guarulhos, Córrego Itapegica, Rio Cabuçu de Cima, Córrego Novo Mundo, Córrego da Divisa, Córrego Tatuapé, Rio Tamandateí e outras duas sem nome identificado.

No Mapa 9.1 6 – Mapa de Recursos Hídricos Superficiais da All é possível visualizar a localização das áreas de influência sobre os limites das sub-bacias.

Mapa 9.1.6 – Mapa de Recursos Hídricos Superficiais da AII



CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	264 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Disponibilidade e Demanda

As fontes de disponibilidade de recursos hídricos na região do empreendimento correspondem aos depósitos subterrâneos do Aquífero São Paulo e ao escoamento superficial da Bacia do Alto Tietê. A precipitação atmosférica é a principal responsável pela reposição dos recursos hídricos, garantindo o escoamento superficial e a recarga de aquíferos subterrâneos.

A Organização das Nações Unidas (ONU) classifica como crítica as disponibilidades inferiores a 1.500 m³/hab/ano. Como supracitado, a BAT apresenta uma disponibilidade de 127,26 m³/hab/ano (FABHAT, 2020). Em relação às sub-bacias administrativas da BAT, todas possuem um cenário de criticidade, sendo a pior disponibilidade hídrica encontrada na sub-bacia Penha – Pinheiros, onde localiza-se o empreendimento em estudo. Acerca dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica, percebe-se um índice muito pequeno deles fora da faixa de criticidade (FABHAT, 2019).

Quanto às demandas, foram consideradas as finalidades de uso para o abastecimento público (abastecimento doméstico, comércio e serviços e indústrias ligadas na rede), abastecimento público oriundo de transposições, uso industrial, uso rural, soluções alternativas e outros usos. A demanda total foi estimada em 99,43 m³/s, sendo o abastecimento público o uso mais significativo, cuja demanda é igual a 85,77 m³/s, 86,26% do total estimado (FABHAT, 2020). O Gráfico 9.1 6 apresenta a divisão destes usos.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 265 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro
--	---

Gráfico 9.1.6 – Demandas por recursos hídricos na BAT



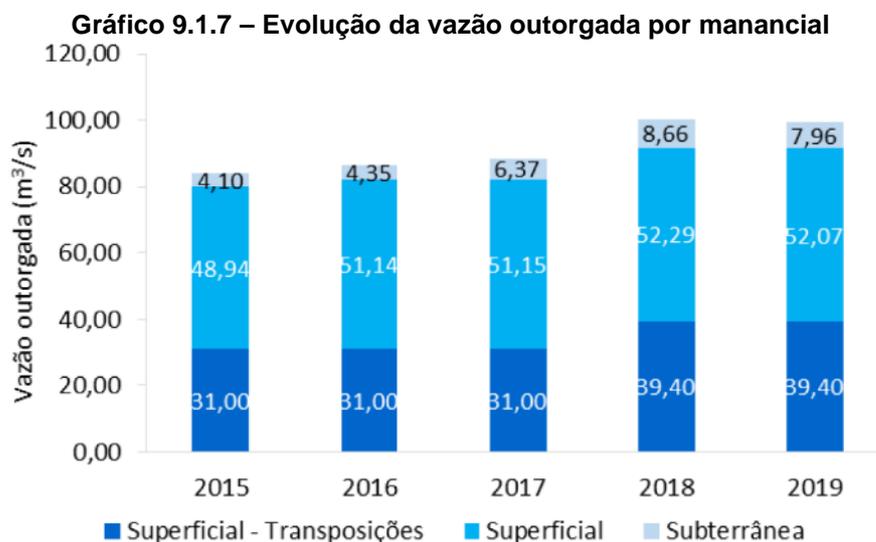
Fonte: FABHAT, 2019

A nível municipal, conforme o Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (PBH – AT), 2018, (FABHAT, 2019), os municípios com demandas mais expressivas, quando se considera a demanda total são Osasco (3.300,18 l/s), Mogi das Cruzes (3.331,34 l/s), São Bernardo do Campo (5.069,45 l/s) e São Paulo (47.967,85 l/s).

A evolução da demanda determinada por vazão outorgada, por tipo de manancial, é apresentada no Gráfico 9.1 7 a seguir.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 266 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro



Fonte: FABHAT, 2020

Verifica-se que do total da vazão outorgada na BAT, a vazão superficial é muito superior à subterrânea, apesar do número superior de captações subterrâneas, o que implica em baixas vazões por captação destas últimas. Para as transposições, foram consideradas as vazões do Sistema Cantareira e do Sistema Produtor São Lourenço, que em 2019 corresponderam a 33 m³/s e 6,4 m³/s, respectivamente (FABHAT, 2020).

Em relação ao balanço hídrico, a Figura 9.1 8 apresenta quadro síntese com os dados dos indicadores de balanço hídrico para o período 2015 – 2019 (FABHAT, 2020).

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 267 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Figura 9.1.8 – Balanço hídrico da BAT

Balanço					
Parâmetros	2015	2016	2017	2018	2019
Vazão outorgada total em relação à $Q_{95\%}$ (%)	171,1	179,0	185,6	196,6	193,6
Vazão total em relação à vazão média (%)	63,1	66,1	68,5	72,6	71,5
Vazão outorgada superficial em relação à vazão mínima superficial ($Q_{7,10}$) (%)	244,7	255,7	255,8	261,5	260,4
Vazão outorgada subterrânea em relação às reservas explotáveis (%)	37,2	39,6	57,9	78,7	72,3

Vazão outorgada total em relação à vazão média (%)	Classificação
≤ 2,5%	
> 2,5 % e ≤ 15%	
> 15 % e ≤ 25%	
> 25% e ≤ 50%	
> 50%	

- Vazão outorgada total em relação à $Q_{95\%}$ (%) - Vazão outorgada superficial em relação à vazão mínima superficial ($Q_{7,10}$) (%) - Demanda subterrânea em relação às reservas explotáveis (%)	Classificação
≤ 5%	
> 5 % e ≤ 30%	
> 30 % e ≤ 50%	
> 50 % e ≤ 100%	
> 100%	

Fonte: FABHAT, 2020

Portanto, observa-se que a situação de disponibilidade, demanda e balanço hídrico da Bacia do Alto Tietê é considerada crítica para as sub-bacias administrativas e quase todos os municípios da bacia hidrográfica. A maior parte da demanda é para destinada ao

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 268 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

abastecimento público e as captações estão concentradas principalmente no sistema cantareira e em captações superficiais dos demais mananciais existentes na bacia.

Vale pontuar que o suprimento de água potável para a RMSP é efetuado pelo Sistema Integrado de Abastecimento de Água, composto pelos sistemas produtores de água Cantareira, Guarapiranga, Rio Grande (Billings), Cotia (Alto e Baixo), São Lourenço, Alto Tietê, Rio Claro e Ribeirão da Estiva (de pequeno porte), os quais utilizam, basicamente, mananciais de superfície.

Estes sistemas produtores são interligados pelo denominado Sistema Adutor Metropolitano (SAM), o qual, além de conduzir a água tratada das Estações de Tratamento de Água (ETA) aos reservatórios setoriais de distribuição, para posterior distribuição pelas redes primárias e secundárias, também permite a transferência de água entre os sistemas produtores em momentos de restrição em algum deles ou de execução de serviços de manutenção.

Outorgas

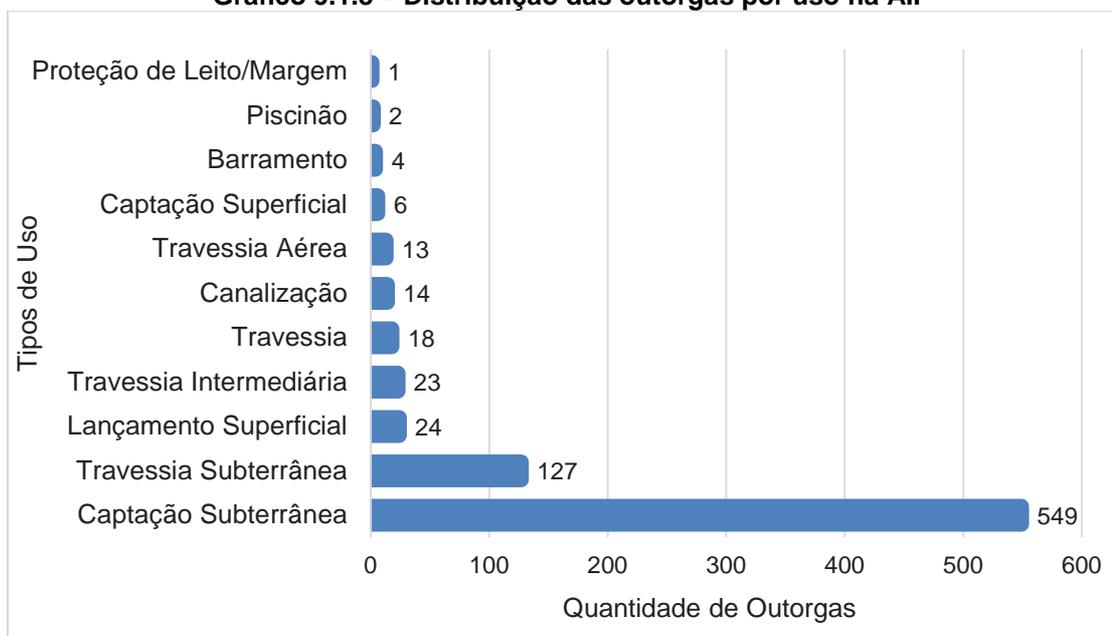
O levantamento dos usos da água na All foi realizado por meio de consulta ao banco de dados do DAEE, órgão responsável pela outorga de uso dos recursos hídricos e que dispõe das informações cadastrais quanto aos usos da água, conforme regulamentação do Decreto nº 63.262, de 09/03/2018, e pela Portaria DAEE nº. 717, de 31/12/1996.

