

Capítulo 5.2 - Índice

5.2	MEIO FÍSICO	5.2-2
5.2.1	Geomorfologia	5.2-2
5.2.1.1	Caracterização Regional	5.2-2
5.2.1.2	Geomorfologia Local	5.2-6
5.2.2	Geologia e Geotecnia	5.2-15
5.2.2.1	Caracterização regional	5.2-15
5.2.2.2	Caracterização Local	5.2-22
5.2.3	Hidrogeologia	5.2-34
5.2.3.1	Caracterização Regional	5.2-34
5.2.3.2	Caracterização local	5.2-37
5.2.4	Clima	5.2-38
5.2.4.1	Características físico – climáticas de Sousas	5.2-39
5.2.5	HIDROGRAFIA	5.2-50
5.2.5.1.1	Usos e Disponibilidades dos Recursos Hídricos de Superfície	5.2-55
	Aspectos Qualitativos	5.2-57
	Características Físicas da Implantação do Empreendimento	5.2-59
5.2.6	RUÍDOS	5.2-63
5.2.6.1	ÁREA DIRETAMENTE AFETADA	5.2-63
5.2.6.1.1	Implantação do empreendimento	5.2-63
5.2.6.1.2	Acesso ao empreendimento	5.2-70
5.2.6.1.3	Considerações sobre o diagnóstico de ruído na ADA	5.2-80
5.2.6.2	ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID)	5.2-80
5.2.6.2.1	Considerações sobre o diagnóstico de ruído na AID	5.2-83
5.2.6.3	AREA DE INFLUENCIA INDIRETA (AII)	5.2-83

5.2 MEIO FÍSICO

5.2.1 Geomorfologia

5.2.1.1 Caracterização Regional

Para esta abordagem, a nível regional, foram analisados e integrados dados bibliográficos, dados provenientes da interpretação de imagem do TM-LANDSAT TM (Thematic Mapper) na escala 1:50.000 e fotografias aéreas na escala 1:15.000.

A região de Campinas encontra-se sobre a área de transição entre os compartimentos geomorfológicos denominados de Planalto Atlântico (Almeida, 1964) e a Depressão Periférica (Moraes Rego, 1932).

A área onde se desenvolve o empreendimento encontra-se entre a borda leste da Província Geomorfológica Depressão Periférica e a borda oeste das serranias cristalinas do pré-cambriano. Esta depressão é delimitada, a oeste, pelas cuestas basálticas da Borda da Mata e Monte Santo e forma um corredor de aproximadamente 50km de largura, que corta o Estado de São Paulo de nordeste a sudoeste em sua porção central (Ab´Saber, 1956).

Nesta região, é característico o relevo com uma configuração mais recortada, com drenagens entalhando vales mais profundos formando morrotes alongados nos maciços cristalinos. Camadas subhorizontais de terrenos sedimentares encostam-se à borda do cristalino formando colinas amplas, às vezes com topos tabuliformes. O terreno colinoso apresenta um conjunto suavemente ondulado, dotados de topos planos com altitudes da ordem de 780m, cortados por vales pouco profundos, às vezes de fundo chato com altitudes da ordem de 620m.

O padrão de drenagem regional tem características dendríticas, com vales alinhados segundo direções estruturais conhecidas do embasamento cristalino. Os rios Atibaia e Piçarrão e os córregos do Onça e do Tanquinho constituem os principais elementos da hidrografia que drena a área no sentido nordeste e noroeste.

A micro-região do entorno do traçado pretendido, conforme a subdivisão do IPT (1981), está associado ao relevo de planaltos dissecados, onde predomina uma morfologia com declividades baixas, geralmente inferiores a 15%.

Nela, estão presentes os seguintes sistemas de relevo: Planícies Aluviais e Terraços Fluviais, Relevo de Colinas Médias e Colinas Amplas, Morrotes Alongados Paralelos, Morrotes Alongados e Espigões, Morros com Serras Restritas e Serras Alongadas, especificados a seguir:

Planícies Aluviais (111) - Relevo geralmente plano, com declividade em torno de 2%, restrito a algumas faixas ao longo dos principais rios da região.

Colinas Amplas (212) - Relevo presente nos extremos norte e noroeste da região onde se encontra o empreendimento, apresentando topos aplainados a arredondados e vertentes ravinadas com perfis convexos a retilíneos. O padrão de drenagem é subparalelo a dendrítico, que formam vales fechados.

Colinas Médias (213) - Apresenta topos aplainados e vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem com padrão sub-retangular, vales abertos a fechados com planícies aluviais interiores restritas. Predominam interflúvios com áreas de 1a 4km².

Morrotes Alongados Paralelos (232) - O relevo de morrotes alongados paralelos apresenta topos arredondados e vertentes com perfis retilíneos a convexos. Os vales são fechados e o padrão de drenagem é paralelo. Este relevo é encontrado no centro leste da região, por onde se estende a área de intervenção.

Morrotes Alongados e Espigões (234) - Situados a oeste e canto sudeste da região, os morrotes e espigões apresentam topos angulosos a achatados e vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Os interflúvios não apresentam orientação preferencial, os vales são fechados e a drenagem tem padrão dendrítico.

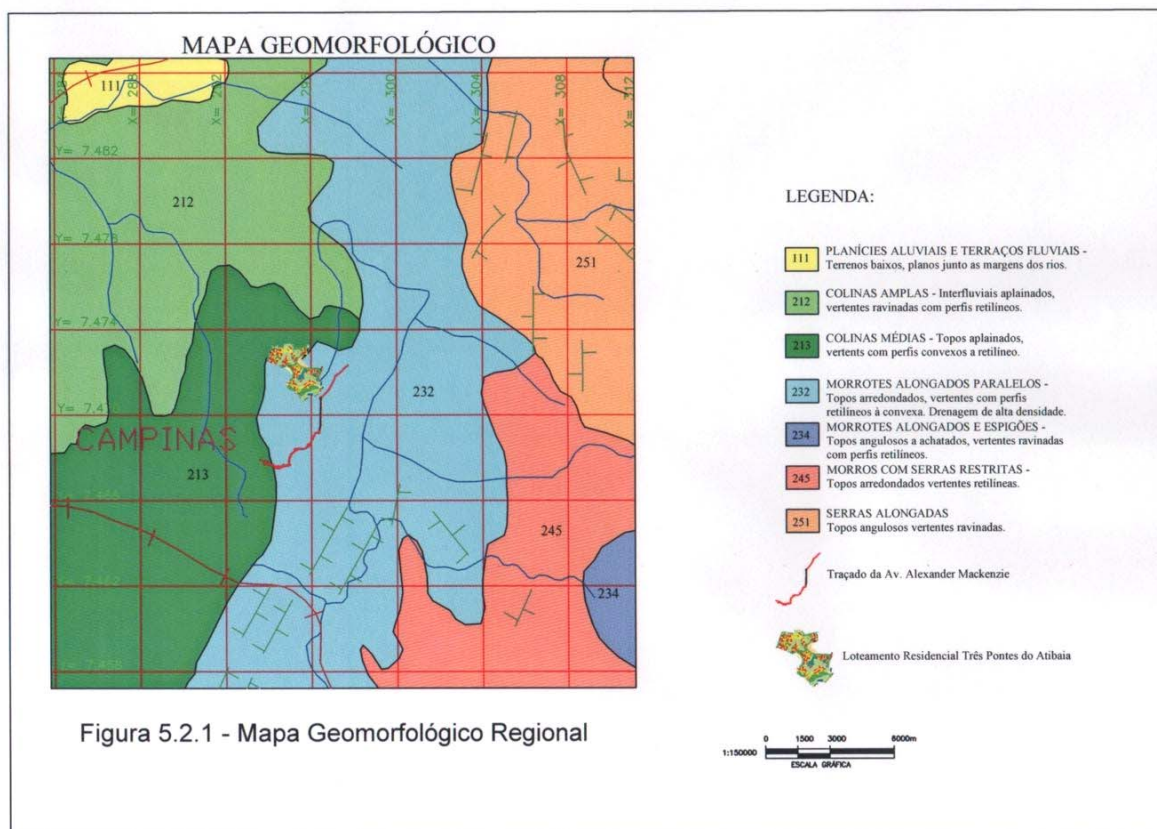
Morros com Serras Restritas (245) - Encontrado no extremo sudeste da região, este tipo de relevo é caracterizado por possuir vertentes com perfis retilíneos a convexas, formando vales fechados a abertos com planícies aluvionares interiores restritas. Do topo dos morros arredondados, parte uma densa rede de drenagem de padrão dendrítico.

Serras Alongadas (251) - Geralmente alinham-se paralelamente a direções estruturais. São relevos residuais sustentados a granitos e quartzito, constituindo morros com amplitudes em torno e abaixo de 300m. Apresentam geralmente topos angulosos, vertentes ravinadas com perfis retilíneos, alta densidade de drenagem com padrão paralelo e vales fechados.

A distribuição espacial destes sistemas de relevo na região onde deverá ser implantado o empreendimento pode ser visualizada na **Figura 5.2.1-1** – Mapa Geomorfológico Regional.

O relevo colinoso da Depressão Periférica não está associado diretamente a rochas sedimentares, pois em alguns locais transgride seus limites e avança sobre as rochas cristalinas.

O trecho onde esta prevista a ampliação pretendida pode ser considerado uma zona de transição onde as elevações colinosas tendem a tornar-se mais abruptas em direção ao Rio Atibaia, tornando-se morrotes alongados.



Mapa Geomorfológico Regional Fonte: modificado de IPT, (1981)

5.2.1.2 Geomorfologia Local

Esta abordagem de abrangência local pretende detalhar o enfoque, apresentado anteriormente a nível regional, especificamente para as áreas de influência do empreendimento.

Para isso, esta abordagem constou da caracterização de seus detalhes através de observações e medidas de campo, perfis de caminhamento e ensaios táteis visuais, além da inserção da área de interesse no contexto regional.

Neste contexto privilegiou-se a identificação de litologias, estruturas, descrição de solo, relevo (declividade e tipo de vertente), análise das características geotécnicas e identificação do nível freático.

O traçado projetado para a nova via urbana está situado na bacia do Rio Atibaia, que drena no sentido nordeste. Nesta área, as formas de relevo são de Morrotes Alongados Paralelos e Colinas Médias, onde as maiores altitudes encontradas são da ordem de 795m, com amplitudes inferiores a 100m. Apresentam topos arredondados e vales abertos, que desenham um sistema de drenagem com padrão retilíneo a dentrítico.

O relevo de Morrotes Alongados Paralelos e Colinas Médias faz transição harmônica para o relevo de Colinas Amplas na parte oeste da área de influência do empreendimento. Nesta área, a morfologia do terreno apresenta altitudes locais da ordem de 690 a 700m e suas características ainda são topos aplainados e vertentes convexas a retilíneas, com declividades inferiores a 15%, sendo que a drenagem é subdendrítica a subretangular. Tais características podem ser observadas nas **Fotos 5.2.1-1 a 5.2.1-5**, apresentadas a seguir.



Foto 5.2.1-1 Aspecto geral do relevo da área a partir da Rodovia D. Pedro I visada para N-NE. Em primeiro plano, Relevo Colinoso no contato entre sedimentos e cristalino e, ao fundo, Morrotes Alongados Paralelos e Morros Alongados sobre as rochas cristalinas.



Foto 5.2.1-2 Relevo de Colinas Médias na região oeste da área de influência.



Foto 5.2.1-3 Relevo de Morrotes Alongados Paralelos, na porção central da área de influência.



Foto 5.2.1.4 Vale aberto de córrego que drena a área de influência, ao norte, e desenvolve uma calha coluvionar restrita. É característica a forma da vertente com inclinações suaves e declividades de 10 a 15%.



Foto 5.2.1-5 Relevo de Colinas Amplas observado na área de influência.

Observando-se a área de influência do empreendimento, pode-se observar que, a sudeste, ocorre relevo em forma de Morrotes Alongados e Espigões. São características deste tipo de relevo: encostas de amplitudes com até 120m, altitude local de 800m e vales da ordem 650m. Apresentam vertentes retilíneas a convexas, com declividade de aproximadamente 15%.

No centro leste e centro sul desta área, encontra-se o relevo do tipo Morrotes Alongados Paralelos, caracterizado por morrotes com crista de topos arredondados com ampla extensão longitudinal e declividades abaixo de 15%. As vertentes são convexas a retilíneas e a amplitude de relevo varia de 80 a 100m.

No extremo nordeste daquela área, predomina o relevo na forma de Morros com Serras Restritas e Serras Alongadas. Este local é caracterizado pelas maiores altitudes da área de influência do empreendimento, podendo atingir até 815m com amplitudes de até 180m.

Este trecho de relevo mais abrupto corresponde à zona denominada Serrania Lindóia, englobada no compartimento Geomorfológico do Planalto Atlântico, que se caracteriza por um relevo montanhoso, no qual predominam declividades maiores do que 15% e amplitudes locais acima de 300m.

Descendo ao nível de detalhamento da área de intervenção, constituída pela faixa de domínio da via urbana, que se inicia na interseção com a Rodovia D.Pedro I e prolonga-se por aproximadamente 7,5km no sentido geral NE, pode-se afirmar que desenvolve-se nos primeiros dois terços sobre um interflúvio caracterizado pelo topo de um Morrote Alongado (**Foto 5.2.1-6**) e, no último terço, ao longo da meia vertente de Morrotes Alongados Paralelos.

A amplitude destes Morrotes é de aproximadamente 80m, com declividade variando entre 5% e 15% e com uma composição litológica de gnaisses miloníticos e gnaisses graníticos, que originam solos areno - argilosos e solos de alteração argilo - arenoso grosseiro com blocos e matacões imersos na matriz alterada.

É comum encontrar nos solos residuais desenvolvido no topo dos Morrotes Alongados, níveis de “linhas de pedras” (cascalheiras), característico de solos coluvionares (**Foto 5.2.1-7**).



Foto 5.2.1-6 Relevo de Morrotes Alongados sobre os quais será desenvolvida a avenida Mackenzie. Visada para NE.



Foto 5.2.1-7 Solo residual desenvolvido no topo dos Morrotes Alongados, mostrando nível de linha de pedras (cascalheira), característico de solos coluvionares.

□ Descrição dos Padrões de Forma

Os padrões de formas mapeados na área de intervenção são topos arredondados a aplainados, vertentes convexas com perfil retilíneo, vales abertos e taludes, cuja descrição sucinta encontra-se a seguir:

- Topos Arredondados a Aplainados

Os topos arredondados a aplainados constituem uma forma interfluvial de nível intermediário, de baixa declividade com bordas convexas.

Apresentam um regolito pouco pedogenizado relativamente bem desenvolvido, com espessura média entre 2 e 3m e solos de alteração relativamente espessos, com blocos e matacões, constituindo áreas de fluxos divergentes.

- Vertentes Convexas com Perfil Retilíneo

Desenvolvem-se como prolongamento do topo arredondado a aplainado. Estas áreas dissipam a energia dos fluxos hídricos, predominando o escoamento superficial (*run off*) a infiltração. Nestas vertentes, desenvolvem-se ravinas pouco profundas as quais atuam como áreas de concentração de fluxos de água. Desenvolvem solos residuais pouco espessos e localmente solos coluvionares predominando maior espessura dos solos de alteração. Estas podem se tornar côncavas na proximidade dos vales (**Foto 5.2.1-8**).



Foto 5.2.1-8 Vertente convexa com perfil retilíneo em Morrote Alongado. Nota-se desenvolvimento de ravinas nas encostas e linhas de pedras no perfil do solo.

- Fundos de Vales Abertos

Os fundos dos vales são um prolongamento das ravinas e drenagem do relevo adjacente desenvolvidas nas vertentes côncavas. Nestas áreas, ocorrem concentrações de fluxos hídricos que direcionam as águas para o canal principal do córrego. É comum encontrar-se material inconsolidado alúvio coluvionar. Estão presentes grãos de areia, argila, silte com abundância de concentração de matéria orgânica.

- Taludes

Os taludes observados na área são resultado da ação antrópica, representada pela formação de cavas para a retirada de material de empréstimo e cortes para a abertura de estradas secundárias.

Apresentam-se com alturas variando de 2 a 8m e com declividades significativas da ordem de 70 a 90%, sobre o solo residual, solo de alteração e rochas alteradas dos gnaisses granitóides.

À exceção das rodovias estaduais e federais, estradas municipais e secundárias costumam apresentar taludes instáveis, sendo comum cicatrizes provocadas por deslizamentos de terras em vários pontos das adjacências. Ressalte-se que na área do loteamento residencial não são observados esses taludes de corte.

□ Dinamização de Processos Erosivos e de Assoreamento

A forma do relevo, a litologia, o tipo de solo, bem como a forma de uso e ocupação são fatores determinantes para que haja a instalação e ou aceleração dos processos da dinâmica superficial. Os principais processos de dinâmica superficial na área em questão estão associados a:

- movimentos laminares do regolito, que ocorrem nas áreas de baixa declividade (topos arredondados e aplainados, vertentes convexas e perfis retilíneos), associados à dispersão de fluxo hídrico;
- formação de sulcos em vertentes côncavas e taludes resultantes da concentração de fluxo de águas pluviais, remoção e transporte de massa nos fundos de vales;
- deposição desses materiais e formação de depósitos aluvionares-coluvionares no fundo do vale aberto às margens do córrego resultante da dinâmica da drenagem; e
- assoreamento de fundo do vale aberto do córrego com sedimentação de materiais particulados, originados principalmente da disponibilização de sedimentos nas atividades antrópicas (estradas, ocupação urbana, exploração agropecuária), que ocorrem na área adjacente.

A resultante destes processos pode, em alguns locais, comprometer a estabilidade das encostas e causar a erosão e o assoreamento de fundo de vales.

5.2.2 Geologia e Geotecnia

5.2.2.1 Caracterização regional

A região do Estado de São Paulo compreende o domínio da Plataforma Sul Americana (Almeida et alli, 1976) e o seu registro geocronológico é bastante extenso, cobrindo o intervalo do Arqueano ao Holoceno. As unidades geotectônicas em termos estruturais regionais que circundam a área em questão datam do Proterozóico Inferior representado, a leste, por rochas cristalinas retrabalhadas durante eventos tectônicos posteriores e, a oeste, do Paleozóico e Mesozóico representados pelas rochas sedimentares que compõem a Bacia do Paraná.

A região de influência do empreendimento é composta por rochas do embasamento cristalino, representado pelo Complexo Amparo, por rochas da Bacia do Paraná, na qual afloram as rochas da Formação Itararé do Grupo Tubarão, e por rochas intrusivas básicas, que serão melhor descritas a seguir e cuja distribuição pode ser visualizada na **Figura 5.2.2-1 – Mapa Geológico Regional**.

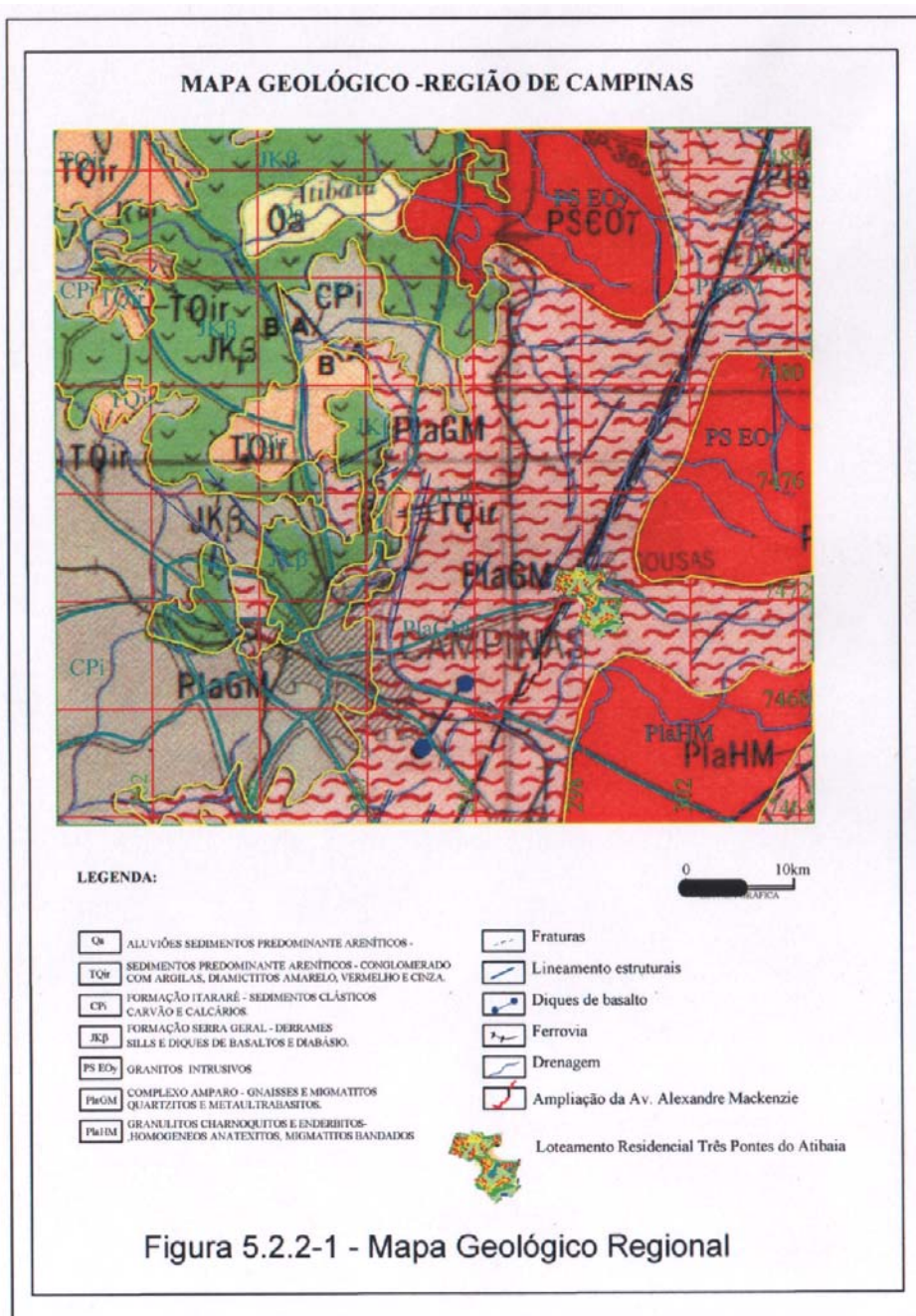


Figura 5.2.2-1 - Mapa Geológico Regional

- **Complexo Amparo (Pla GM)**

O Pré-Cambriano do leste paulista é limitado, ao sul, pelas falhas de Jundiuvira e Camanducaia e, ao norte, pela falha Jacutinga, sendo recoberto, a oeste, por rochas sedimentares.

Almeida (1964) situa a região no extremo sudoeste do Maciço de Guaxupé, onde este é contornado pelas rochas supracrustais dos Grupos Andrelândia e Itapira, predominantemente granulitos e gnaisses do Proterozóico pertencentes ao Complexo Amparo. As rochas do Complexo Amparo ocorrem ao sul e ao norte da Falha de Jacutinga, dividindo as litologias mais migmatizadas e granitizadas (Wernick, 1978a).

As principais estruturas encontradas no Complexo Amparo foram associadas a três fases principais de deformação, pertencentes aos ciclos Transamazônico, Uruaçuano e Brasileiro (Fiori et al., 1978; Arthur, 1980; Arthur et al., 1981).

Os conjuntos litológicos representáveis e com ampla distribuição no domínio da unidade incluem gnaisses a biotita, hornblenda e granada com grau variável de migmatização, associados a migmatitos de estruturas diversas, com intercalações não individualizadas de quartzitos, xistos, anfibolitos, gonditos e metaultrabásitos (IPT, 1981).

Campos Neto et al (1984) caracterizaram uma mega estruturação denominada Socorro Guaxupé. Reformulações conceituais modernas inserem a área de estudo em terrenos pertencentes ao Complexo Itapira, subdivisão dos terrenos metavulcânicos - sedimentares e gnáissicos migmatíticos que compõem a faixa Alto Rio Grande. A área de intervenção do empreendimento está inserida quase que totalmente sobre as rochas do Complexo Itapira.

- **Bacia do Paraná**

A Bacia do Paraná teve seu desenvolvimento estrutural influenciado por duas direções predominantes: NNE-NE e NW, que determinam a orientação positiva ou negativa e que, aparentemente, refletem feições muito antigas do embasamento, nem sempre manifestadas na superfície (Rocha Campos, 1967).

Na região de influência do empreendimento, ocorrem as rochas do Grupo Tubarão (Fúlfaro *et al.*, 1980), representadas na área de intervenção por sedimentos Itararé e intrusivas básicas da Formação Serra Geral, as quais estão descritas a seguir.

□ Formação Itararé (CPi)

Esta unidade litoestratigráfica repousa sobre uma superfície de erosão entalhada em rochas cristalinas pré-silurianas e, mais ao sul do Estado, sobre sedimentos da Formação Furnas. A Formação Itararé adentra em São Paulo pelo vale do Itararé seguindo até próximo ao rio Moji-Guaçu, onde passa horizontalmente à Formação Aquidauana. O contato entre as formações Itararé, Rio Bonito e Tatuí faz-se por discordância erosiva.

A Formação Itararé é caracterizada, em São Paulo, por possuir uma complexa associação de variadas litofácies que se sucedem vertical e horizontalmente, de maneira mais ou menos rápida. Constituem camadas delgadas a bancos, cujas espessuras podem alcançar várias dezenas de metros, sendo que as maiores espessuras chegam a alcançar 1.100m, no sul do estado. Estes valores reduzem-se para nordeste, exatamente na região de influência do empreendimento, ao se aproximar da borda da bacia.

Os ambientes de sedimentação, representados pelas diversas litofácies da formação, foram variados no tempo e espaço durante a sua deposição, passando por um período glacial bastante extenso. A glaciação continental e marinha está registrada nas rochas tilíticas, com seixos e blocos caracteristicamente trabalhados pela abrasão glacial, presença de ritmitos com caráter de varvitos, formas lineares de *eskers* fósseis, formas topográficas lineares compostas de sedimentos alongados por fluxos de gelo (Rocha-Campos *et al.*, 1968).

Constitui-se predominantemente por sedimentos clásticos, com camadas de carvão e calcário localizadas. São arenitos de granulação heterogênea, imaturos, arenitos feldspáticos e mesmo arcóseos maciços, que mostram estratificação plana paralela ou cruzada, de corrente aquosa. Os termos mais característicos da formação são sedimentos rítmicos, arenitos finos, siltitos e folhelhos. Siltitos, argilitos e folhelhos, de cores variando de cinza claro a escuro, são de ocorrência freqüente em diversas alturas da formação, com dezenas de metros de espessura e grande extensão lateral.

□ Formação Serra Geral - Intrusivas Básicas Associadas (JK β)

As rochas eruptivas da Formação Serra Geral (White, 1908) compreendem um conjunto de derrames de basaltos toleíticos. Estes corpos intrusivos, quando constituídos de diques e *sills*, caracterizam o padrão de rochas básicas existentes na região ao norte do empreendimento.

Estas rochas formam soleiras e diques básicos em geral, incluindo diabásios, dioritos pórfiros, microdioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos, monzonitos pórfiros e traquiandesitos.

□ Sedimentos Continentais Indiferenciados (TQir)

Na região da área do empreendimento, os Sedimentos Continentais aparecem, ao norte, restritos geograficamente a zonas isoladas em meio às rochas básicas e, ao sul, nos vales dos sedimentos da Formação Itararé. São depósitos continentais, incluindo sedimentos elúvio-coluvionares de natureza areno-argilosa e depósitos de caráter variado, associados a encostas.

□ Estruturas

O domínio das rochas cristalinas é representado pelas estruturas de caráter rúptil e dúctil, atribuídas a processos de cisalhamento e definidas por foliações miloníticas e cataclásticas de direção geral orientada para nordeste, falhas normais e fraturamentos relacionados aos processos de reativação da plataforma (Hasui, 1975).

Nas rochas sedimentares, estas estruturas são representadas por estruturas primárias, tais como: estratificações planas paralelas (Foto 5.2.2-1), cruzadas e marcas de ondas, com atitudes sub horizontais onduladas e flexuradas, deformadas tectonicamente por fraturamentos, falhas normais e dobras flexurais, atribuíveis aos processos de reativação tectônica da plataforma durante o Mesozóico .



Foto 5.2.2-1 - Afloramento de rocha sedimentar com estratificação plano paralela, a sudoeste de Campinas.

Como pode ser observado, na região de influência do empreendimento, as principais estruturas estão alinhadas segundo NE-SW, NW-SE, NS (**Foto 5.2.2-2**).



Foto 5.2.2-2 – Detalhe de um afloramento, no qual se pode notar uma fratura subvertical com direção NE-SW e NW. A rocha é composta por gnaisses graníticos foliados para NE

No traçado projetado da Avenida Alexandre Mackenzie, predomina uma concentração de fraturas médias. A leste sudeste da área de influência direta do empreendimento, predominam médias densidades de fraturas e, a sudoeste, médias, baixas a muito baixas densidades.