O Gráfico 9.1 8 consolida um resumo dos pontos outorgados por uso na All da Linha 19-Celeste. A consulta foi realizada junto ao DAEE em setembro de 2021.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 269 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro
--	---

Gráfico 9.1.8 – Distribuição das outorgas por uso na All



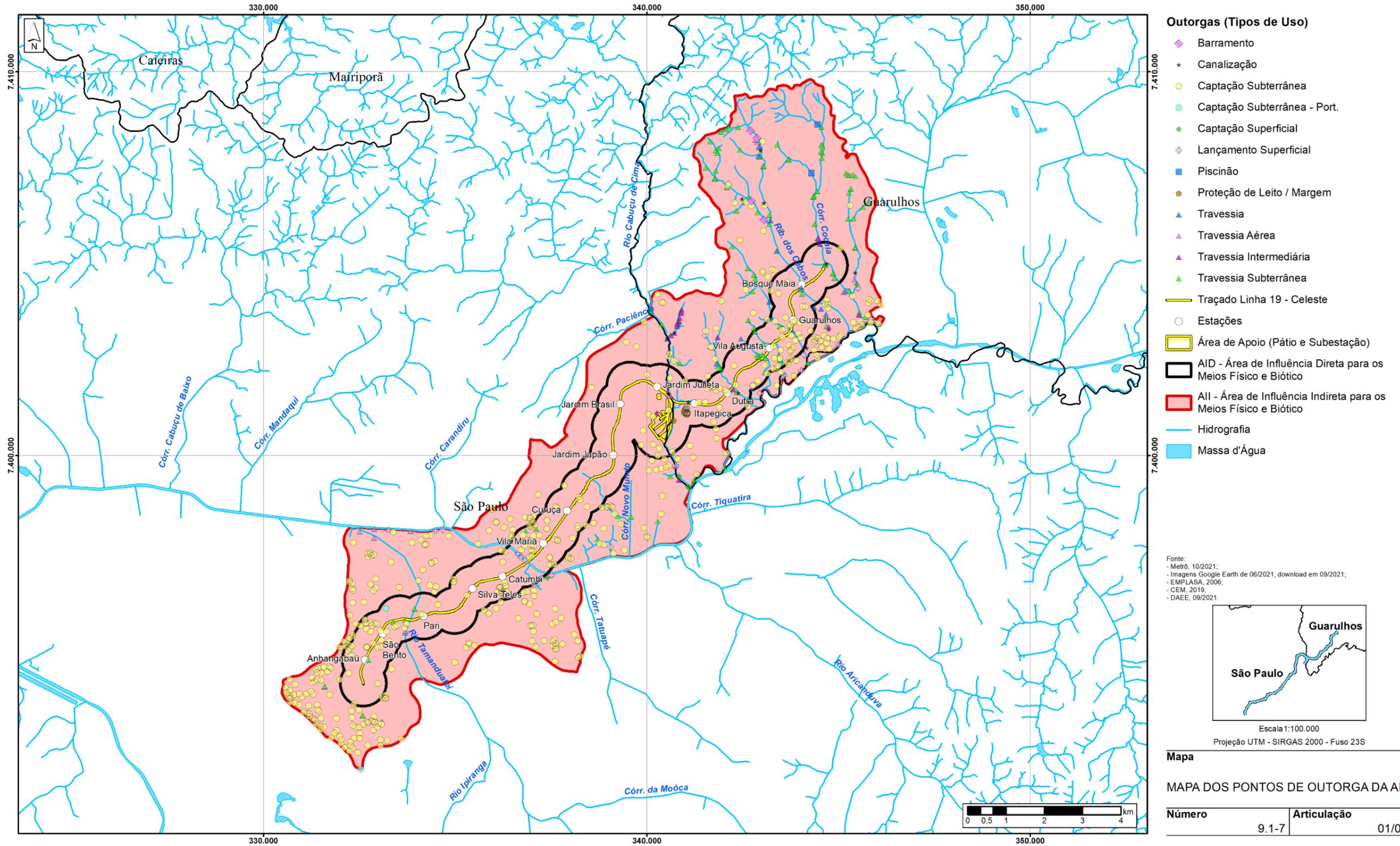
Fonte: Adaptado de DAEE, 2021

Foram identificados 781 pontos de outorgas na All no empreendimento em estudo, sendo 549 delas, ou aproximadamente 70,3%, destinadas à captação subterrânea. Em seguida, aparecem as outorgas para travessia subterrânea, com aproximadamente 16,3% do total.

A preponderância de usos para captação subterrânea enfatiza a questão crítica da disponibilidade hídrica superficial de água e, conseqüentemente, ao aumento da procura por novas formas de captação na All.

O Mapa 9.1 7 – Mapa de Pontos de Outorga da All apresenta a distribuição dos pontos de outorga na All da Linha 19-Celeste.

Mapa 9.1.7 – Mapa de Pontos de Outorga da AII



CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 271 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Saneamento Básico

Sobre o abastecimento de água, o índice de atendimento urbano de água na UGRHI-06 foi igual a 99,5% para o ano de 2018. O maior desafio a ser alcançado pelas operadoras de saneamento é a redução e controle das perdas físicas. Sendo que aproximadamente 99% da população da BAT encontra-se em área urbana, esse indicador proporciona um panorama real em relação ao percentual da população da bacia que possui abastecimento público de água. (FABHAT, 2020).

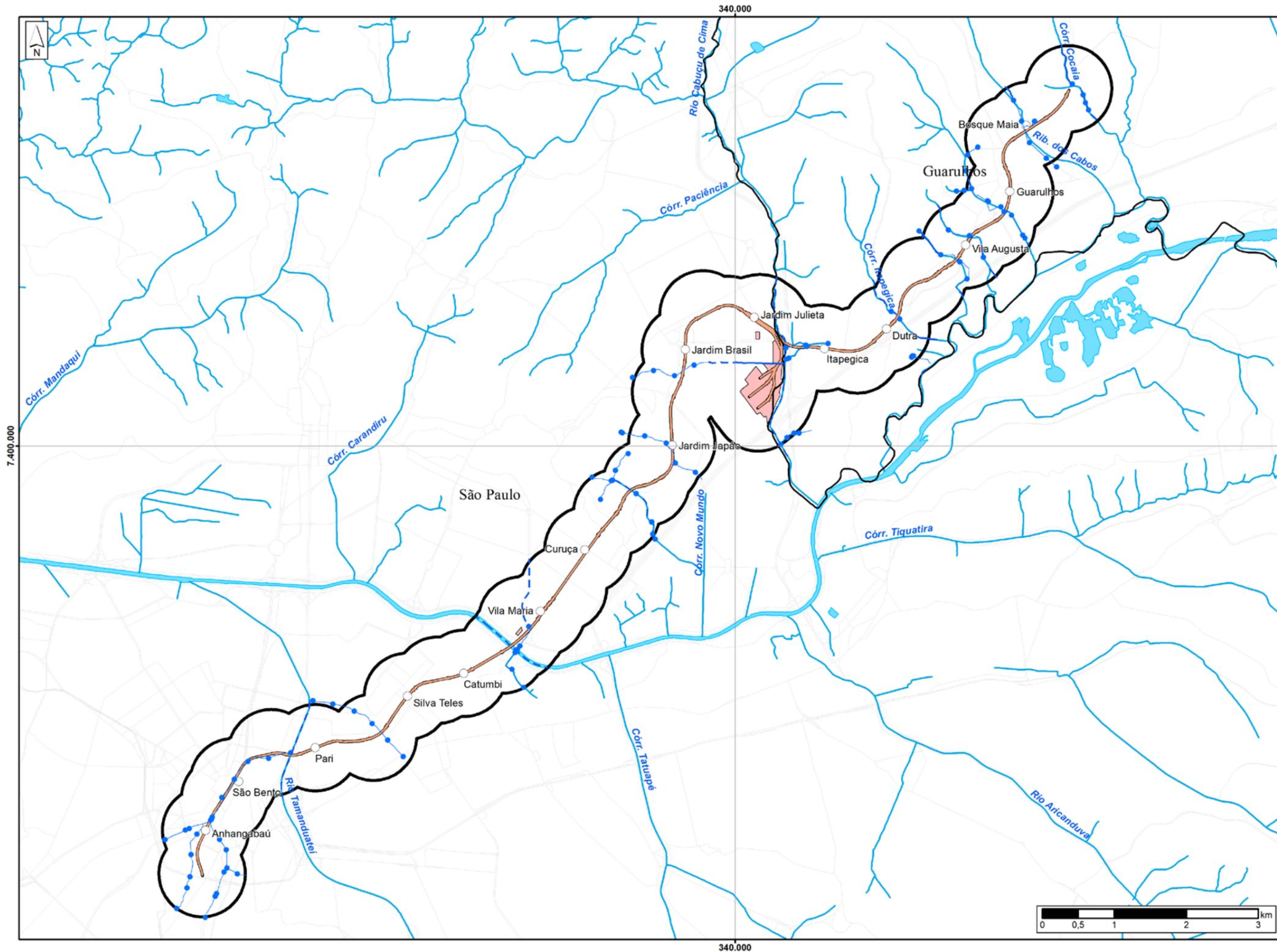
Quanto ao esgotamento sanitário, o relatório (FABHAT, 2020) aponta para uma situação não satisfatória, uma vez que em 2019 o índice de coleta de efluentes domésticos da UGRHI foi de 85,3% e o índice de tratamento foi de 51,1%. A infraestrutura de interceptores e tratamento de esgotos nas áreas centrais da BAT, denominado Sistema Principal pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), está implantada em praticamente todos os rios principais (Tietê, Tamanduateí e Pinheiros). No entanto, a disposição dos esgotos para as Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) ainda é baixa em virtude da dificuldade de implantação dos coletores tronco nos fundos de vale dos tributários. Para reverter essa situação são necessárias ações conjuntas no sistema de drenagem e de afastamento dos esgotos.

9.1.9.2 Recursos hídricos superficiais na AID e na ADA

Na análise dos recursos hídricos superficiais na AID e ADA, verifica-se que o traçado da Linha 19-Celeste, Trecho Bosque Maia/Anhangabaú, deverá interferir em 18 cursos d'água.

O Mapa 9.1 8 – Mapa de Classificação dos Leitões dos Cursos D'Água da AID identifica as características dos canais, aferidos por imagem de satélite e validados em campo. Nota-se que quase a totalidade da hidrografia foi restituída, ou seja, canalizada, e, dentre estas, grande parte também foi tamponada. Isso ocorre, pois, as porções de terreno onde se projeta a implantação da Linha 19-Celeste estão totalmente inseridas em zonas fortemente urbanizadas, provocando alterações nas características naturais dos cursos d'água.

Mapa 9.1.8 – Mapa de Classificação dos Leitoss dos Cursos D'Água da AID



Classificação dos Leitoss dos cursos d'água

- - - Canalizado
- Canalizado e tamponado
- Leito natural
- Traçado Linha 19 - Celeste
- Estações
- Área de Apoio (Pátio e
- AID - Área de Influência Direta para os Meios Físico e Biótico
- AII - Área de Influência Indireta para os Meios Físico e Biótico
- Hidrografia
- Massa d'Água

Fonte:
- Metrô, 10/2021;
- Imagens Google Earth de 06/2021, download em 09/2021;
- EMPLASA, 2006;
- CEM, 2019;



Escala 1:60.000
Projeção UTM - SIRGAS 2000 - Fuso 23S

Mapa
MAPA DE CLASSIFICAÇÃO DOS LEITOS DOS CURSOS D'ÁGUA DA AID

Número	Articulação
9.1-8	01/01

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 273 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

O Quadro 9.1.9 expõe as interferências que ocorrerão nos cursos d'água com a implantação da Linha 19-Celeste, incluindo informações das características do canal e sub-bacias. Foram identificados 25 cruzamentos do traçado com cursos d'água, dentre cursos conhecidos e sem denominação, com leito natural, canalizado ou canalizado e tamponado.

Quadro 9.1.9 – Cursos d'água transpostos pela Linha 19-Celeste

Ponto de Interferência	Curso d'água	Leito	Coordenadas UTM (SIRGAS 2000)		Sub-Bacias	Interferência Prevista
			Longitude (m E)	Latitude (m S)		
1	Sem denominação	Canalizado e tamponado	344.046	7.404.445	Ribeirão dos Cabos	Interferência direta
2	Rio dos Cubas	Canalizado e tamponado	344.025	7.404.368	Ribeirão dos Cabos	Travessia subterrânea
3	Sem denominação	Canalizado e tamponado	343.744	7.403.250	Córrego Guarulhos	Travessia subterrânea
4	Sem denominação	Canalizado e tamponado	343.286	7.402.921	Córrego Itapegica	Interferência direta
5	Sem denominação	Canalizado e tamponado	343.071	7.402.588	Córrego Itapegica	Travessia subterrânea
6	Sem denominação	Canalizado	342.262	7.401.809	Córrego Itapegica	Travessia subterrânea
7	Sem denominação	Canalizado e tamponado	340.918	7.401.370	Rio Cabuçu de Cima	Travessia subterrânea
8	Sem denominação	Canalizado e tamponado	340.803	7.401.384	Rio Cabuçu de Cima	Interferência direta
9	Rio Cabuçu	Canalizado	340.693	7.401.438	Rio Cabuçu de Cima	Travessia subterrânea
10	Córrego do Violão	Leito natural	340.610	7.401.142	Rio Cabuçu de Cima	Interferência direta
11	Córrego do Violão	Canalizado e tamponado	339.278	7.401.046	Rio Cabuçu de Cima	Travessia subterrânea
12	Córrego Novo Mundo	Canalizado e tamponado	339.129	7.399.921	Córrego Novo Mundo	Travessia subterrânea
13	Córrego Biquinha	Canalizado	338.555	7.399.387	Córrego Novo Mundo	Travessia subterrânea
14	Córrego da Divisa	Canalizado e tamponado	337.147	7.397.455	Córrego da Divisa	Travessia subterrânea
15	Rio Tietê	Canalizado	336.887	7.397.221	Córrego Tatuapé	Travessia subterrânea
16	Sem denominação	Canalizado e tamponado	335.083	7.396.021	Rio Tamanduateí	Travessia subterrânea
17	Rio Tamanduateí	Canalizado	333.832	7.395.704	Rio Tamanduateí	Travessia subterrânea
18	Córrego Anhangabaú	Canalizado e tamponado	333.718	7.395.729	Rio Tamanduateí	Travessia subterrânea
19	Córrego Anhangabaú	Canalizado e tamponado	333.294	7.395.665	Rio Tamanduateí	Travessia subterrânea

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 274 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Ponto de Interferência	Curso d'água	Leito	Coordenadas UTM (SIRGAS 2000)		Sub-Bacias	Interferência Prevista
			Longitude (m E)	Latitude (m S)		
20	Córrego Anhangabaú	Canalizado e tamponado	333.131	7.395.508	Rio Tamanduateí	Travessia subterrânea
21	Córrego Anhangabaú	Canalizado e tamponado	333.044	7.395.358	Rio Tamanduateí	Travessia subterrânea
22	Córrego Anhangabaú	Canalizado e tamponado	333.014	7.395.304	Rio Tamanduateí	Travessia subterrânea
23	Córrego Anhangabaú	Canalizado e tamponado	332.980	7.395.244	Rio Tamanduateí	Travessia subterrânea
24	Córrego Anhangabaú	Canalizado e tamponado	332.855	7.395.052	Rio Tamanduateí	Travessia subterrânea
25	Córrego Saracura	Canalizado e tamponado	332.707	7.394.791	Rio Tamanduateí	Travessia subterrânea

No quadro é incluído o tipo de interferência prevista em cada ponto a partir das informações de projeto existentes na atual etapa do empreendimento. O tipo de interferência é definido de acordo com a existência ou não de escavação e/ou unidade construtiva (estação/VSE) no ponto de interferência. É importante mencionar que tais interferências podem ser revistas de acordo com a evolução do detalhamento dos projetos. Verifica-se, nos 25 pontos de interferências previstos, 21 travessias subterrâneas e apenas 4 interferências diretas.

A seguir são apresentadas as imagens de satélite com o detalhe da localização dos pontos de interferências do traçado com os cursos d'água e registro fotográfico do contexto atual destes pontos, obtido por meio de visitas em campo ou imagens do *Google Street View*.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 275 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

- Estação Bosque Maia:

Figura 9.1.9 – Imagem de satélite do contexto do Rio dos Cubas tamponado (ponto 2).