As fraturas ocorrem cortando todas as formações no sentido subvertical e subhorizontal (**Foto 5.2.2-3**).



Foto 5.2.2-3 – Afloramento dos gnaisses xistosos com bandas granitóides com fraturas subverticais paralelas entre si. A rocha é de coloração rosa esbranquiçada, de foliação subvertical.

Como pode ser observado na foto, existem pelo menos duas famílias de fraturas verticais e sub-ortogonais entre si, com direções principais segundo N80-W e EW vertical. Estas fraturas estão abertas e preenchidas com quartzo leitoso e criptocristalino.

As fraturas sub horizontais estão associadas ao alívio de carga e encontram-se sub paralelas à superfície.

No Complexo Amparo, existe uma primeira fase de dobramentos recumbentes, com eixos NNE e transposição associada, e uma segunda fase onde os planos e eixos axiais têm direção NE. Este tipo de estrutura é pouco visível no complexo cristalino da área de influência do empreendimento, devido ao estiramento provocado pelo forte cisalhamento de direção NE.

5.2.2.2 Caracterização Local

A geologia local, na área do empreendimento, é caracterizada por rochas cristalinas representadas por litologias do complexo Itapira, compostas predominantemente de Gnaisses Granitóides, Gnaisses Bandados (PmiGx), Gnaisses Xistosos (PmiGx), Granada Biotita Gnaisses (PmiGg) e Granitos Gnaisses Equigranulares, limitadas pelas zonas de cisalhamento Campinas e Valinhos (Yoshinaga et al (1983).

Nestes domínios, as rochas encontram-se intensamente cisalhadas, com foliação milonítica com direção preferencial N45-55 E. Sobre elas, ocorrem

localmente restos de sedimentos carboníferos da Bacia do Paraná, remanescentes do processos de dissecação, que consistem de siltitos e argilitos subordinados a arenitos finos, que se intercalam em camadas de espessuras milimétricas a centimétricas, com coloração creme, amarelo, marrom esbranquiçados, exibindo estratificação plano paralela e caracterizando, assim, ritmitos. Depósitos quaternários de aluviões e colúvios ocorrem, principalmente, em áreas deprimidas ao longo das drenagens.

Foram realizados perfis de caminhamento na área de intervenção contemplando a descrição de afloramentos, observação de relações de campo, ensaios táteis visuais e medições estruturais.

Na área prevista para o prolongamento da Avenida Alexandre Mackenzie, predominam os seguintes termos litológicos pertencentes ao Complexo Itapira, que pode ser descrito como uma unidade complexa de rochas gnáissicas, com foliação definida pelo estiramento de quartzo e do feldspato na direção predominante N50E. São comuns termos oftálmicos, exibindo cristais de feldspatos de dimensões centimétricas, evidenciando o processo de blastomilonitização e o metamorfismo é de alto grau, definido pela presença de anfibólios e granadas recristalizados.

Os termos litológicos pertencentes ao Complexo Itapira, na área de intervenção do empreendimento, podem ser assim descritos:

- Gnaisses Bandados (PmiGx)

Ocorrem, principalmente, a noroeste do traçado da nova via e localmente ao sul da área. São rochas gnáissicas com intercalações métricas a centimétricas de granitóides biotíticos bandados ou homogêneos. Yoshinaga et al op cit, identificam biotita gnaiss de composição tonalítica, biotita gnaiss laminado, biotita gnaiss granitóide homogêneo e granada anfibólio biotita gnaiss. Estes gnaisses são cortados por veios pegmatóides quartzo feldspáticos de espessuras decimétricas.

Gnaisses xistosos foram mapeados, ao norte, nas imediações da Fazenda Jatibaia (**Foto 5.2.2-4**) e, ao sul, na zona de cisalhamento Valinhos.



Foto 5.2.2-4 – Gnaisses xistosos com veio pegmatítico quartzo - feldspático, na estrada de acesso da Fazenda Jatibaia.

- Granada Biotita Gnaisses

Ocorrem, predominantemente, ao sul do traçado da nova via. Apresentam uma estrutura bandada ou laminada contínua e, eventualmente, homogênea e uma foliação blastomilonítica com cristais de quartzo muito estirados. Neossomas quartzo feldspáticos de granulação média formam níveis intercalados com bandas paleossomáticas espessas, constituindo a estrutura bandada da rocha. Apresentam foliação blastomilonítica com textura facoidal, cristais de feldspatos rotacionados e quartzo estirado (**Foto 5.2.2-5**).



Foto 5.2.2-5 – Afloramento de biotita gnaisses, norte de Sousas, com granulação grosseira.

- Granitos Gnáissicos Equigranulares

Restritos à porção sul da área de influência do empreendimento, são descritos como intensamente foliados com minerais deformados. A granulação é média ou fina, leucocrática a hololeucocrática com bandas quartzo-feldspáticos de granulação grossa.

- Rochas Miloníticas

Ocorrem na zona de cisalhamento Valinhos, situadas ao longo das margens do Rio Atibaia, e são resultantes de processos de deformação dúctil antes da intrusão da suíte granítica Morungaba, mas com atividade rúptil pós intrusão. A direção predominante é N50E, com mergulhos subverticais.

São descritas como milonitos quartzo feldspáticos com rocha matriz laminada e muito fina. Os minerais estão muito cominuídos e estirados não sendo possível a sua identificação macroscópica; protomilonitos e blastomilonitos com agregados minerais de granulação fina e blastos de minerais arredondados, além de quartzo em grãos e estirados (**Foto 5.2.2-6**).



Foto 5.2.2-6 – Rocha milonítica com megacristais de feldspatos, a norte do traçado da nova via.

- Depósitos Cenozóicos

Os depósitos recentes são representados por sedimentos aluvionares no vale dos rios, principalmente do Rio Atibaia, e depósitos coluvionares existentes nas encostas das vertentes, associadas a processos de movimentação de massa, ocorridos em área de espessas coberturas de alteração.

Os Depósitos Coluvionares são constituídos de solos silto-arenosos a pouco arenosos finos, com coloração marrom avermelhada e com areia grossa bem distribuída numa massa homogênea. Este tipo de solo é encontrado a profundidades de 0,5 a 3m. "Stone lines", encontrados em toda a área, indicam sua característica alóctone e a existência de superfície erosional pretérita (**Foto 5.2.2-7**).



Foto 5.2.2-7 – Perfil de solo coluvionar, com linha de pedras sobre gnaisses xistosos, na porção norte do traçado da nova via.

- Aluviões

Constituídos principalmente de areias siltes e argilas orgânicas, originando solos hidromórficos, dispõem-se preferencialmente ao longo dos canais de drenagem dos tributários do Rio Atibaia.

- Solos Residuais

Os solos residuais, observados na área de influência do empreendimento, são geralmente silto a argilo-arenosos em sua porção superficial, com variação do teor de argila em função da composição mineral da rocha que lhe deu origem.

Os solos pedogenéticos são, no geral, de pequena espessura, variando entre 1 e 2m. O solo de alteração ou saprolítico apresenta-se bastante espesso, chegando a atingir até mais de 10m, como demonstram alguns cortes de estradas da região. Exibem blocos e matacões de rochas graníticas e gnáissicas, individualizados pelo processo de fraturamento e formados a partir de processos de esfoliação esferoidal, podendo atingir até 5m de diâmetro. São comuns as presenças de estruturas reliquiares

(foliação e fraturas) sobre estes solos, influenciando ainda nos processos de erosão local onde estão expostos (**Foto 5.2.2-8**).



Foto 5.2.2-8 – Solo de alteração com estruturas reliquias, controlando os processos erosivos locais, em taludes de estrada secundária.

Em alguns locais da área de influência do empreendimento, são descritos solos litólicos (Foto 5.2.2-9).



Foto 5.2.2-9 – Solo de alteração, com foliação milonítica gnáissica reliquias controlando o processo erosivo.

Os solos encontrados são predominantemente podzólicos de coloração vermelho amarelo, de textura silto-argilosa a silto-arenosa, duros a muito duros, muito plásticos, micáceos, porosos e com alta permeabilidade. Em perfis de alteração profundos, apresentam regularmente concreções limoníticas e, em cortes e afloramentos, as espessuras encontradas variaram de 0,5 a 2,0m.

As características pouco espessa do solo pedogenético e arenosa do solo saprolítico subjacente revelam um substrato onde são esperados índices de resistência bastante elevados. São registradas as presenças de camadas de argilas moles apenas nos níveis superficiais do solo na faixa de várzea do Rio Atibaia. Esta característica permite definir a área como sendo um sítio geotécnicamente estável e propício para a realização das obras previstas para a implantação e ampliação da via urbana.

No mapa geológico local, apresentado anteriormente encontra-se a distribuição das litologias e principais estruturas que se fazem presentes nas imediações da área de intervenção do empreendimento.

O fraturamento das rochas, ao longo da área de intervenção, apresenta de modo geral espaçamento decimétrico a métrico, com três a quatro

fraturas por metro, podendo ser classificado como sendo de um grau “medianamente fraturado a pouco fraturado”, segundo a tabela de grau de fraturamento de Guidicini *et al.* (1970 in IPT, 1981).

As principais direções de fraturas observadas são: N45-50W subvertical e EW subvertical, N20-30W vertical N60E 60 NW preenchida com veios de quartzo, N75 w vertical e 45 SW.

Quanto à escavabilidade, o solo de alteração pode ser classificado como de primeira categoria. Estes mesmos termos exigem o emprego de explosivos para a sua remoção, quando coerentes, o que não é o caso do projeto em questão.

Áreas de sedimentos quaternários e de solo de alteração apresentam características físicas ideais para a sua utilização como material de empréstimo para a realização de aterramento, facilitando as adequações viárias projetadas, principalmente no trecho de adequação da via existente.

A espessura do solo de alteração e a posição do nível freático a grandes e médias profundidades apontam para a viabilidade de realização de cortes com risco mínimo para o aquífero de água subterrânea.

As características pedológicas da área em estudo identificam solos, predominantemente, podzólicos vermelho amarelo, de textura silto-argilosa a silto-arenosa, duros a muito duros, muito plásticos, micáceos, porosos e com alta permeabilidade. Em perfis de alteração profundos, apresentam regularmente concreções limoníticas e, em cortes e afloramentos, as espessuras encontradas variam de 0,5 a 2,0m. Em alguns locais, observa-se a ocorrência de solos litólicos.

Os cortes em áreas semelhantes, onde existe alternância entre materiais em diferentes estados de alteração, podem provocar desmoronamentos pontuais. Além disso, a existência de várias famílias de fraturas bem desenvolvidas pode favorecer à instabilidade dos taludes de corte e, caso não seja providenciada uma proteção adequada à atuação dos processos erosivos, pode provocar constantes movimentos de blocos.

□ Processos Erosivos e Dinâmica Superficial

Nos sistemas de relevo compostos por Colinas e Morrotes e Morrotes Paralelos, costumam ser observadas algumas erosões laminares e ravinamentos em rampas com declividades inferiores a 15%. Em encostas mais íngremes, pode haver o desenvolvimento de boçorocas e ravinamentos de alta intensidade. Há, também, a possibilidade de erosão em sulcos por fluxo de escoamento concentrado.

No sistema Morros Paralelos, é freqüente o reentalhe do canal de drenagem ser de alta densidade, mas os processos de dinâmica superficiais são ocasionais e de baixa densidade.

De maneira geral, a região inserida entre a Rodovia D. Pedro I e o Rio Atibaia pode ser caracterizada por Colinas e Morrotes, desenvolvidos sobre granitóides do substrato, e por Morrotes Paralelos, desenvolvidos nas rochas milonitizadas na zona de cisalhamento Valinhos.

A seguir, estão descritos os sistemas pertencentes à área de influência do empreendimento:

- Colinas e Morrotes

Apesar das diferenciações quanto ao aspecto geológico, este tipo de sistema compreende vários tipos de gnaisses, sendo que os cortes previstos, de pequena monta, ocorrerão em solos residuais e coluvionares.

As exposições em solo residual areno-argiloso apresentam espessuras variáveis, sendo as maiores de até dezenas de metros, situadas na zona central das colinas, e chegando quase a ausentarem-se nas zonas de transição, em relevo de morrotes ou na base das colinas, onde a espessura de colúvio é maior. As declividades têm variações entre 5 e 17%, condicionadas pela existência de depósitos coluvionares e distinções litoestruturais.

- Morrotes Paralelos

Este tipo de sistema caracteriza uma faixa de rochas milonitizadas bastante alteradas. Os solos são pouco desenvolvidos devido às declividades acentuadas, na faixa de 10 a 20%. As descontinuidades (foliação e fraturamento) das rochas podem condicionar escorregamentos. As estruturas reliquias, em solo residual com horizontes muito alterados, também podem facilitar a evolução de processos erosivos.

A foliação bem marcada dessas rochas miloníticas pode tornar crítica a estabilidade dos cortes. Para evitar problemas, deve-se ter conhecimento detalhado das descontinuidades existentes no maciço e adotar inclinações adequadas à manutenção da integridade do talude. Em caso de necessidade, é recomendável estudarem-se obras de contenção.

- Morros Paralelos

O sistema de Morros Paralelos tem comportamento geotécnico semelhante ao descrito para a região de Colinas e Morrotes, potencializado por declividades maiores.

De uma maneira geral, os principais aspectos a serem observados no desenvolvimento de obras relacionadas à implantação e adequação de vias, por tipo de compartimentos geotécnicos, são os seguintes:

- Os cortes a serem efetuados devem observar as relações dos contatos solo/rocha, pois é nesta transição que ocorrem escorregamentos devido à saturação do solo superficial;
- Em locais onde ocorre fraturamento dos maciços rochosos deve-se observar a possibilidade de quedas de blocos isolados pelos planos de fraturas. A exposição de solos muito alterados ao lado de blocos de rocha-sã pode provocar desabamentos;
- Nesta unidade geomorfológica-geotécnica, também deve-se atentar para a possibilidade de escorregamentos em depósitos coluvionares/tálus. A execução de cortes no sopé desses depósitos e a execução de aterros sobre eles, bem como modificações no sistema de drenagem, podem provocar movimentos de massa em seu interior;
- Deve ser prevista a erosão diferenciada, pois os materiais constituintes dos eventuais cortes possuem diferentes suscetibilidades à erosão. Os solos saprolíticos devem ser protegidos de uma erosão mais acelerada, no sentido de resguardar a integridade dos taludes de corte como um todo;
- Em locais de declividade mais baixa, há possibilidade de processo erosional longitudinal ao traçado da nova via, devido à concentração de águas superficiais. Este problema tem lugar em solos areno-siltosos e há diversos pontos na área de intervenção onde este efeito pode ser notado. A implantação de proteção superficial e de um sistema de dissipação de energia com bacias de retenção constitui uma medida eficaz.
- Nessa zona, deve-se ter especial atenção às rupturas de aterros. Como trata-se de uma região de relevo acentuado, o sistema de drenagem deve ser concebido de forma a evitarem-se situações de risco. Os locais mais problemáticos são as linhas de talvegues e locais com alta declividade.

- Deve-se proceder ao direcionamento dos canais de cursos d'água perenes e temporários, onde estes forem interrompidos por corpos de aterro, pois a região tem potencial elevado ao desenvolvimento de voçorocas. As declividades são altas, variando de 16 a 24%.
- A erosão diferenciada é outro problema que deve ter ocorrência sistemática na região e, para a qual, deve-se executar proteção adequada.
- O processo de desagregação superficial, observado de forma incipiente nos terrenos do trecho já existente da via correspondentes ao relevo de Colinas e Morrotes, deve ser potencializado nos terrenos mais declivosos dos Morros Paralelos. A exposição continuada aos processos de umedecimento e secagem de solos saprolíticos micáceos provoca a destruição da estrutura do material e sua remoção do corpo do talude.

5.2.3 Hidrogeologia

5.2.3.1 Caracterização Regional

Os aquíferos de águas subterrâneas que ocorrem na região de interesse foram caracterizados como unidades aquíferas Cristalino e Grupo Tubarão, em função da geologia.

Enquanto a primeira é desenvolvida essencialmente por sistemas de fraturas e descontinuidades e o manto de alteração destas rochas, a segunda é constituída pela ocorrência dos sedimentos clásticos arenosos, siltsos e argilosos da Formação Itararé.

- Aquífero Cristalino

O domínio do aquífero Cristalino está representado pelas rochas de idade Pré-Cambriana do complexo gnáissico-migmatítico, com extensão e profundidade condicionada pelo tipo e intensidade dos esforços tectônicos existentes que caracterizam, desta forma, zonas aquíferas localizadas. O manto de intemperismo é fator de extrema importância na recarga dos aquíferos cristalinos e, conseqüentemente, no escoamento da água superficial.

Os aquíferos locais, constituídos por sistemas de falhas e fraturas, fornecem vazões variadas, em função da densidade dessas descontinuidades. Apresentam baixo rendimento (alguns poucos m³/h) e nas condições mais favoráveis (zonas de falhas e zonas de rochas mais fraturadas e alteradas) podem atingir 50 m³/h (Ponçano, 1981).

- Aquífero Sedimentar Tubarão

O aquífero Tubarão ocupa as porções oeste e sudoeste da região de influência do empreendimento e é cortado ao sul e ao norte por intrusivas de diabásio, que regional e localmente interrompem a sua continuidade. As camadas Cenozóicas recobrem parte da área do aquífero ao norte da área. A espessura saturada da camada aquífera tende a aumentar em direção a oeste.

As rochas deste aquífero foram depositadas discordantemente sobre o embasamento cristalino, a leste, região de menor espessura do pacote sedimentar. O aquífero é do tipo livre, passando a ser confinado a noroeste - nordeste pela seqüência deposicional do Grupo Passa Dois. O Grupo Tubarão apresenta vazões, medidas nos poços, que variam de 5

m³/h a 20 m³/h, e os melhores aquíferos estão localizados nas camadas de areia e conglomerados (DAEE, 1981).

No aquífero sedimentar do Grupo Tubarão, o armazenamento e a circulação de água ocorrem principalmente através dos interstícios dos sedimentos clásticos grosseiros (arenitos, conglomerados, diamictitos), intercalados com camadas de sedimentos finos (lamitos, argilitos, folhelhos), os quais dificultam a circulação vertical na infiltração e percolação da água, provocando uma situação de anisotropia com permeabilidade vertical inferior à horizontal. A interdigitação das camadas de granulometrias diferentes acentua a heterogeneidade do aquífero. No aquífero das rochas sedimentares finas (folhelhos, siltitos, argilitos e arenitos finos), a presença de sistemas de fraturamentos atuam como um diferencial na capacidade de acumulação e circulação de água (Barbosa e Almeida, 1949).

A avaliação potencial hidrogeológica regional se baseia nas inter-relações existentes entre as estruturas geológicas e a morfologia. A área foi compartimentada em blocos estruturais condicionados por lineamentos estruturais (falhas e fraturas) de direções NE, WEW e ENE. Nestes blocos, identificaram-se altos e baixos estruturais de formas alongadas e associados, respectivamente, a porções alçadas e deprimidas dos blocos, em função do basculamento e/ou flexuras, originados do processo tectônico instalado na área, que tem como principais condicionantes falhas e fraturas de direções predominantes NE, EW, NNW. A área do empreendimento está entre um alto estrutural e uma zona intermediária.

O quadro geral dos principais condicionantes hidrogeológicos dos aquíferos regionais pode ser descrito como segue:

- Os limites dos blocos constituem, na maioria das vezes, planos de falha que marcam mudanças nas atitudes gerais das feições planares e densidades (juntas, fraturas, falhas, foliações).
- As áreas de altos e baixos estruturais (zonas de recarga e descarga de água subterrânea) associam-se, geralmente, aos limites alçados e deprimidos, respectivamente, dos blocos basculados pela tectônica distensiva.
- A área do empreendimento encontra-se sobre um bloco tectônico alongado segundo NE limitado, a leste, por lineamento que controla parte o curso do Rio Atibaia denominado Zona de Cisalhamento Valinhos e, a oeste, pelo lineamento denominado Zona de Cisalhamento Campinas. O curso do rio ocupa uma área de baixo

estrutural com eixo NNE (ver mapa morfoestrutural regional) e condicionante hidrogeológico indicando um fluxo de água subterrânea para NW.

- Regionalmente, o fluxo apresenta direção preferencial no sentido da bacia sedimentar e é controlado localmente por estruturas menores.

O nível de base geral da área de influência do empreendimento é o Rio Atibaia e os níveis de base locais são representados pelos córregos tributários deste rio. Os resultados indicam que a área de intervenção se encontra sobre uma área de dispersão da água superficial. As condições geomorfológicas e geológicas não a colocam sobre nenhum nível de base da região, não estando sujeitas a riscos ou eventos de inundação.

5.2.3.2 Caracterização local

A área de intervenção do empreendimento encontra-se na bacia do Rio Atibaia, que representa a principal drenagem da área a leste, com o Ribeirão das Anhumas a oeste e outros pequenos tributários destas drenagens.

Os principais afluentes do Rio Atibaia são: Córrego do Mato Dentro, Córrego São Quirino da Fazenda Jatibaia, Córrego São Quirino, Córrego da Onça e Ribeirão dos Pires.

O aquífero do cristalino é localmente representado por rochas gnáissicas e coberturas de alteração do Complexo Itapira. A composição litológica da área apresenta fácies granulométricas grosseiras, onde prevalecem as rochas granitóides de composição quartzo feldspático e sobre as quais se desenvolvem solos silto-arenosos e argilo-arenosos de espessuras de até mais de 10m.

Hidraulicamente, o aquífero local pode ser classificado como sendo do tipo livre com movimentação da água infiltrando-se no solo até o limite da zona saturada ou até o topo do substrato cristalino, percolando preferencialmente pelas camadas de alteração mais porosas e permeáveis, além de áreas de maior concentração de fraturas na rocha subjacente segundo a força da gravidade.

A posição do nível freático nos topos e meias vertentes dos Morros Paralelos e Colinas, com substrato granitóide, pode ser avaliada em torno de 8 a 15m, respectivamente, considerando inexistência de surgências nos cortes realizados em toda a área, além de informações sobre a sua posição em dados de poços artesianos e cisternas utilizados para obtenção de água pela população rural.

A posição de surgências em vales e ravinas fechados nas meias encostas das vertentes indicam uma profundidade média geral para o nível freático entre 10m, nas porções inferiores das vertentes, e 15 a 20m, nos topos das mesmas.

As linhas potenciométricas são coerentes com a topografia e revelam, no traçado da via projetada, um fluxo subterrâneo local divergente, em direção aos níveis de base locais, constituídos pelo Rio Atibaia e pelos córregos afluentes.

5.2.4 Clima

Campinas está próxima ao Trópico de Capricórnio, o que a aproxima de um clima tropical porém, modificado pela altitude que, variando entre 500 e 1.100 m, induz um certo caráter sub-tropical. Segundo a classificação de Koppen, o clima da região em estudo é classificado como Cwa (clima mesotérmico com verões quentes e estação seca de inverno), ou seja, o mês mais frio apresenta média mensal inferior à 18° C e, no verão, o mês mais quente tem média superior à 22° C; no mês mais seco recebe menos de 60 mm de chuva. O clima do município é fortemente influenciado por várias massas de ar: Massa Equatorial Continental (Ec), Massa Tropical Atlântica (Ta) e a Massa Polar Atlântica (Pa). A frequência média de geadas noturnas oscila entre 2 e 5 ocorrências anuais. Certos episódios, tais como períodos secos e precipitação de granizo, chegam a causar sérios prejuízos, sobretudo para a fruticultura. Incêndios florestais e queimadas são comuns na estação seca, entre o final do inverno e o início da primavera.

No que concerne a características climáticas regionais, a localização geográfica e as características físicas locais são fatores determinantes das suas condições, modulando seu regime de ventos, e os padrões de temperatura e precipitação entre outros parâmetros meteorológicos. Essas condições físico-climáticas por sua vez estão intimamente relacionadas com as condições do meio ambiente.

A localização geográfica de uma região particular permite estabelecer além das condições de insolação, os fenômenos de grande escala, como a passagem de sistemas frontais, a localização dos jatos subtropicais e de anticiclones semi-permanentes que atuam sobre a mesma.

Por outro lado, as características físicas de relevo, cobertura vegetal e presença de grandes espelhos de água ou manchas urbanas definem regimes locais de circulação atmosférica.

Processos antropogênicos como: urbanização, industrialização, queimadas, queima de combustíveis fósseis e desmatamento entre outros, também têm sua parcela de contribuição na definição das condições ambientais de uma região.

Assim, as condições climáticas e, por extensão as ambientais de um local, são resultado das interações de características locais e fenômenos e eventos de diversas escalas de espaço e tempo que atuam na região. O diagnóstico dessas condições pode ser feito através da análise de uma série histórica de dados meteorológicos coletados sobre a região. Por sua vez, um bom diagnóstico é condição básica para prognósticos mais realistas das condições ambientais futuras.

5.2.4.1 Características físico – climáticas de Sousas

Geograficamente o distrito de Sousas – Campinas, localiza-se a 22° 50' 27" de latitude sul e 46° 57' 49" de longitude oeste, a uma altitude de cerca de 740 metros, na região do planalto central do estado de São Paulo. Encontra-se em uma região geologicamente de contato entre os terrenos do cristalino do Planalto Paulista a leste e a Depressão Periférica Paulista de terrenos sedimentares a oeste.

A região onde se localiza o empreendimento não apresenta quase nenhuma vegetação natural, consistindo basicamente de áreas adjacentes a condomínios residenciais.

O clima na região pode ser classificado como sendo mesotérmico de tipo temperado das latitudes médias (Nimer, 1976), mais especificamente tropical de altitude. De acordo com a classificação de Köppen (Ahrens, 1994) se enquadra na categoria Cw que compreende climas úmidos com invernos secos e amenos. A característica marcante do Tipo Cw é que a precipitação média do mês mais úmido do verão é pelo menos dez vezes superior a do mês mais seco de inverno.

No que se refere a condições de tempo e clima a região sofre os efeitos da maioria dos sistemas sinóticos que atingem o sul/sudeste do país. Entre eles destacam-se os sistemas frontais originários da região polar, as instabilidades causadas pelo jato subtropical e os vórtices ciclônicos de altos níveis oriundos do Oceano Pacífico polar. Também, as linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de meso escala são responsáveis por precipitações intensas (Cavalcanti e outros, 1982).

As informações acerca do regime de precipitação sobre a região como um todo, podem ser observadas na climatologia de precipitação acumulada do ano (em milímetros) realizada durante o período de 1961 a 1990 (Quadro e outros, 1996), mostrada na figura 1, e baseada em uma média climatológica de 30 anos de dados observados pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Observa-se na figura 1 que a região em estudo recebe entre 1200 e 1500 milímetros de chuva anualmente, que corresponde a uma região com regime de precipitação moderada.