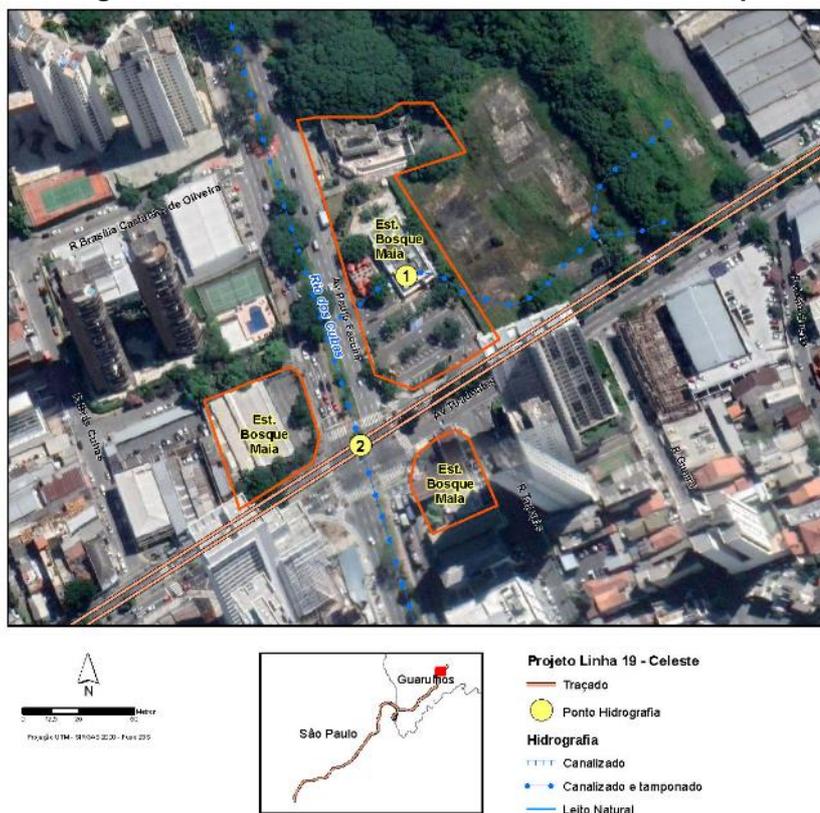


Figura 9.1.10 – Contexto onde passa o Rio dos Cubas sob Av. Paulo Faccini na região da estação Bosque Maia.



CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 276 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

- Entre Estação Guarulhos e VSE 03:

Figura 9.1.11 – Imagem satélite do contexto do córrego sem denominação tamponado, no ponto 3.

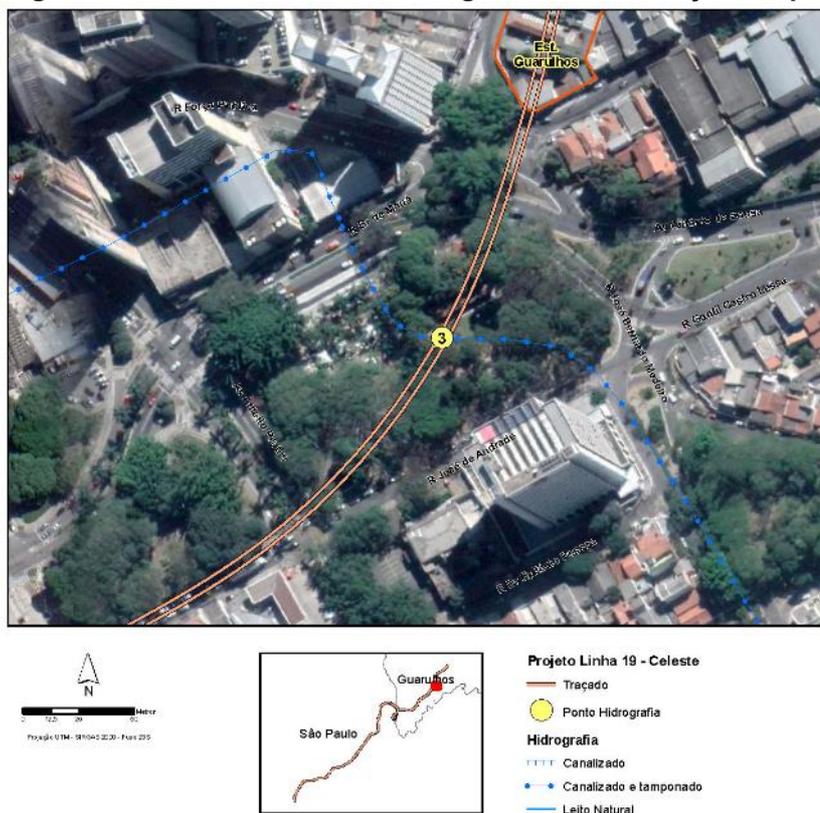


Figura 9.1.12 – Contexto onde passa o córrego sem denominação tamponado na região da Praça IV Centenário.



CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	277 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

• Estação Vila Augusta

Figura 9.1.13 – Imagem de satélite do contexto do córrego sem denominação tamponado, no ponto 4.

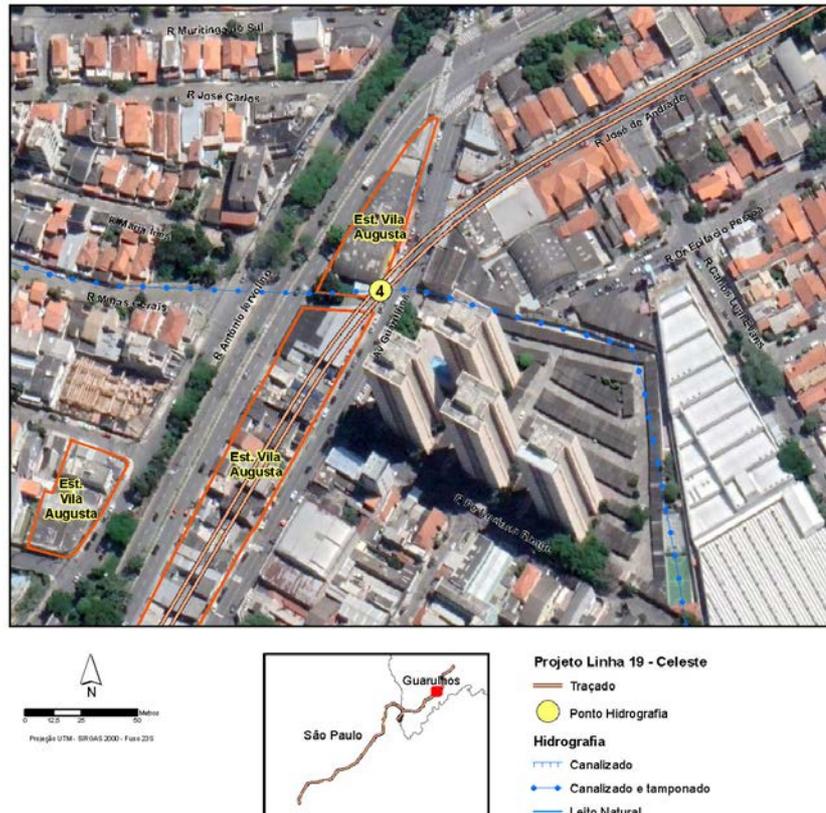


Figura 9.1.14 – Contexto onde passa o córrego sem denominação tamponado na Av. Guarulhos.

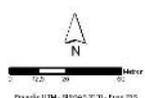


CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMISSÃO 28/01/2022	FOLHA 280 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

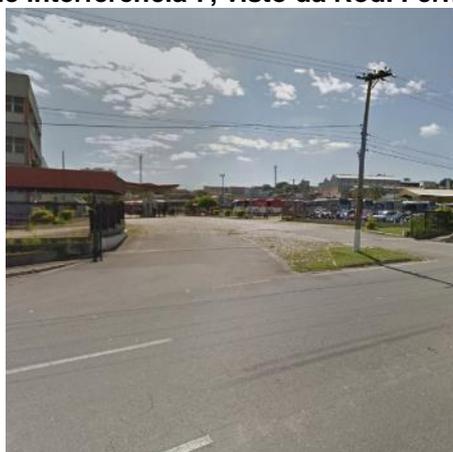
- Entre Estação Itapegica e VSE 06

Figura 9.1.19 – Imagem de satélite do contexto dos cursos d’água tamponados na região do VSE 06 (pontos 7 e 8).



- Projeto Linha 19 - Celeste**
- Traçado
 - Ponto Hidrografia
- Hidrografia**
- Canalizado
 - Canalizado e tamponado
 - Leito Natural

Figura 9.1.20 – Contexto onde se localiza o ponto de interferência 7, visto da Rod. Fernão Dias.