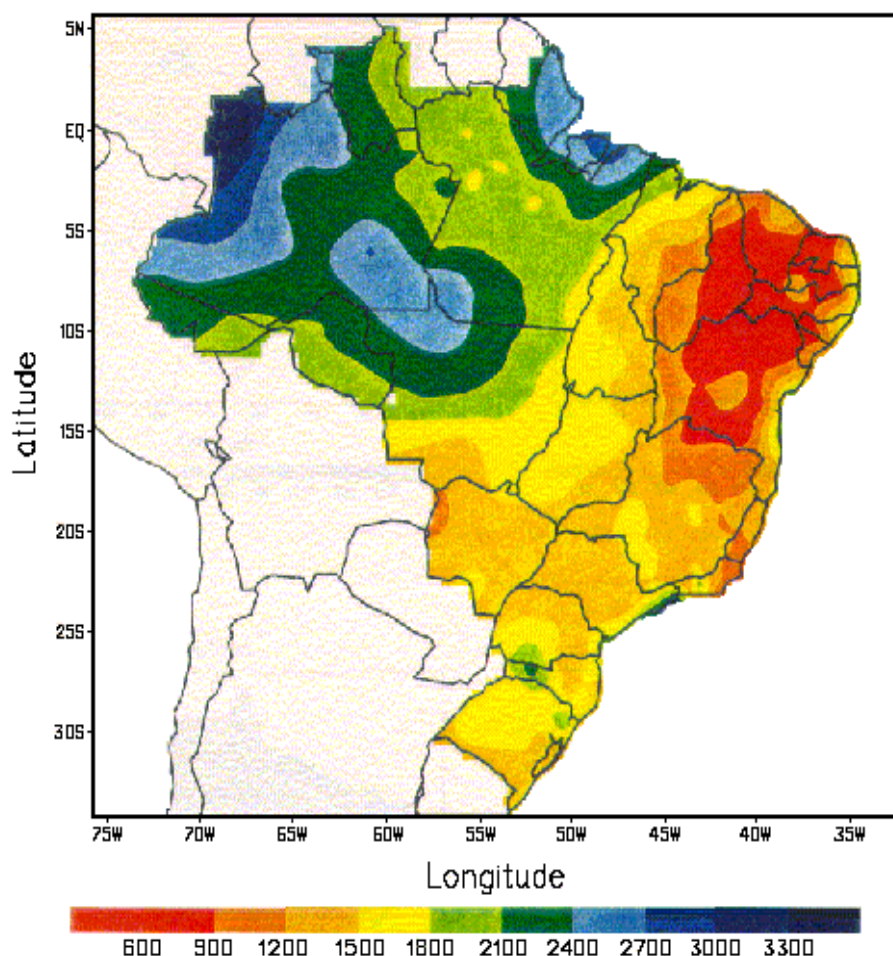


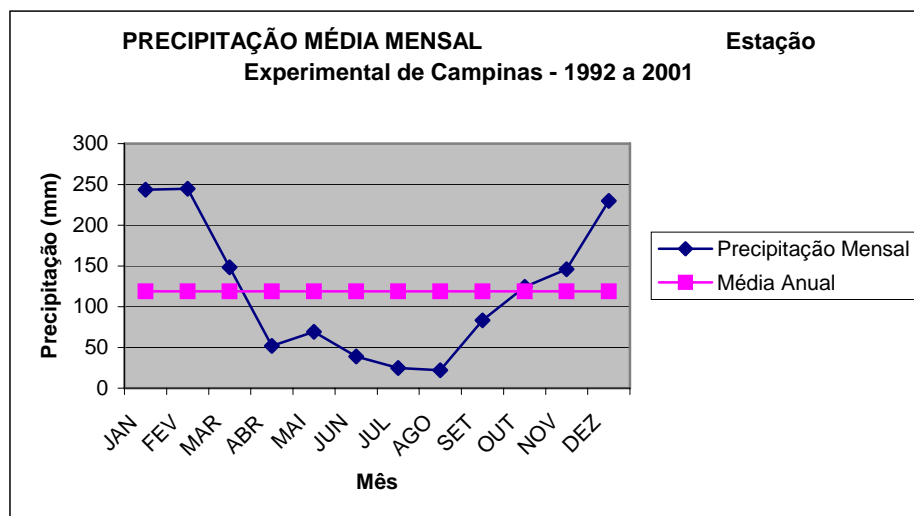
Figura 1 – Climatologia de precipitação acumulada no ano (mm). Média Climatológica de 30 anos (1961-1990) - INMET. Fonte: Quadro e outros, 1996.

Serão utilizados nas análises os dados coletados na Estação Experimental de Campinas, mantida pela seção de climatologia agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Foram avaliados paralelamente dados que cobrem uma normal climatológica de 30 anos (1961 a 1990) e o período compreendido entre 1992 a 2001 para se analisar eventuais tendências de variáveis meteorológicas nos últimos anos. Verificou-se na comparação algumas alterações relevantes como aumento na temperatura média anual ($0,5^{\circ}\text{C}$), e na velocidade média anual do vento ($0,7\text{ m/s}$).

Assim, por parecerem refletir com mais precisão as condições atuais presentes na região, foram utilizados nas análises os dados observados no período compreendido entre os anos de 1992 e 2001.

O gráfico 1 mostra o regime anual de precipitação média mensal para a região de estudo no período de 1992 a 2001.

Gráfico 1 – Precipitação média mensal no período 1992 a 2001 na Estação Experimental de Campinas do IAC.



Fonte: INMET, 2002.

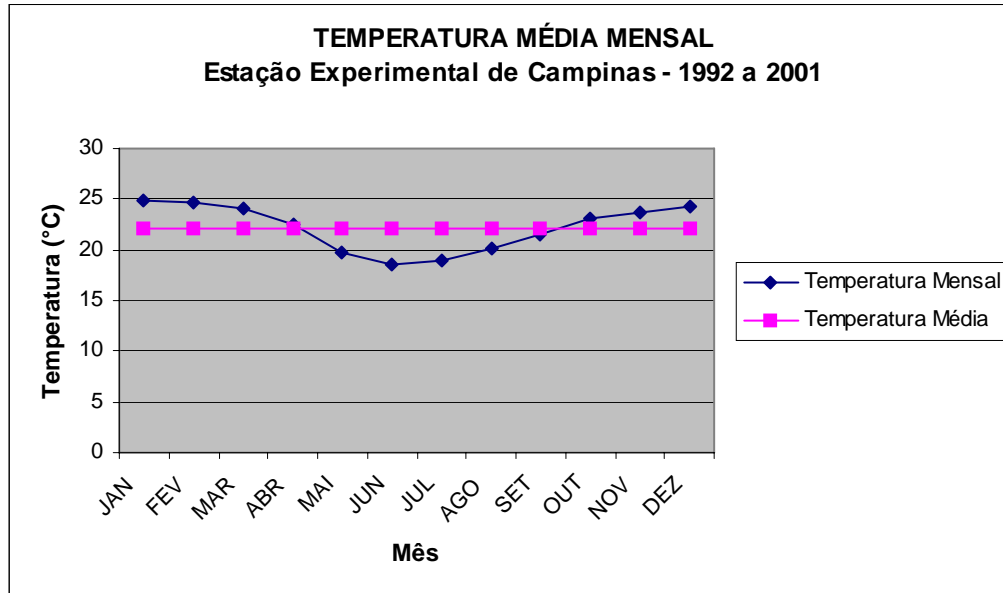
Os dados do gráfico 1 mostram um padrão de precipitação moderado, com uma média de precipitação total anual entre 1992 e 2001 de 1425,8 mm, e média anual mensal de 118,8 mm. O máximo de precipitação média mensal ocorre no mês de fevereiro com cerca de 244,6 mm. Por sua vez, o mínimo de precipitação média mensal ocorre em agosto, chegando a 21,8 mm. Observa-se no gráfico 1 um comportamento anômalo da precipitação no mês de maio com o valor médio de precipitação mensal de 68,9 mm, fugindo da tendência anual da precipitação.

Com respeito a problemas de poluição atmosférica, a precipitação é fator favorável à dispersão de poluentes, pois indica que a atmosfera apresenta-se instável, gerando movimentos ascendentes do ar nos baixos níveis da atmosfera, que tendem a diluir mais rapidamente os poluentes. Além disso, durante a sua ocorrência, provoca o efeito chamado "washout" que consiste de uma "lavagem" da atmosfera, onde os materiais em suspensão são removidos. Ainda, o solo umedecido inibe a ressuspensão das partículas para a atmosfera.

Com relação ao comportamento da temperatura, segundo dados do IAC, seu valor médio anual na região é de 22,2 °C. Entretanto, uma avaliação sazonal dos valores extremos de temperatura permite melhor compreensão do padrão de temperatura da região. Com referência aos valores de temperaturas máximas, o valor médio mais alto (29,7 °C) ocorre em fevereiro, e o mais baixo (24,3 °C) em junho. As médias anuais de temperaturas mínimas apresentam um valor máximo de 19,1 °C em fevereiro e mínimo de 11,9 °C em julho.

O gráfico 2 mostra o comportamento da temperatura média ao longo do ano.

Gráfico 2 – Temperatura média mensal no período 1992 a 2001 na estação Campinas do IAC.



Fonte: INMET, 2002.

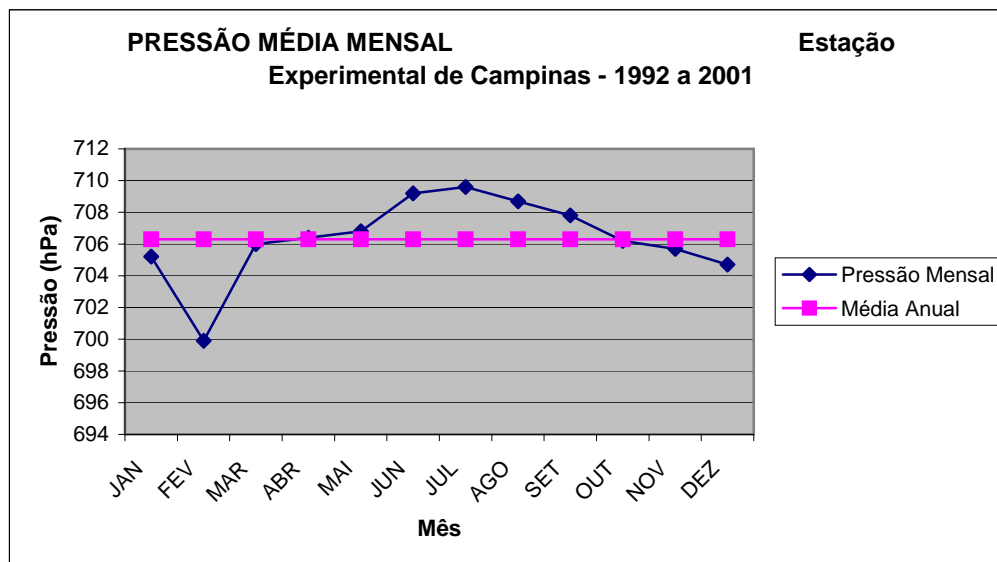
O gráfico 2 mostra um padrão de temperatura típico de latitudes médias, com valor médio anual de temperatura de 22,2 °C e máximo de 24,8 °C em janeiro e valor mínimo de 18,5 °C em junho.

No que tange a temperatura, pode-se inferir basicamente dois períodos condicionantes dos fenômenos de dispersão atmosférica.

O período teoricamente desfavorável ao processo de dispersão de poluentes compreende os meses de maio a agosto, onde as baixas temperaturas tendem a provocar maior estabilidade da atmosfera. Em contrapartida, entre os meses de setembro a abril, as temperaturas mais elevadas tendem a gerar maior instabilidade na atmosfera, com o processo de dispersão se tornando mais efetivo.

Outro parâmetro meteorológico que influencia as condições meteorológicas de uma região é a pressão atmosférica. O gráfico 3, mostra a variação mensal da pressão ao longo do ano para a área analisada.

Gráfico 3 – Pressão média mensal no período 1992 a 2001 na estação Campinas do IAC.



Fonte: INMET, 2002.

O valor da pressão média anual na região é de 706,3 hPa, com máxima de 709,6 hPa em julho e mínima de 699,9 hPa em fevereiro, no período analisado. Também no caso da pressão é interessante observar neste período um valor anômalo de média de pressão em fevereiro, abaixo do normal, que se deve principalmente a um valor registrado em 1994.

A pressão é um dos indicadores do grau de estabilidade atmosférica, que por sua vez determinam o potencial dispersivo da atmosfera. Assim, valores elevados de pressão indicam movimentos subsidentes de ar que tendem a dificultar a dispersão de efluentes; e valores baixos de pressão indicam movimentos ascendentes de ar que tendem a facilitar o processo de dispersão. No caso particular da área de estudo, os dados do IAC indicam em termos de pressão, condições desfavoráveis à dispersão entre os meses de maio a setembro, e favoráveis entre outubro e abril.

Com referência aos sistemas frontais que afetam o clima da região analisada, levantamento feito pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, indica que eles atuam durante praticamente o ano todo sobre a região.

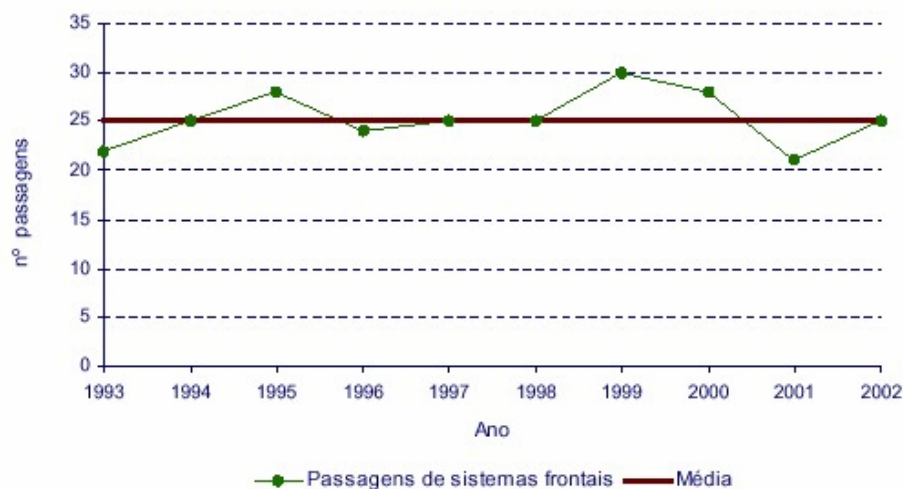
Durante o verão as frentes frias ao ingressarem no sul do país, ocasionalmente associam-se a um sistema de baixa pressão em superfície sobre o Paraguai, conhecida como Baixa do Chaco e intensificam-se. Neste período, estes sistemas ficam frequentemente estacionários no

litoral da região sudeste devido a presença de vórtices ciclônicos de altos níveis na região nordeste, o que tende a acentuar a precipitação.

No inverno os sistemas frontais causam nebulosidade principalmente no litoral, e o encontro de uma nova frente com ar relativamente frio deixado pela precedente tende a inibir a convecção no interior do continente. Eventos críticos de poluição atmosférica são características típicas de meses de inverno, assim no gráfico 4 é apresentada a frequência de sistemas frontais que passaram sobre São Paulo entre os meses de maio e setembro para o período entre 1993 e 2002.

Tendo em vista que os sistemas frontais são fenômenos de grande escala, e da distância entre as cidades de Campinas e São Paulo é razoável supor que ambas estão sujeitas a um regime semelhante de passagens de sistemas frontais.

Gráfico 4 – Frequência de sistemas frontais que passaram sobre São Paulo – entre os meses de maio e setembro (1993 a 2002).



Fonte: CETESB, 2003.

No gráfico 4 pode-se observar que em média, o número de sistemas frontais que atuaram sobre a região no período de 1993 a 2002 foi de 25 entre os meses de maio e setembro. O número máximo de sistemas frontais atuantes na região ocorreu em 1999 com 30 sistemas, e o mínimo em 2001 com 22 sistemas.

Para uma análise mais detalhada da passagem de sistemas frontais sobre a região, pode-se observar na tabela 1 a sua frequência mensal entre os anos de 1998 a 2002, para a cidade de São Paulo.

Tabela 1 – Frequência mensal de sistemas frontais que passaram sobre São Paulo entre 1998 e 2002.

M Ê S	A N O				
	1998	1999	2000	2001	2002
Janeiro	5	6	5	4	6
Fevereiro	8	7	6	4	3
Março	7	5	5	4	4
Abril	5	4	4	4	4
Mai	4	7	5	5	5
Junho	4	7	5	4	5
Julho	6	6	7	4	6
Agosto	5	4	5	4	5
Setembro	6	6	6	4	4
Outubro	5	4	6	6	5
Novembro	6	4	7	7	6
Dezembro	7	5	6	8	8
TOTAL	68	65	67	58	61

Fonte: CETESB, 2003.