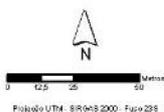
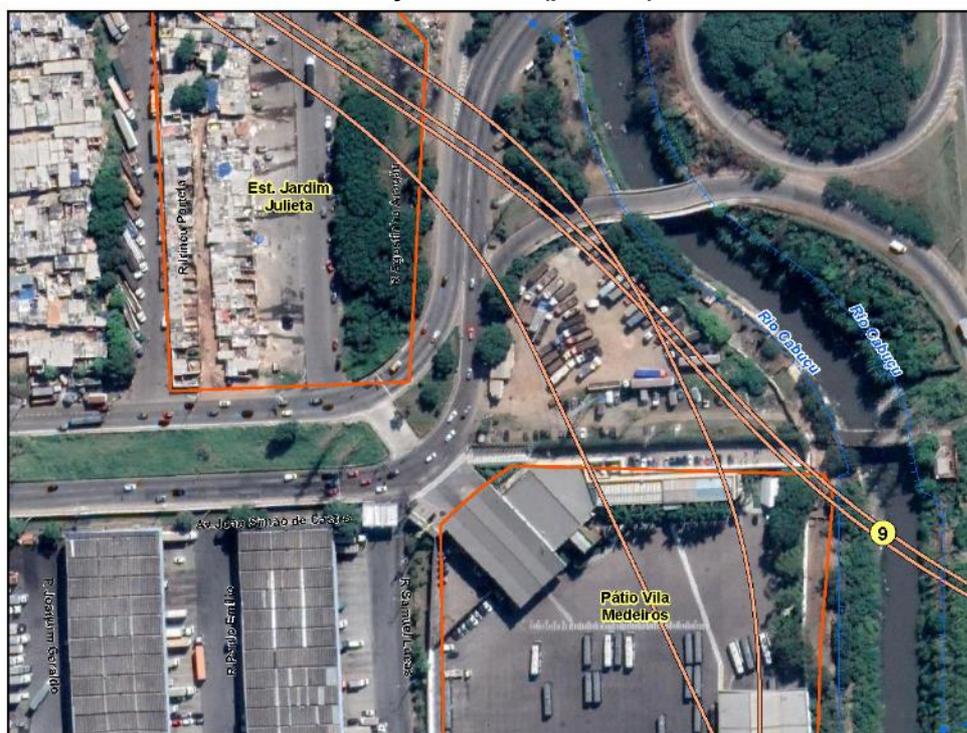


CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 281 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

- Pátio Vila Medeiros

Figura 9.1.21 – Imagem de satélite do contexto da região do Pátio Vila Medeiros, à margem do Rio Cabucu de Cima (ponto 9).



Projeto Linha 19 - Celeste

- Traçado
- Ponto Hidrografia

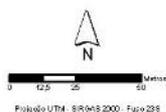
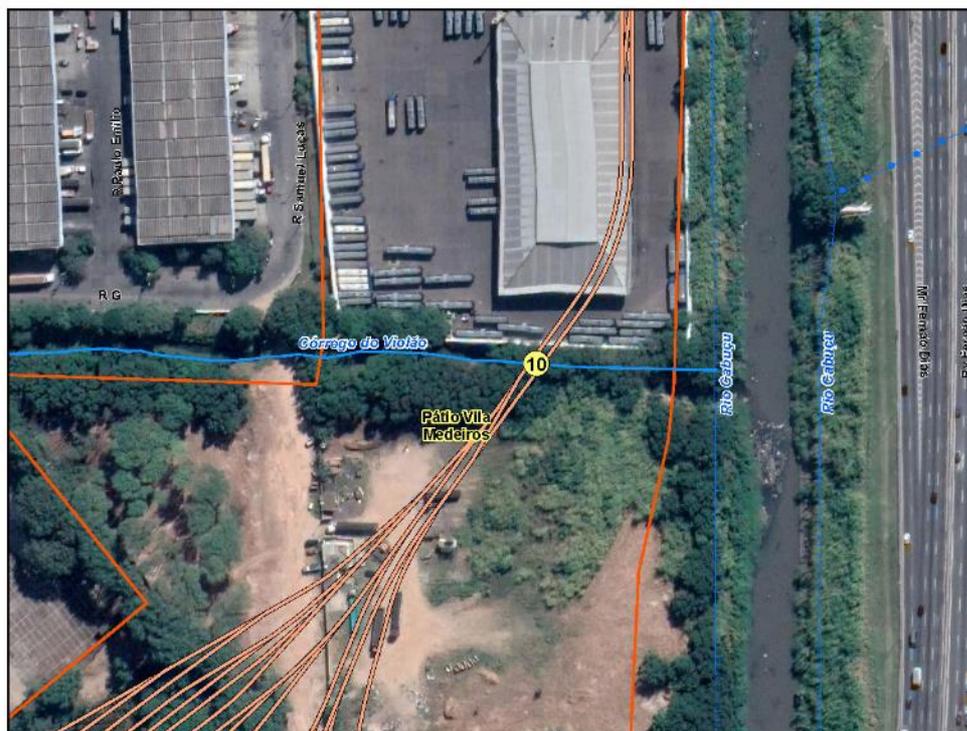
Hidrografia

- ▨ Canalizado
- Canalizado e tamponado
- Leito Natural

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 282 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Figura 9.1.22 – Imagem satélite do contexto do Córrego do Violão, trecho natural na área do Pátio Vila Medeiros (ponto 10).



- Projeto Linha 19 - Celeste**
- Traçado
 - Ponto Hidrografia
- Hidrografia**
- ▬ Canalizado
 - ▬ Canalizado e tamponado
 - Leito Natural

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMISSÃO 28/01/2022	FOLHA 284 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

- Estação Jardim Japão:

Figura 9.1.25 – Imagem de satélite do contexto do Córrego Novo Mundo tamponado no ponto 12.

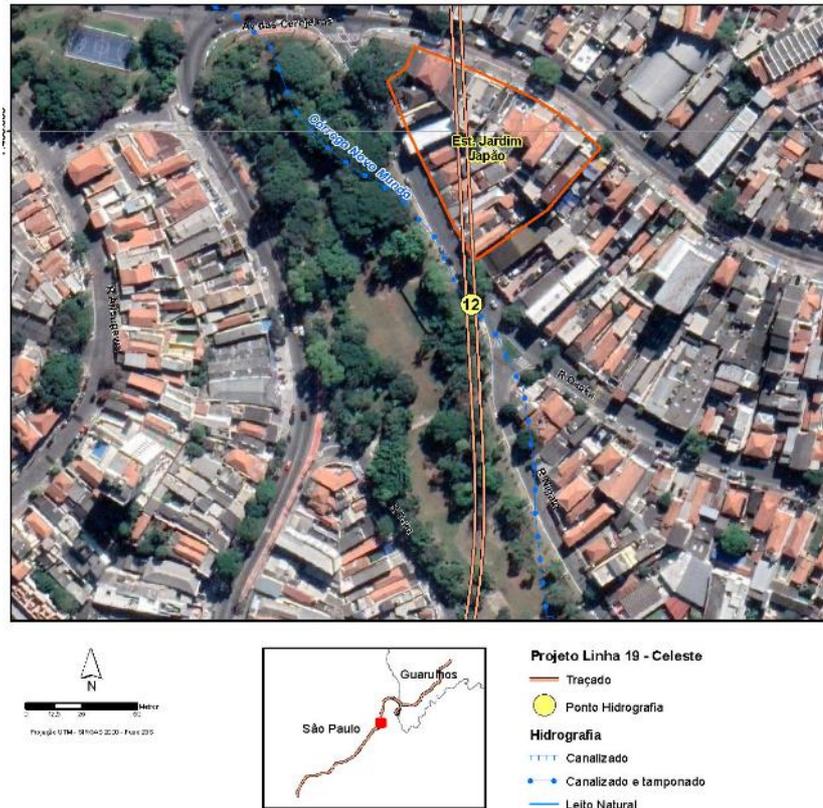


Figura 9.1.26 – Contexto onde passa o Córrego Novo Mundo tamponado visto da Rua Osaka, na região da Praça Oyeno.



CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMISSÃO 28/01/2022	FOLHA 285 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

- Entre VSE 10 e

Figura 9.1.27 – Imagem de satélite do contexto do Córrego Biquinha canalizado no ponto 13.

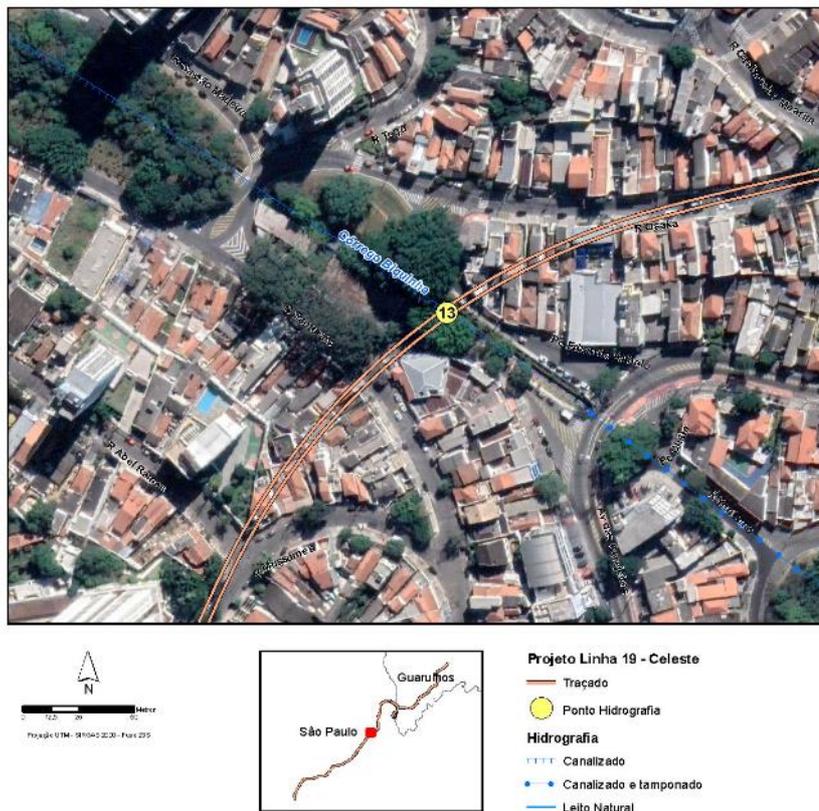


Figura 9.1.28 – Contexto onde passa o Córrego Biquinha canalizado na região da Praça Eduardo Rabelo.



CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 286 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

- Entre Estação Vila Maria e VSE 12

Figura 9.1.29 – Imagem de satélite do contexto do Córrego da Divisa tamponado, no ponto 14.



Figura 9.1.30 – Contexto onde passa o Córrego da Divisa na Av. Nadir Dias de Figueiredo.



CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 287 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Figura 9.1.31 – Imagem de satélite do contexto Rio Tietê no ponto 15.

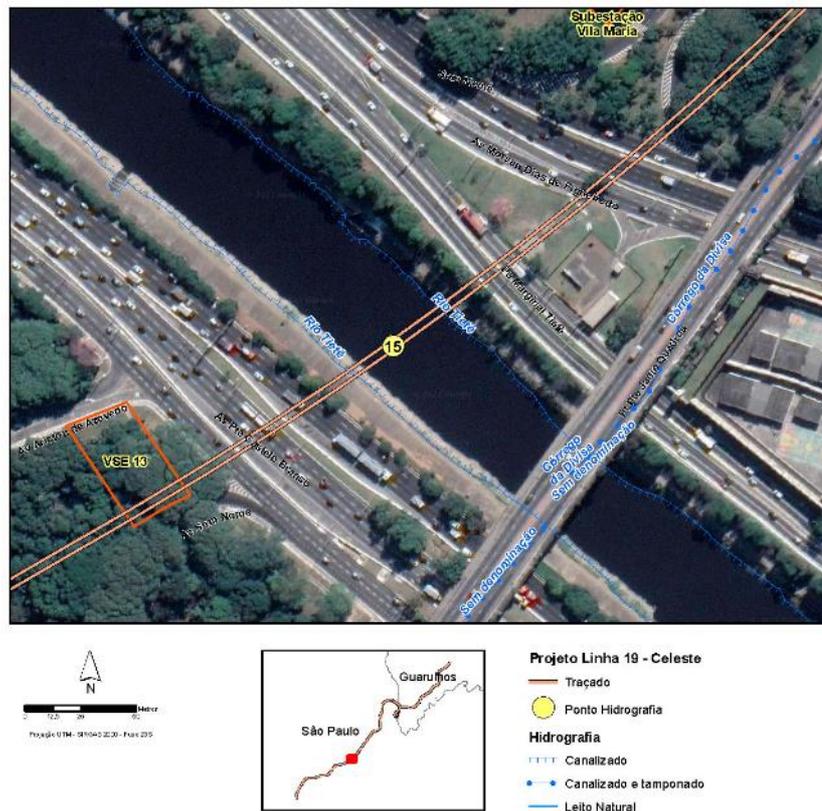


Figura 9.1.32 – Vista do trecho em que o traçado da Linha 19-Celeste passa sob o Rio Tietê, na Ponte da Vila Maria.



CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 289 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

- Entre Estação Pari e VSE 16

Figura 9.1.35 – Imagem de satélite do contexto do Rio Tamanduaí no ponto 17 e do Córrego Anhangabaú no ponto 18.



Figura 9.1.36 – Contexto onde passa o Córrego Anhangabaú, próximo ao ponto 18.

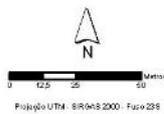
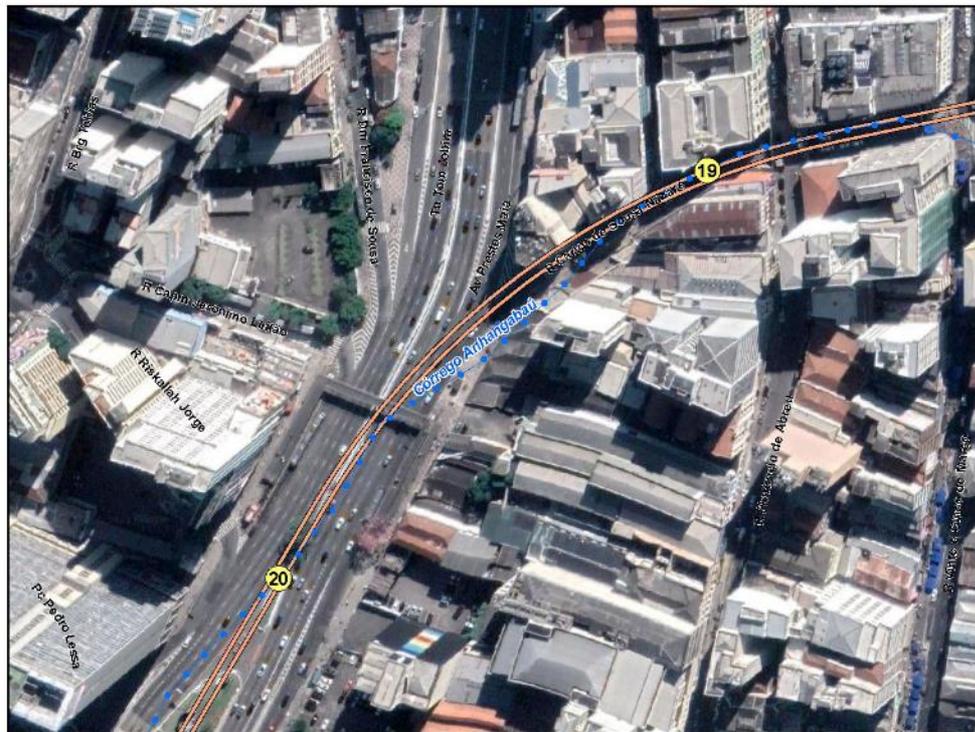


CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 290 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

- Entre VSE 16 e Estação Anhangabaú

Figura 9.1.37 – Imagem de satélite do contexto do Córrego Anhangabaú (pontos 19 e 20, sob Av. Prestes Maia).



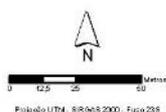
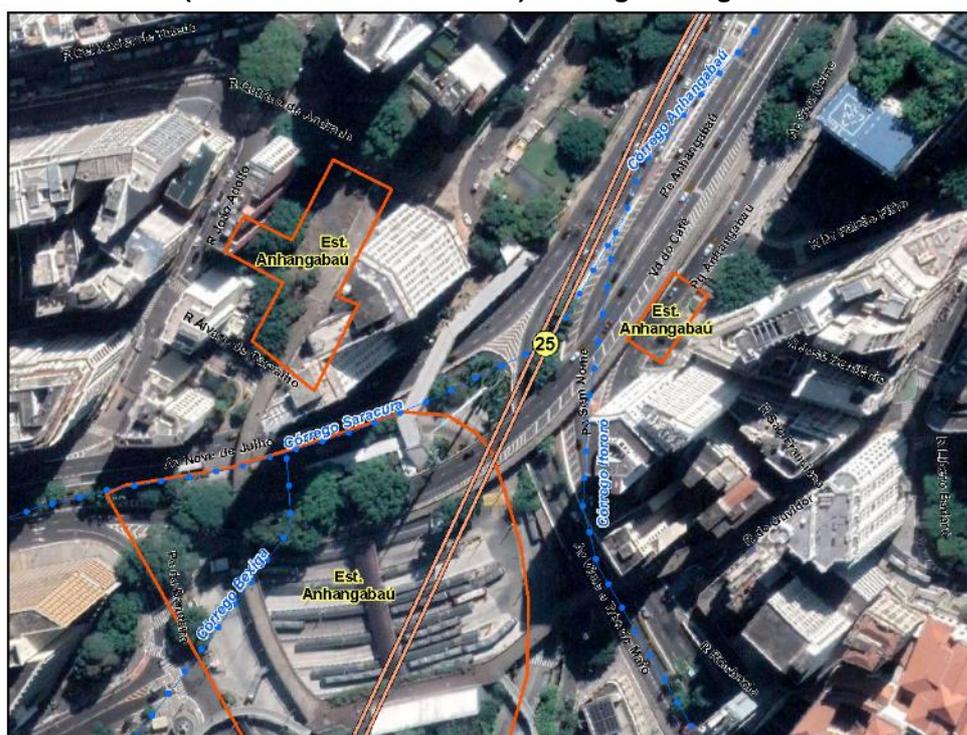
Projeto Linha 19 - Celeste

	Traçado
	Ponto Hidrografia
Hidrografia	
	Canalizado
	Canalizado e tamponado
	Leito Natural

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 293 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Figura 9.1.40 – Imagem de satélite do contexto dos córregos do Saracura (sob a Avenida 9 de Julho), Ribeirão do Itororó (sob a Avenida 23 de Maio) e Bexiga na região do Terminal Bandeira



- Projeto Linha 19 - Celeste**
-  Traçado
 -  Ponto Hidrografia
- Hidrografia**
-  Canalizado
 -  Canalizado e tamponado
 -  Leito Natural

Da análise dos cursos d'água que terão interferência da Linha 19-Celeste, é possível aferir que a AID da Linha 19-Celeste está sob a maioria dos cursos d'água tamponados ou canalizados em área densamente urbanizada.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 294 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

9.1.9.3 Qualidade das Águas Superficiais

A degradação dos recursos hídricos devido ao aumento dos despejos de efluentes domésticos e industriais nos rios e córregos inseridos em áreas densamente urbanizadas constitui um grave problema ambiental, não sendo diferente deste cenário a situação dos corpos d'água observados nas áreas de influência da Linha 19-Celeste.