Nos cinco anos computados (1998 a 2002), passaram em média sobre a região cerca de 63,8 sistemas frontais, sendo que em 2001 ocorreu o mínimo de 58 e em 1998 o máximo com 68.

Observa-se ainda pela tabela 1 que não parece haver meses preferenciais de passagem de sistemas frontais, ou seja, sua distribuição ao longo do ano é relativamente homogênea.

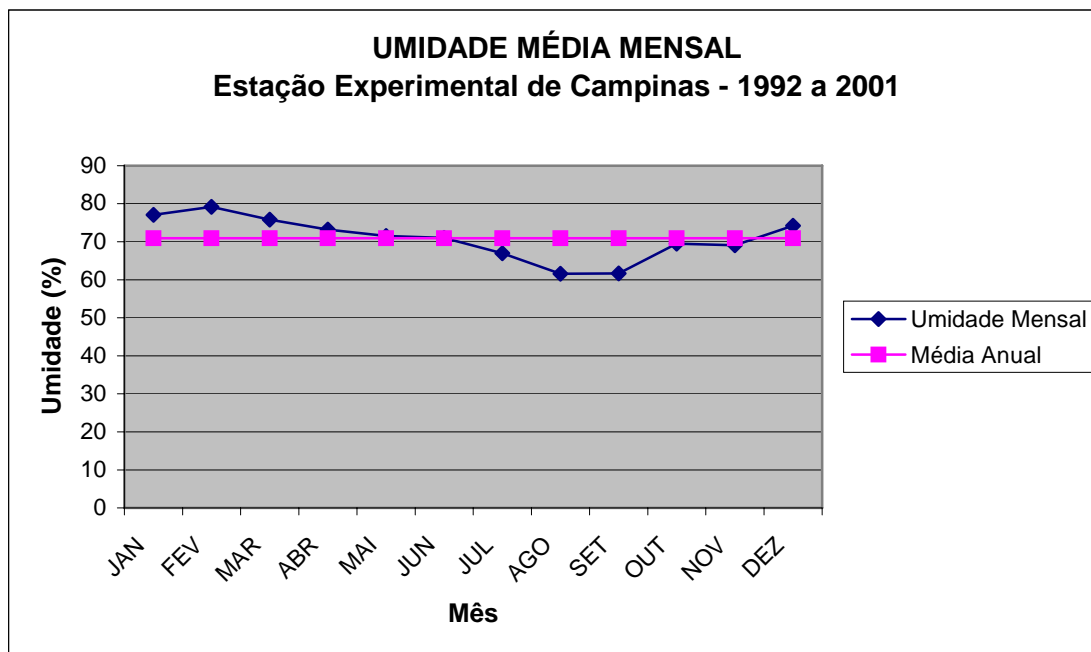
A importância dos sistemas frontais nos processos de dispersão de efluentes está na instabilização da atmosfera quando da sua passagem, intensificando a ventilação e provocando precipitação, facilitando assim a dispersão e diluição dos poluentes.

No que se refere à umidade relativa do ar, como esperado para uma região com as características físicas apresentadas, a média ao longo do ano é de 70,9 % com mínimo de 61,6 % em agosto (inverno) e máximo de 79,2 % em fevereiro (verão), conforme pode ser observado no gráfico 5.

Além desses parâmetros meteorológicos, outro fator determinante do clima de uma região é o regime dos ventos predominantes.

Vale ressaltar que este parâmetro é também de fundamental importância na dispersão de poluentes.

Gráfico 5 –Umidade Relativa média mensal no período 1992 a 2001 na estação Campinas do IAC.



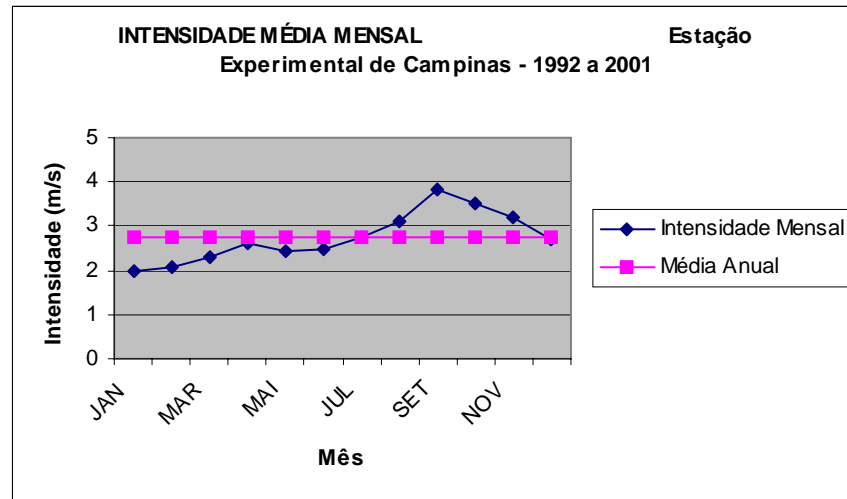
Fonte: INMET, 2002.

Com relação ao vento, além dos sistemas de grande escala que atuam na região, é importante considerar as condições de meso e micro escalas, sendo que neste último quesito, as condições físicas (topografia, obstáculos e cobertura superficial) são de grande importância.

A velocidade média anual do vento na região é de 2,7 m/s, e as intensidades ao longo do ano são apresentadas no gráfico 6.

Como pode ser observado no gráfico 6 trata-se de região bastante ventilada, com intensidade mínima em janeiro (2,0 m/s), máxima em setembro (3,8 m/s), e média anual de 2,75 m/s.

Gráfico 6 – Intensidade média mensal do vento no período 1992 a 2001 na estação Campinas do IAC.



Fonte: INMET, 2002.

Com referência a frequência média anual da direção do vento, a normal climatológica de 30 anos (1961-1990) mostra uma predominância absoluta de ventos de sudeste durante todos os meses do ano.

As médias dos dez anos mais recentes (1992-2001), mostram que houve um aumento na velocidade média anual, conforme pode ser observado no gráfico 6, onde a média é de 2,75 m/s, indicando um aumento de 35%. Isto sugere que houve um aumento nas condições de ventilação na região.

Com respeito à predominância do vento neste período, como componente principal, tem-se: 75,8% de ventos de sudeste, 0,8% de ventos de noroeste e 23,3% de condições de calmaria. Essas condições próximas de calmaria foram registradas principalmente entre os meses de janeiro e julho, entre os anos de 1992 e 1995. Após este período as situações de calmaria são esporádicas e não mostram um mês preferencial para ocorrência ao longo do ano.

A figura 2 mostra a área do empreendimento com a componente principal do vento sobre a região.

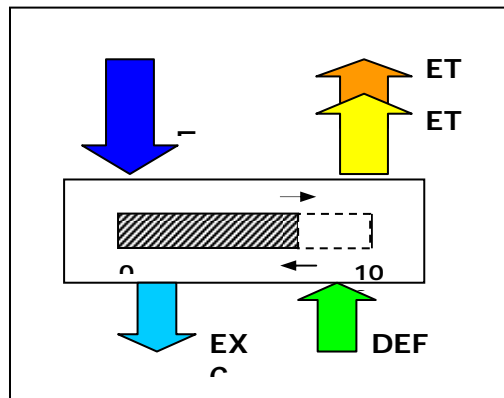


Figura 2 - Região do empreendimento com a direção do vento predominante.

Um outro aspecto que merece destaque nas condições físico-meteorológicas e que influencia principalmente as condições do solo local é o chamado “balanço hídrico”, que permite relacionar e quantificar as trocas de água entre a atmosfera e superfície terrestre.

A estimativa do balanço hídrico leva em consideração: a temperatura, a precipitação e a evapotranspiração potencial do sítio a ser analisado. Uma representação típica do balanço hídrico pode ser vista na figura 3.

Figura 3 – Componentes do balanço hídrico.



Fonte: Tubelis e Nascimento, 1980.

Onde:

P precipitação,
ETP evapotranspiração potencial,
ETR evapotranspiração real,
ARM ... armazenamento,
EXC excedente,
DEF deficiência.

Utilizando o método de Thornthwaite é possível estimar o excesso ou o “deficit” hídrico e o escoamento na superfície; parâmetros essenciais nas análises superficiais e sub-superficiais na área do sítio.

Na estimativa da evapotranspiração potencial utilizada no balanço hídrico foi aplicado o método de Thornthwaite-Camargo (Tubelis e Nascimento, 1980).

Os resultados da utilização deste método para o sítio de Sousas são apresentados na tabela 2 em seguida.

O balanço hídrico da tabela 2 indica que há deficiência ou “deficit hídrico” entre os meses de agosto e setembro e um excedente entre dezembro e março na área analisada; no balanço considerou-se uma capacidade de armazenamento de 100 milímetros.

Tabela 2 – Estimativa do balanço hídrico para o sítio de Sousas–SP.

MÊS	Precipitação (mm)	Evapotranspiração (mm)	Dificiência (mm)	Excesso (mm)	Escoamento (mm)
Jan	243,6	136,8	0	106,8	64,1
Fev	244,6	116,0	0	128,6	96,4
Mar	148,2	115,5	0	32,7	64,5
Abr	51,9	92,2	0	0	32,2
Mai	68,9	68,4	0	0	16,1
Jun	38,8	55,2	0	0	8,1
Jul	24,8	61,1	0	0	4,0
Ago	21,8	29,3	44,2	0	2,0
Set	83,0	83,0	3,0	0	1,0
Out	124,5	110,1	0	0	0,5
Nov	145,8	115,5	0	0	0
Dez	229,9	132,2	0	42,4	21,3
Anual	1425,8	1115,3	47,2	310,5	310,2

As avaliações físico-meteorológicas indicam que a área em estudo apresenta condições adequadas à implantação de empreendimento como o proposto.

5.2.5 HIDROGRAFIA

Quanto à hidrografia, Campinas está localizada integralmente na Bacia do Rio Tietê, receptor das águas dos seus afluentes de margem direta, o Rio Piracicaba e o Rio Capivari. Na sua parte Norte, Campinas é atravessada pelos Rios Jaguari e Atibaia, formadores do Rio Piracicaba, a partir das suas confluências no município de Americana.

Na parte Oeste de Campinas, destaca-se o Ribeirão Quilombo, cujas nascentes se encontram entre os bairros do Chapadão e dos Amarais, indo desaguar na margem esquerda do Rio Piracicaba após atravessar os municípios de Sumaré, Nova Odessa e Americana. Na parte Sul, Campinas é atravessada pelo Rio Capivari, afluente direto do rio Tietê, após se desenvolver pelos municípios de Monte Mor, Capivari, Rafard e Mombuca.

A rede de drenagem interna do município, composta por córregos e ribeirões, é bastante densa, toda convergente para as 3 grandes sub-bacias citadas (Atibaia/Jaguari, Quilombo, Capivari), e responsável pelo esgotamento e transporte das águas pluviais e servidas.

A figura a seguir, apresenta as posições relativas do município de Campinas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí e no Estado de São Paulo.

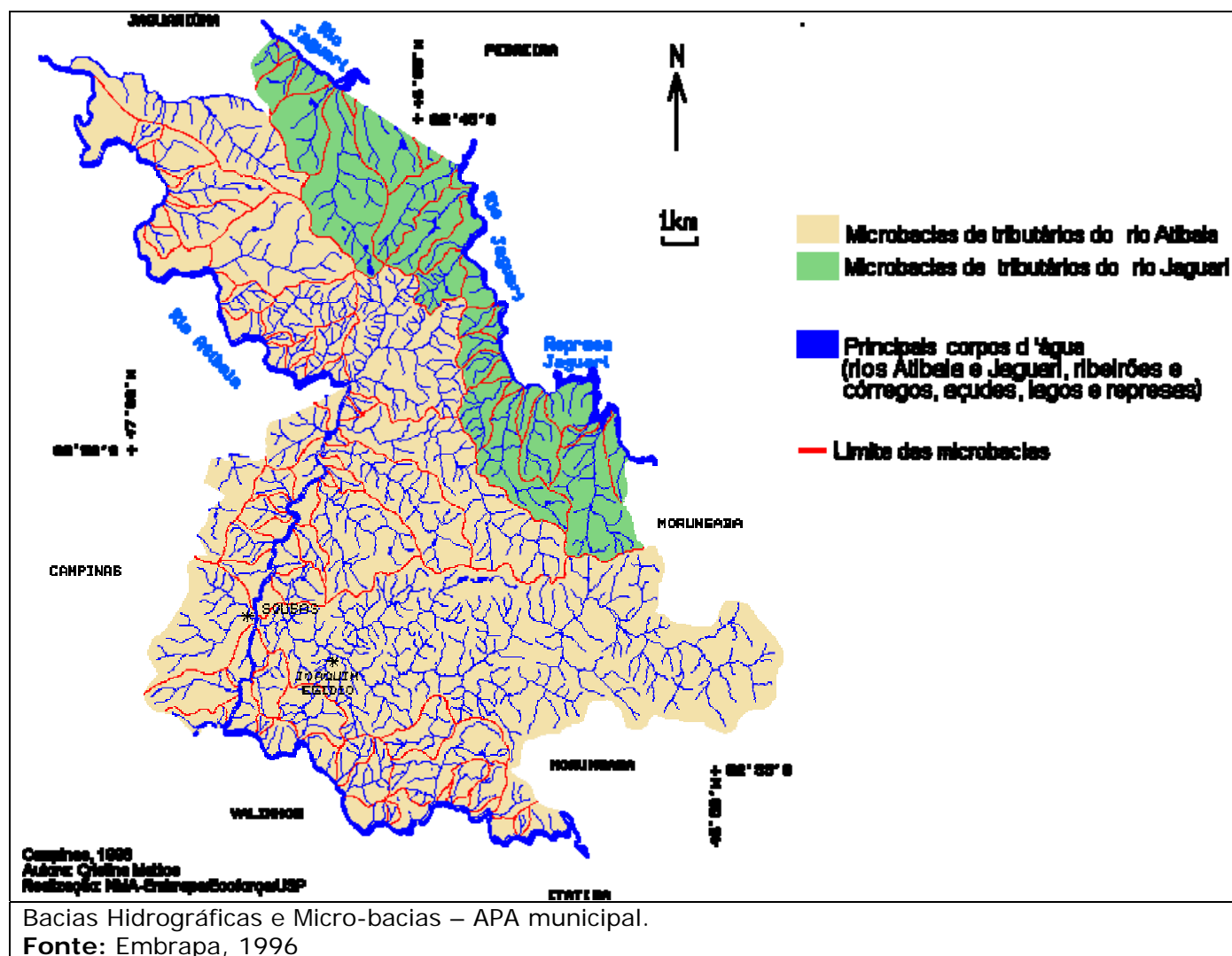
BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ



Bacias Hidrográficas e inserção do município de Campinas

Fonte: Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

Quanto a hidrografia da APA de Sosas e Joaquim Egídio, a figura abaixo apresenta as principais características. Conforme pode ser observado no Anexo, a gleba preconizada para o empreendimento apresenta-se em duas micro-bacias de drenagem, sendo a principal contribuinte do rio Atibaia.