Desta maneira, para obter-se um diagnóstico mais preciso da situação dos cursos d'água nas áreas de influência do empreendimento, consultou-se a rede de monitoramento oficial de qualidade das águas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e, para obtenção dos dados de monitoramento, utilizou-se o Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo, anos 2019 (CETESB, 2020) e 2020 (CETESB, 2021b).

A análise da qualidade das águas superficiais foi realizada considerando o contexto da All, AID e ADA conjuntamente, pois a partir dos dados disponíveis é possível apenas realizar uma avaliação regional da qualidade dos recursos hídricos existentes na área de interesse da Linha 19-Celeste.

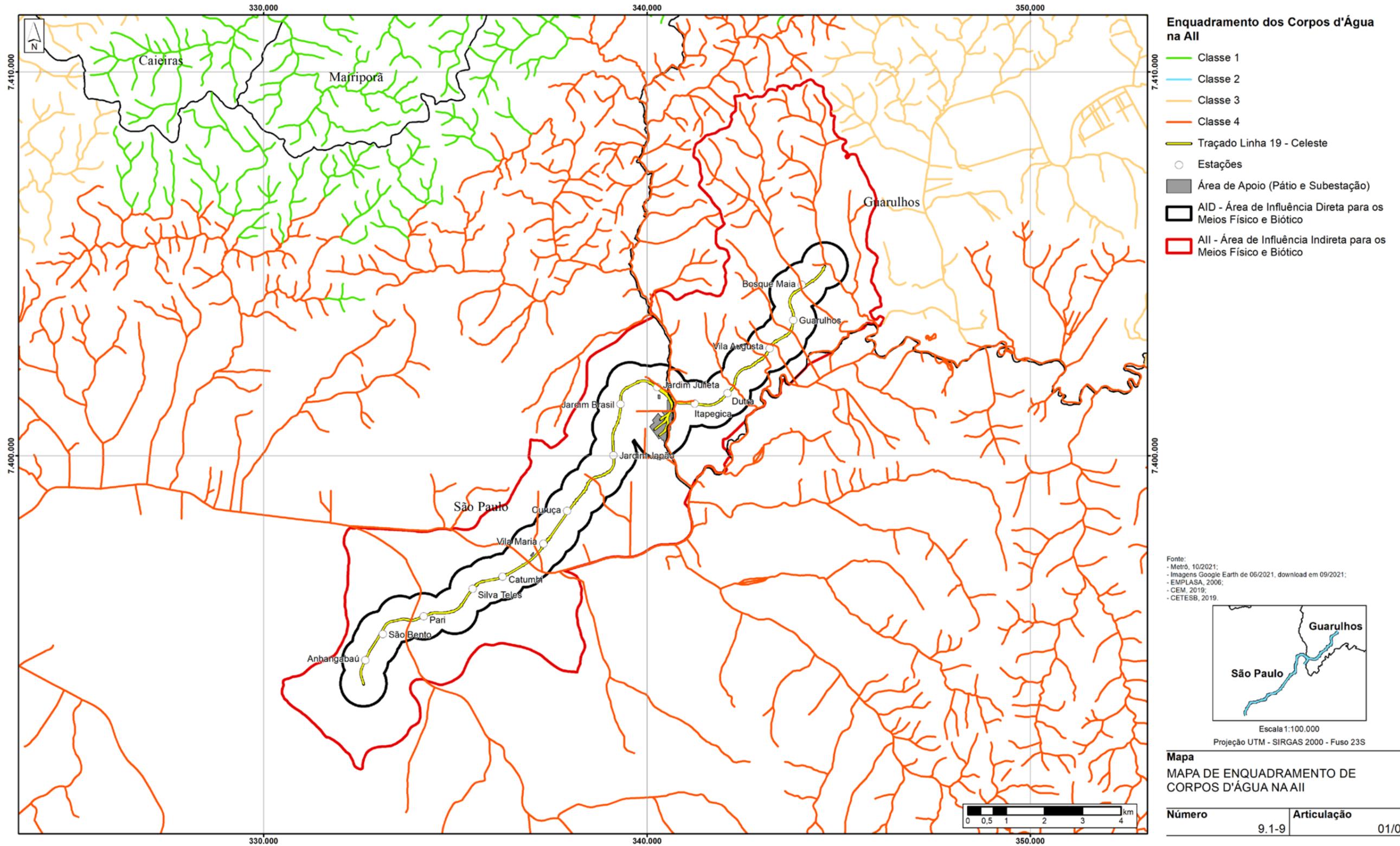
Enquadramento dos corpos d'água

O enquadramento dos corpos d'água é um instrumento de planejamento ambiental instituído na Política Nacional de Recursos Hídricos. No caso do Estado de São Paulo, o enquadramento dos corpos d'água para fins de usos preponderantes é definido pelo Decreto Estadual N° 10.755/77.

O Mapa 9.1 9 – Mapa de Enquadramento de Corpos D'Água na All apresenta a classe dos cursos d'água existentes dentro das áreas de influência do empreendimento, conforme enquadramento do decreto supracitado.

Observa-se que todos os corpos d'água localizados na All da Linha 19-Celeste foram enquadrados como Classe 4, que, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/2005, possuem águas que podem ser destinadas somente à navegação e harmonia paisagística. Este enquadramento é condizente com o uso e ocupação do solo no entorno dos corpos d'água, com intensa urbanização e despejos contínuos de efluentes domésticos e industriais sem a coleta e tratamento adequados.

Mapa 9.1.9 – Mapa de Enquadramento de Corpos D'Água na AII



CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 296 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Rede de Monitoramento e Índice de Qualidade da Água

A Bacia do Alto Tietê (BAT) – UGRHI-06 possui 100 pontos de monitoramento de água em 2020. A partir das estações de monitoramento é possível aferir as variáveis de qualidade, que fazem parte do cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), as quais refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante salientar que este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas.

Resumidamente, para o cálculo do IQA é estabelecida uma pontuação de qualidade que varia de 0 a 100 para as nove variáveis que entram na composição do índice. A qualidade é elevada à ponderação correspondente à importância da variável. Assim, o IQA é obtido multiplicando-se cada componente.

O Quadro 9.1 10 apresenta a distribuição percentual do IQA verificado na UGRHI-06, calculada a partir das médias anuais, relativas a 2020, de cada ponto de amostragem do monitoramento realizado pela CETESB.

Quadro 9.1.10 – IQA na BAT em 2020

Nº da UGRHI	Descrição da UGRHI	Nº de Pontos de amostragem	% de pontos em cada faixa de qualidade				
			Otima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
06	Alto Tietê	100	7	17	13	33	30

Fonte: CETESB, 2020b

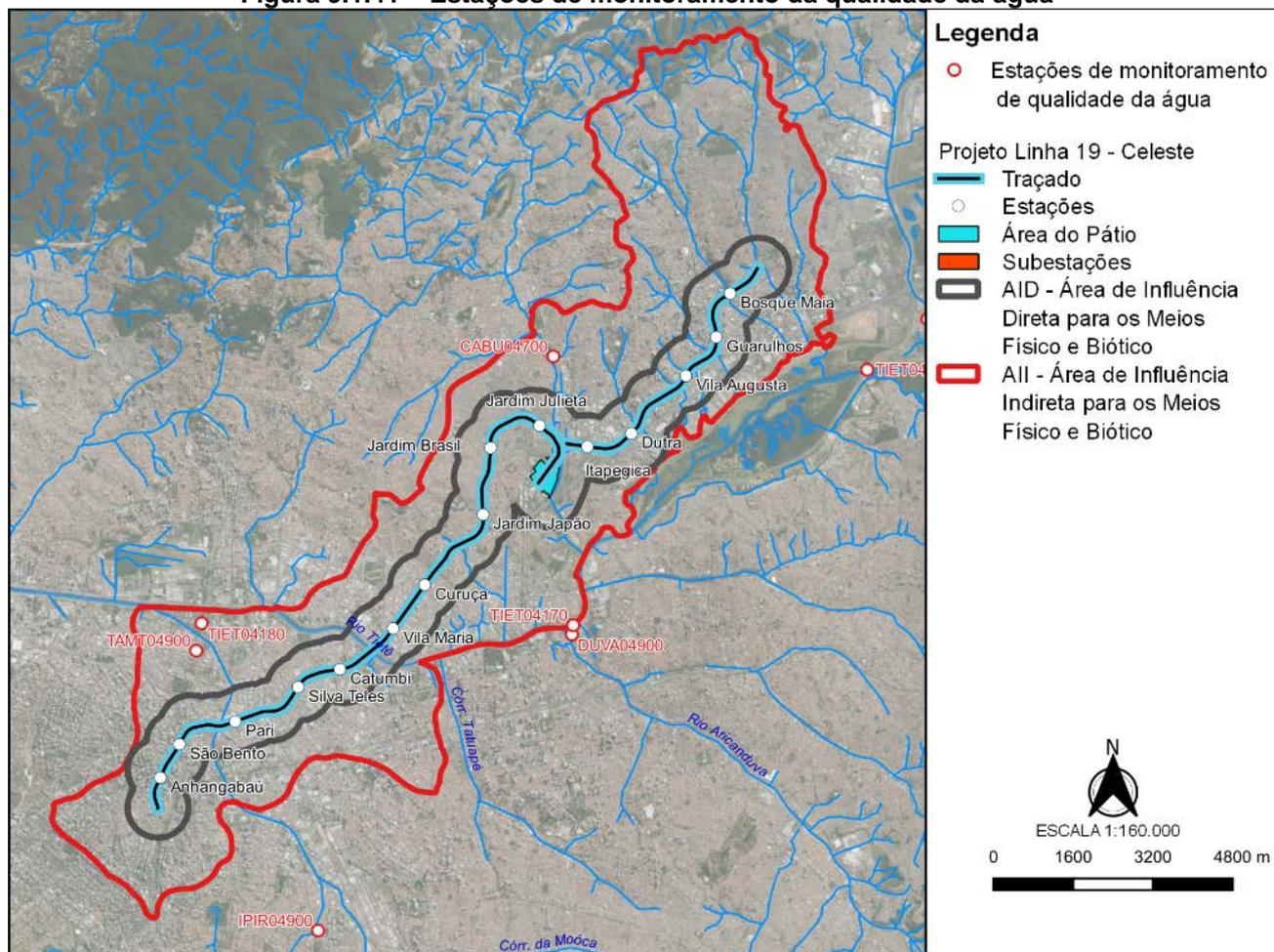
Analisando o quadro acima é possível aferir que a UGRHI 06 em sua totalidade apresentou alta porcentagem de pontos avaliados com IQA péssima (30%) e ruim (33%), o que se deve à alta contribuição de esgotos no alto curso da bacia do Tietê (grande densidade populacional).

Para uma análise local, elegeram-se pontos de amostragem significativos existentes na All do empreendimento para caracterizar a qualidade ambiental de cursos d'água que tenham alguma intersecção com ele. Assim, pela localização e disponibilidade de dados foram escolhidos três pontos da All: no rio Tamandateí (TAMT 04900), no rio Cabuçu de Cima (CABU 04700) e no rio Tietê (TIET 04180), conforme a Figura 9.1 41.

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 297 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Figura 9.1.41 – Estações de monitoramento da qualidade da água



Fonte: CETESB, 2021b

A qualidade das águas pode ser afetada tanto por lançamentos de efluentes de origem doméstica quanto industrial. Dessa forma, os impactos causados pelos esgotos domésticos e industriais podem ser avaliados através de variáveis de qualidade específicas.

Posto isto, para estas estações de monitoramento são apresentadas, no Quadro 9.1 11, as médias de 2020, 2019 e as históricas (2014 a 2018) das principais variáveis de qualidade que indicam, principalmente, o lançamento de esgotos domésticos, como: Condutividade, Turbidez, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal, Oxigênio Dissolvido, DBO, Fósforo Total e Escherichia coli. Optou-se por abordar também os dados médios de qualidade da água apresentados no Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo referente aos anos de 2019 (CETESB, 2020) devido às restrições impostas pela pandemia do coronavírus SARS-

CÓDIGO RT-19.00.00.00/1Y1-004	REVISÃO A
EMIÇÃO 28/01/2022	FOLHA 298 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ) 	EMITENTE José Luís Ridente Júnior ANÁLISE TÉCNICA Ana Paula R dos Santos Segarro
---	---

CoV-2, que atingiu o país no início de 2020 e afetou a operação da rede de monitoramento ambiental da CETESB, acarretando descontinuidades parciais das análises para os pontos CABU 04700 e TIET 04180.

Adiante, para consolidar estes resultados é apresentado o cálculo das médias anuais do Índice de Qualidade da Água (IQA) para as mesmas estações em análise entre os anos de 2014 e 2020 (Quadro 9.1 12). Lembrando que este índice considera variáveis de qualidade que indicam o lançamento de efluentes sanitários para o corpo d'água, fornecendo uma visão geral sobre as condições de qualidade das águas superficiais.

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	299 de 1398

Quadro 9.1.11 – Resultados dos parâmetros de qualidade nas estações de qualidade da água

			2020	2019	2014 a 2018	2020	2019	2014 a 2018	2020	2019	2014 a 2018	2020	2019	2014 a 2018	2020	2019	2014 a 2018	2020	2019	2014 a 2018	2020	2019	2014 a 2018	2020	2019	2014 a 2018
			6	Rio Cabuçu	CABU 04700	N.D.	672	605	N.D.	67	62	N.D.	0,23	0,37	N.D.	21	21	N.D.	0,67	0,92	N.D.	67	69	N.D.	2,3	2,5
	Rio Tamanduateí	TAMT 04900	570	541	601	47	42	58	0,72	0,71	0,27	15,4	15	18	1,5	1,1	0,68	42,3	53	83	2,7	1,8	2,6	2,40E+06	3,30E+06	3,40E+06
	Rio Tietê	TIET 04180	N.D.	561	672	N.D.	40	47	N.D.	0,2	0,24	N.D.	11	15	N.D.	0,77	0,66	N.D.	25	47	N.D.	1,2	1,8	N.D.	1,20E+06	9,90E+05

N.D.: Não disponível.

Fonte: Adaptado de CETESB, 2020

Quadro 9.1.12 – IQA médio anual de 2014 a 2020

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
6	Rio Cabuçu	CABU 04700	15 (5 amostras)	13 (6 amostras)	16 (6 amostras)	16 (6 amostras)	17 (6 amostras)	14 (6 amostras)	37 (1 amostra)
	Rio Tamanduateí	TAMT 04900	15 (4 amostras)	14 (6 amostras)	14 (6 amostras)	18 (6 amostras)	14 (6 amostras)	17 (6 amostras)	19 (4 amostras)
	Rio Tietê	TIET 04180	18 (6 amostras)	16 (6 amostras)	19 (6 amostras)	17 (6 amostras)	16 (6 amostras)	20 (6 amostras)	32 (1 Amostra)

Legenda	Ótima 79 < IQA ≤ 100	Boa 51 < IQA ≤ 79	Regular 36 < IQA ≤ 51	Ruim 19 < IQA ≤ 36	Péssima IQA ≤ 19
---------	-------------------------	----------------------	--------------------------	-----------------------	---------------------

Fonte: Adaptado de CETESB, 2020

CÓDIGO	REVISÃO
RT-19.00.00.00/1Y1-004	A
EMIÇÃO	FOLHA
28/01/2022	300 de 1398

EMITENTE (EMPRESA / METRÔ)	EMITENTE
	José Luís Ridente Júnior
	ANÁLISE TÉCNICA
	Ana Paula R dos Santos Segarro

Analisando os resultados das principais variáveis de qualidade nas três estações de monitoramento consideradas, observa-se que não há alterações significativas das médias das variáveis nos anos de 2020 e 2019 e nas médias entre 2014 e 2018. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357, as águas doces de Classe 4 não possuem limites máximos para a maioria dos parâmetros. Da comparação com os padrões de qualidade dos corpos d'água Classe 3, verifica-se que apenas a turbidez e o nitrogênio-nitrato estão dentro dos valores máximos permitidos.

Em relação ao IQA, entre os anos de 2014 e 2019, as médias anuais apontaram majoritariamente valores classificados como péssimo, exceto no ponto TIET 04180 em 2019 (que resultou em 20, classificado como ruim mas no limiar entre a categoria péssima), sinalizando para a situação emergencial de qualidade dos corpos d'água presentes na All da Linha 19-Celeste. Em 2020, para os pontos CABU 04700 e TIET 04180, foi possível calcular apenas um IQA, no mês de fevereiro, resultando 37 (regular) e 32 (ruim) respectivamente. Entretanto, tais dados devem ser considerados com ressalva, haja vista a não-representatividade sazonal da amostragem.

Em campo foi possível aferir visualmente as condições degradantes dos cursos d'água, bem como sentir odor acentuado, indicativo de alteração da qualidade ambiental. As fotos a seguir ilustram a situação do Rio Cabuçu e do Rio Tamandateí, sendo possível visualizar uma cor alterada e presença de muitos sedimentos e resíduos na calha dos rios.

Foto 9.1.10 – Vista para o Rio Cabuçu



Foto 9.1.11 – Vista para o Rio Tamandateí