As avaliações ambientais efetuadas para a implantação do loteamento Residencial Três Pontes do Atibaia, no que concerne aos recursos hídricos de superfície, foi elaborada em duas etapas que observam duas vertentes distintas, porém, interrelacionadas, consubstanciadas nos seus aspectos quantitativos e qualitativos mais relevantes. As duas vertentes foram consideradas em duas etapas de análise, sendo que a primeira, constitui a

fase de caracterização dos recursos hídricos, enquanto, a segunda, as avaliações de impacto ambiental relativa à implantação do Empreendimento.

Sob o enfoque quantitativo foi dada ênfase à questão das disponibilidades superficiais, abordando as vazões médias, máximas e mínimas da área de influência direta e indireta onde se insere o Empreendimento.

Nesse sentido, a Bacia Hidrográfica do Rio Atibaia (UGRHI 05 – Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, Capivari e Jundiaí – PCJ) é objeto das análises e avaliações hidrológicas tendo como referência fundamental os estudos desenvolvidos pelo CBH-PCJ, consubstanciados no Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 05 – Relatório 0 e Plano de Bacia 2000-2003, bem como nos dados e informações contidas nos documentos do HIDROPLAN – Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê, Baixada Santista e Piracicaba (DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de Paulo, 1995). Adicionalmente, contou-se com o trabalho “Bacia do Rio Piracicaba – Estabelecimento de Metas Ambientais e Reenquadramento dos Corpos D’água” (Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SMA, set/1994).

Para a definição das vazões superficiais características da bacia dispõem-se, ainda, de um importante constante no documento “Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas no Estado de São Paulo” (DAEE, 1994).

Esse documento apresenta os resultados de um amplo estudo de regionalização de vazões para o Estado de São Paulo. Utilizando o conceito de Regiões Homogêneas, do ponto de vista hidrológico, foram definidas as expressões matemáticas que permitem calcular as vazões características em qualquer seção dos cursos d’água, desde que se disponha dos valores de área de drenagem e chuva média na bacia a montante.

Já, para a segunda vertente, do ponto de vista da qualidade do recurso hídrico, foram utilizados os dados de monitoramento disponíveis para algumas seções do curso do rio Atibaia. Foram compilados dados constantes do periódico “Qualidade das Águas Interiores”, publicado anualmente pela CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (1991 a 1995 e 2000), com o intuito de caracterizar um perfil temporal da qualidade da água do rio Atibaia em locais a montante e jusante do empreendimento.

Objetivou-se configurar a situação do rio Atibaia, no trecho de interesse, como forma de amparar eventuais correlações e inferências como forma de aferir os eventuais efeitos decorrentes da nova situação a ser configurada com a implantação do Empreendimento.

As instalações do empreendimento analisado situam-se na Bacia do Rio Piracicaba, na área de drenagem de influência do rio Atibaia, próximo a localidade de Campinas. A drenagem total do rio Atibaia é de 2.822 km² junto à sua confluência com o rio Jaguari, local em que se inicia o rio Piracicaba (área igual a 7.144 km² na confluência e 12.746 km² junto a foz, no rio Tietê, no reservatório de Barra Bonita).

5.2.5.1.1 Usos e Disponibilidades dos Recursos Hídricos de Superfície

Fruto de um grande desenvolvimento econômico, as pressões exercidas sobre os recursos hídricos disponíveis, dado o grande crescimento das demandas vem acentuando os conflitos pelo uso da água na Bacia do Rio Atibaia (Piracicaba), representando um fator limitante ao desenvolvimento da mais alta relevância.

Esses conflitos são agravados, ainda, pela derivação hídrica de cerca de 31,0 m³/s dos reservatórios Jaguari – Jacareí, Atibainha e Cachoeira instalados nas cabeceiras dessa bacia. Atualmente, a oferta hídrica a jusante dos reservatórios é mantida igual a 4,0 m³/s, dos quais 1,0 m³/s para o rio Jaguari e 3,0 m³/s a jusante dos reservatórios Atibainha e Cachoeira, para o rio Atibaia.

O contínuo crescimento da região e a busca de seu enquadramento em uma perspectiva de sustentabilidade ambiental, têm provocado, inúmeras manifestações na bacia, mobilizando as comunidades e entidades afetas à questão, no sentido de aperfeiçoar o sistema de gestão dos recursos hídricos disponíveis, dada a sua carência, os conflitos de qualidade e a crescente evolução das demandas solicitadas pelos setores representados pelos aglomerados urbanos, parques industriais e áreas de agricultura irrigada.

No relatório do HIDROPLAN, foram apresentadas as vazões características, média de longo termo e de estiagem crítica, para diversas seções dos cursos dos rios Atibaia, Jaguari, Piracicaba e dos tributários principais, rios Camanducaia e Corumbataí. A análise dos valores de vazão mostra que a base de cálculo provém dos estudos de regionalização hidrológica elaborado pelo DAEE, citados anteriormente. Também, os valores de vazões utilizados no relatório SMA, são coincidentes com os demais, comprovando o consenso existente quanto às magnitudes e metodologia de cálculo das disponibilidades hídricas superficiais.

O Quadro 1 apresenta as vazões naturais para o curso do rio Atibaia, em seções de interesse, não estando incorporados os acréscimos provenientes de importações hídricas de outras bacias e das descargas reguladoras dos reservatórios do Sistema Cantareira. As vazões consideradas no quadro, são

- $Q_{7,10}$ – vazão mínima de 7 dias consecutivos, estimada para uma período de retorno igual a 10 anos;
- Q_{LT} – vazão média de longo termo.
- Consolidação dos usos dos recursos hídricos na bacia, para o ano de 1995 (HIDROPLAN).

Para o ano de 1995, as disponibilidades remanescentes próximas ao local do empreendimento, ficam assim configuradas:

- a vazão mínimas ($Q_{7,10}$) rio Atibaia é igual a **$8,00 \text{ m}^3/\text{s}$** ;
- com relação às vazões médias de longo termo (Q_{LT}) **a disponibilidade é igual a $18,81 \text{ m}^3/\text{s}$** ;

Quadro 1 - VAZÕES CARACTERÍSTICAS E BALANÇO HÍDRICO RIO ATIBAIA - SITUAÇÃO EM 1995

RIO	LOCAL	ÁREA DE DRENAGEM km ²	Q _{CON} (l/s) CONSUMO	SALDO HÍDRICO (m ³ /s)	
				Q _{LT}	Q _{7,10}
ATIBAIA	Jus. Reservatórios			3,00	3,00
	Confl. Atibainha e				
	Cachoeira	1.005,0	68	7,50	4,25
	Jus. derivação p/ Jundiá	1.847,0	566	18,81	8,00
	Confl. Rio Jaguari	2.822,00	2.405,00	27,14	9,09

Aspectos Qualitativos

O perfil sanitário do rio Atibaia, próximo ao local do Empreendimento, foi desenvolvido com base nos dados monitorados pela CETESB. Com o intuito de facilitar a interpretação das informações de qualidade de água de forma abrangente e útil, a CETESB adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas – IQA, que incorpora 9 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público.

A CETESB utiliza 35 parâmetros como indicadores de qualidade das águas, dos quais 9 foram selecionados para determinar o IQA: pH, OD, DBO₅, Coliformes Fecais, Resíduo Total, Temperatura, Turbidez, cuja escala varia de 0 a 100, estabelecendo-se uma qualificação, conforme mostra o Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 – Qualificação do IQA

IQA			Qualificação	
0	A	19	Péssima	(P)
20	A	36	Ruim	(R)
37	A	51	Aceitável	(A)
52	A	79	Boa	(B)
80	A	100	Ótima	(O)

Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - CETESB

A qualidade das águas na Bacia do Rio Atibaia tem sido acompanhada através de monitoramentos realizados pela CETESB desde 1974, contando atualmente com três pontos de amostragem. O Quadro 3 apresenta os pontos de Amostragem da Bacia do Rio Atibaia.

Quadro 3 – Pontos de Amostragem da Bacia do Rio Atibaia

Ponto	Corpo d'água	Localização
AT2000	Rio Atibaia	Junto à captação de Atibaia
AT2065	Rio Atibaia	Na captação do N°3 de Campinas
AT2605	Rio Atibaia	Ponte na nova Rodovia Campinas-Cosmópolis

Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - CETESB

O ponto de monitoramento mais representativo para o empreendimento em estudo, quanto aos despejos e qualidade das águas é o AT2605 no Rio Atibaia.

Os Quadros 4 e 5 apresentam os resultados dos valores mínimos e máximos obtidos pela CETESB no monitoramento do Rio Atibaia no ponto AT 2605, para os Parâmetros e Indicadores de Qualidade de Águas no período de 1991 a 1997.

Segundo os resultados apresentados nos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo da CETESB, os valores obtidos para o Índice de Qualidade de Água - IQA, mostram que o Rio Atibaia, no ponto do monitoramento AT2605, vem apresentando qualidade aceitável na maioria das vezes no período analisado.

Para o ano de 2000, conforme o Quadro 6, o rio Atibaia no local considerado apresentou as mesmas tendências do período 1991-97, com exceção do mês de janeiro, quando se observou IQA classificado como "Péssimo".

Características Físicas da Implantação do Empreendimento

A área de implantação situa-se às margens do rio Atibaia (margem esquerda), ocupando uma gleba de 3.155.350,00 m² ou 315,35 ha, sendo 1.468.694,53 m² (146,68 ha) de área loteável, dos quais as seguintes frações de aproveitamento são estimadas pelo projeto urbanístico:

- Área impermeabilizada para implantação do sistema viário igual a 4,12 ha ou 2,8%;
- Área impermeabilizada para implantação das edificações igual a 24,69 ha ou 16,5%;
- Área a ser impermeabilizada total prevista igual a 28,83 ha ou 19,3%;
- Área permeável a ser mantida igual a 120,76 ha ou 80,7%.

A impermeabilização prevista, portanto, será da ordem de 20% da área total a ser ocupada pelo loteamento. A urbanização se desenvolverá em pequenas sub-bacias de tributários, diretos e secundários, do rio Atibaia, prevendo-se a manutenção das faixas de proteção (APP) ao longo dos talvegues presentes na área.

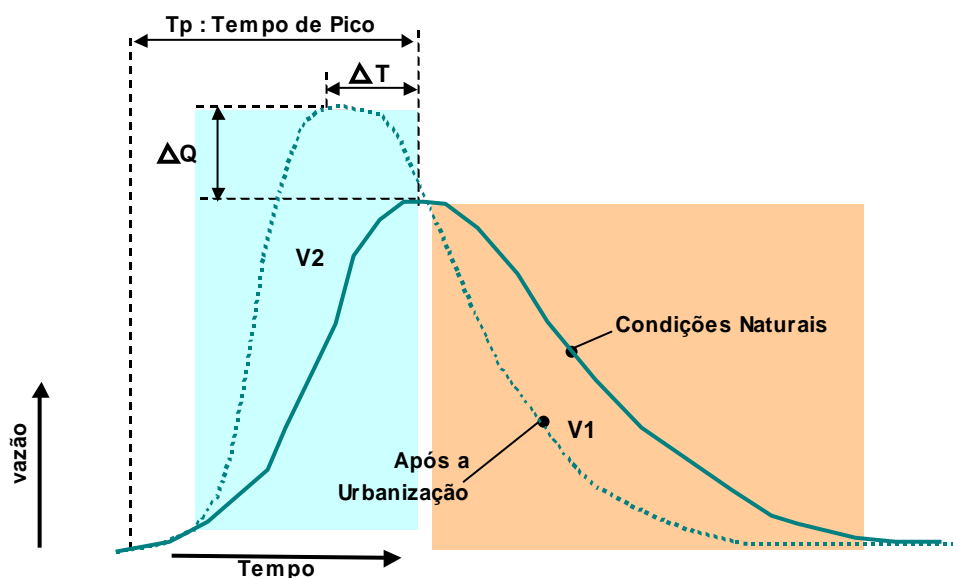
Após a implantação e ocupação integral dos 1.160 lotes residenciais, para os quais estima-se uma taxa igual a 4 habitantes/lote, o empreendimento contará com uma população fixa de cerca de 4.640 pessoas, resultando em uma densidade habitacional de 14,71 hab/ha, valor que pode ser considerado baixo quando comparado com os padrões de áreas urbanas.

Para essa densidade habitacional, segundo Tucci₁, pode-se estimar a taxa de impermeabilização correspondente através da equação: $AI = 0,49 \times DH$. Nessa equação AI é a área impermeável (%) e DH a densidade habitacional (hab/ha). Para a área do empreendimento resulta um percentual de impermeabilização igual a 19,77% (19,3% previstos), portanto, permitindo enquadrá-la nos casos analisados pelo referido autor bem como associá-la quanto às conclusões qualitativas prescritas no documento de referência.

¹(Manual de Drenagem Urbana – ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos – Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M. T. – 1995)

¹(Gerenciamento Integrado das Inundações Urbanas no Brasil – Tucci, C. E. M – Rega – Revista de Gestão de Água da América Latina, pág. 59 – 2004)

Do ponto de vista dos deflúvios superficiais, apesar de reduzida, a impermeabilização deverá incrementar o escoamento superficial, repercutindo-se no aumento dos picos de vazões que escoam para o rio Atibaia, bem como sobre uma diminuição da infiltração (recarga da umidade do solo e alimentação do lençol subterrâneo). Também, haverá um aumento dos volumes escoados superficialmente devido à remoção de vegetação que ocasiona a diminuição da evapotranspiração.



A figura esquemática acima representa os hidrogramas de vazões resultantes para dois estágios distintos do uso e ocupação do solo de uma mesma bacia hidrográfica. A diferença básica entre os estágios refere-se à urbanização e conseqüente impermeabilização de partes das áreas de contribuição da bacia, alterando a forma e magnitudes dos hidrogramas de vazões.

Com a urbanização ocorre uma antecipação na ocorrência dos picos de vazões (ΔT) decorrente da implantação de dispositivos de microdrenagem tais como guias e sarjetas, galerias de águas pluviais e, eventualmente, também devida à canalização de talvegues. Também contribui para a maior rapidez do escoamento pluvial a eliminação dos pontos de reserva natural representados pelas depressões superficiais dos terrenos, que retém, temporariamente, parte das águas precipitadas. Todas as intervenções descritas tendem a diminuir o tempo de escoamento das águas pluviais tendo em vista a regularização e retificação dos leitos naturais e a instalação de revestimentos que proporcionam menor resistência ao fluxo hídrico (materiais com menor rugosidade).

Com a aceleração do escoamento ocorre um acréscimo (ΔQ) das vazões de pico, fato que é maximizado pela impermeabilização das áreas de contribuição. A maior rapidez dos escoamentos superficiais transfere os deflúvios, também, de forma mais rápida para os trechos a jusante, gerando, quase sempre, situações onde a composição dos afluxos criam maiores vazões em trânsito.

A impermeabilização incrementa as vazões superficiais pela diminuição das parcelas das águas das chuvas que seriam perdidas por evapotranspiração pela vegetação suprimida e, principalmente, pela perda de capacidade de infiltração em solo. É desse aumento que ocorre, também, um aumento dos volumes hídricos escoados durante as chuvas ($V_2 > V_1$).

Outro aspecto que sofre interferências da urbanização é a qualidade da água dos corpos receptores de jusante. São fatores geradores os seguintes:

- Lançamento de efluentes domésticos, tratados ou não, coletados na área urbana;
- “run-off” urbano.

Junto às áreas urbanas ocorrem concentrações de poluentes no ar gerados pelas atividades cotidianas, tendo como foco principal as emissões gasosas dos veículos em circulação. Com as chuvas esses poluentes tendem a precipitar junto com a água sendo, em parte, encaminhados para a rede hídrica do entorno.

Também, com a circulação de veículos, depositam-se nos leitos das vias substâncias como chumbo e fuligem provenientes das emissões e combustíveis, óleos e graxas decorrentes de vazamentos. Esses poluentes depositados são transportados para os leitos fluviais durante as chuvas.

Outro fator gerador é constituído pelos resíduos sólidos urbanos (lixo doméstico disposto inadequadamente ou simplesmente lançado em vias e passeios) que podem ser encaminhados para os corpos d'água junto com os escoamentos pluviais.

- Transporte sólido de áreas com supressão de vegetação de proteção.

Durante a implantação de grandes empreendimentos residenciais é freqüente a ocorrência de uma ocupação gradativa no tempo. Disto resulta que lotes abertos e com vegetação natural removida fiquem desprotegidos da ação das águas pluviais favorecendo o surgimento de processos erosivos, com o conseqüente transporte sólido para os cursos d'água situados a jusante.

Vale lembrar, que a fase de implantação do empreendimento deve envolver grandes obras de terraplenagem e movimentação de terra, que contribuem significativamente para o transporte sólido durante os escoamentos pluviais.

5.2.6 RUÍDOS

A área onde será implantado o empreendimento está localizada no distrito de Sousas, no município de Campinas. Tal área está situada na zona rural e é acessada por estradas vicinais, com partes asfaltadas e partes não pavimentadas. A gleba faz fronteira com alguns condomínios, de residências, chácaras, sítios e fazendas.

O acesso ao empreendimento será através da Rodovia D Pedro I, próximo ao trevo de acesso ao distrito de Sousas.

Nas proximidades do futuro leito desta avenida também existem alguns centros residenciais, com condomínios fechados.

A topografia da região não é acidentada, existindo algumas ondulações no terreno, não variando mais que 50 metros.

A vegetação no interior da gleba é composta por eucaliptos, algumas manchas de vegetação nativa e parte vegetação rasteira, como capim e grama.

5.2.6.1 ÁREA DIRETAMENTE AFETADA

5.2.6.1.1 Implantação do empreendimento

O diagnostico do parâmetro ambiental ruído na área de implantação do empreendimento foi executado através de medições do nível de pressão sonora em seis pontos no período das 10:00 as 15:00hs.

A distribuição dos pontos de medição foi determinada a partir de um estudo preliminar que permitiu contemplar os níveis de pressão sonora ao longo da propriedade e do entorno imediato.

O nível de pressão sonora neste local é gerado pelo balançar da vegetação devido a ação do vento e por algumas aves e pelo ruído dos núcleos urbanos situados a uma considerável distância.

As medições foram realizadas para avaliar o nível de ruído existente na área naquele dado momento, que pode ser considerado como representativo para o horário comercial.

Devido à topografia plana os pontos de medições adotados foram suficientes para se elaborar um diagnóstico completo da pressão sonora existente na área de implantação.

Neste estudo o medidor de pressão sonora foi ligado durante 200 segundos e consideraram-se os valores médios $L_{(eq)}$, nível equivalente de pressão sonora e máximos $L_{(max)}$, nível máximo de pressão sonora, por serem os valores mais críticos, conforme determina a norma técnica ABNT NBR 10151/2000 - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade.

O equipamento de medição foi fixado na escala de compensação (A), com protetor de vento e resposta rápida, possibilitando o registro de variações súbitas de ruído. Todas as medidas foram executadas a pelo menos 1,50 metros de distância do solo e de superfícies reflexivas.

A localização dos pontos de medição de encontram na Figura 1 que mostra uma fotografia aérea da área proposta para a instalação do empreendimento, com as suas fronteiras.

Por meio desta figura observa-se que na região do empreendimento não existe nenhuma fonte importante produtora de ruído, nem mesmo estradas, pois como descrito anteriormente todas as estradas localizadas no entorno do empreendimento possuem baixo fluxo de veículos.

O primeiro ponto de medição está localizado próximo a entrada do empreendimento .pressão. No intervalo de tempo o medidor de pressão sonora registrou todo o ruído existente no local e integrou-o para calcular os valores médio e máximo. O valores médio e máximo registrados foram de 42 e 48 dB(A), respectivamente. Como se observa houve uma variação de apenas 6 dB(A).

As Figuras 2, 3 e 4 são visadas do ponto de medição numero 1. Nestas figuras, pode-se observar que nas proximidades do ponto de medição não existe nenhuma fonte produzindo ruído no instante de medidas. As variações que poderão ocorrer nos valores de pressão sonora serão devidas a passagens de veículos pela estrada existente no local e ao ruído produzido na residência localizada nas proximidades. Como o fluxo de veículos por esta estrada é muito baixo, as variações nos níveis de pressão sonora deverão, também, ser muito pequenas.



Figura 1. Esquema do empreendimento com a localização dos pontos de medidas na ADA



Figura 2. Visada do ponto de medição 1



Figura 3. Visada do ponto de medição 1



Figura 4. Visada do ponto de 1

O ponto de medição 2 também está localizado nas proximidade de uma estrada vicinal na fronteira do empreendimento com um condomínio de chácaras. Os valores registrados médio e máximo foram de 43 e 51 dB(A), respectivamente. Como no ponto anterior, os valores medidos de pressão sonora são muito baixo, demonstrando mais uma vez que não existe nenhuma fonte importante produzindo ruído no entorno do ponto de medição. A pressão sonora medida pode ser considerada ruído de fundo, sem uma fonte bem definida que o produz.

As Figuras 5 e 6 são visadas do no entorno do ponto de medição. Observa-se nestas figuras que a vegetação no entorno do ponto de medição é constituída por manchas de mata nativa, reflorestamento por eucaliptos, pastagem e solo utilizado para cultivo. Este tipo de terreno é importante para a atenuação de qualquer ruído que seja produzido no local.



Figura 5. Visada do ponto de medição 2



Figura 6. Visada do ponto de medição 2

O ponto de medição 3 está localizado na fronteira do empreendimento com um condomínio de chácaras. Os valores médio e máximo de pressão sonora foram de 45 e 52 dB(A), respectivamente. As Figuras 7 e 8 mostram as imediações do ponto de medição, observa-se que a vegetação neste ponto é constituída principalmente de eucaliptos. Observa-se também uma construção típica do condomínio. Como estas residências são destinadas, principalmente, para veraneio e são construídas de maneira esparsa, produzem muito pouco ruído.



Figura 7. Visada do ponto de medição 3, mostrando a vegetação típica da área.



Figura 8. Visada do ponto de medição 3, mostrando algumas construções no condomínio que faz fronteira com o empreendimento

O ponto de medição 5 está localizado no interior da gleba onde vai ser implantado o empreendimento. Os valores médio e máximo de pressão sonora foram de 43 e 52 dB(A), respectivamente. Novamente observa-se que o ruído captado pelo medidor de pressão sonora, pode ser considerado como ruído de fundo e que estes valores são inferiores ao ruído produzido por conversas no interior de uma casa. As Figuras 9 e 10 ilustram a área no entorno do ponto de medição e nelas observa-se que não existem fontes que possam produzir ruído. Nestas figuras observa-se que a vegetação no entorno do ponto de medição é constituída por mancha de mata natural, grama e eucaliptos. Este tipo de cobertura do terreno é um bom amortecedor de ondas sonoras, servindo como atenuador do ruído.



Figura 9. Visada do ponto de medição 5. Nesta figura observa-se que a vegetação no entorno do ponto de medição é constituída por mancha de mata natural, grama e eucaliptos.



Figura 10. Visada do ponto de medição 5. Observa-se toras de eucaliptos cortados na área.

5.2.6.1.2 Acesso ao empreendimento

O diagnóstico do parâmetro ambiental ruído no acesso ao empreendimento foi executado através de medições do nível de pressão sonora em seis pontos no período das 10:00 as 15:00hs. A distribuição dos pontos de medição foi determinada a partir de um estudo preliminar que permitiu contemplar os níveis de pressão sonora ao longo da propriedade e do entorno imediato.

O nível de pressão sonora neste local é gerado pelo balançar da vegetação devido a ação do vento e por algumas aves e pelo ruído dos núcleos urbanos situados a uma considerável distância e em alguns locais pelo ruído gerado pela Rodovia D Pedro I. As medições foram realizadas para avaliar o nível de ruído existente na área naquele dado momento, que pode ser considerado como representativo para o horário comercial. Devido à topografia plana os pontos de medições adotados foram suficientes para se elaborar um diagnóstico completo da pressão sonora existente na área de acesso. A Figura 11 mostra os pontos de medição na via de acesso ao empreendimento



Figura 11. Localização dos pontos de medição na área de acesso ao empreendimento

O ponto de medição 8 está localizado no interior do empreendimento. O valores médio e máximo registrados foram de 39 e 41 dB(A), respectivamente. Como se observa os valores registrados foram extremamente baixos, e também o gradiente entre os valores médio e máximo foi somente de 2 dB(A). Estes dados mostram que não existe nenhuma fonte importante de ruído nas imediações do ponto de medição. Os valores medidos são comparáveis àqueles devidos a conversas com tom de voz baixo em interiores de residências. As Figuras 12, 13 e 14 são visadas do ponto de medição numero 8. Nestas figuras, pode-se observar que nas proximidades do ponto de medição não existe nenhuma fonte produzindo ruído no instante de medidas. Este ponto de medição está localizado a cerca de 1200 m de um condomínio residencial e a cerca de 1500 m da rodovia D. Pedro I. A vegetação no entorno do ponto é composta praticamente de capim, pois a área no ponto é utilizada para pastagem de gado.



Figura 12. Visada do ponto de medição 8



Figura 13. Outra visada do ponto de medição 8



Figura 14. Outra visada do ponto de medição 8

O ponto de medição 9 está localizado a cerca de 200 m do condomínio residencial no distrito de Sousas. Os valores registrados médio e máximo foram de 39 e 41 dB(A), respectivamente. Como no ponto anterior, os valores medidos de pressão sonora são muito baixos, demonstrando que o ruído produzido no condomínio é muito baixo e não praticamente não chegou ao instrumento de medição. A pressão sonora medida pode ser considerada ruído de fundo, sem uma fonte bem definida que o produz. As Figuras 15 e 16 são visadas do no entorno do ponto de medição. Observa-se, novamente, nestas figuras que a vegetação no entorno do ponto de medição é constituída por capim. Estas fotografias mostram que a topografia no entorno deste ponto de medição não é totalmente plana.



Figura 15. Visada do ponto de medição 9



Figura 16. Visada do ponto de medição 9

O ponto de medição 10 está localizado no interior da gleba. Os valores médio e máximo de pressão sonora foram de 39 e 42 dB(A), respectivamente. As Figuras 17 e 18 mostram as imediações do ponto de medição. Observa-se que a vegetação neste ponto continua sendo constituída praticamente de capim, embora exista uma mancha de eucaliptos. Novamente a pressão sonora medida pode ser considerada como ruído de fundo, sem uma fonte bem definida a produzi-lo. Esses níveis de pressão sonora novamente são comparáveis a conversa em tom baixo de voz no interior de residências.



Figura 17. Visada do ponto de medição 10, mostrando a vegetação típica da área.



Figura 18. Visada do ponto de medição 10.

O ponto de medição 11 está localizado ao lado do condomínio Caminhos de São Conrado no distrito de Sousas. As medições tiveram início às 09:50 horas. Os valores médio e máximo observados foram de 42 e 45 dB(A), respectivamente. Como se observa os valores observados da pressão sonora neste ponto são um pouco mais altos que aqueles medidos nos pontos anteriores, este fato ocorreu em função da proximidade do condomínio. Deve-se salientar, que embora tenha havido um aumento, o nível de pressão sonora ainda pode ser considerado muito baixo. A vegetação no entorno deste ponto de medição é constituída principalmente de capim baqueara. Como nas outras partes, a topografia nas imediações do ponto é pouco acidentada. As Figuras 19 e 20 são visadas do ponto de medição.



Figura 19. Visada do ponto de medição 11, mostrando uma parte do condomínio Caminhos de São Conrado.



Figura 20. Visada do ponto de medição 11, mostrando novamente uma parte do condomínio Caminhos de São Conrado.

O ponto de medição 12 está localizado na entrada da fazenda onde vai ser implantado o empreendimento. Os valores médio e máximo de pressão sonora foram de 42 e 43 dB(A), respectivamente. Novamente observa-se que o ruído captado pelo medidor de pressão sonora pode ser considerado como ruído de fundo e que estes valores são inferiores ao ruído produzido por conversas no interior de uma casa. As Figuras 21 e 22 ilustram a área no entorno do ponto de medição e nelas observa-se que não existem fontes que possam produzir altos níveis de ruído.



Figura 21. Visada do ponto de medição 12. Nesta figura observa-se que a vegetação no entorno do ponto de medição é constituída por capim de pastagem de gado.



Figura 22. Visada do ponto de medição 12. Observa-se ao fundo o condomínio Caminhos de São Conrado.

O ponto de medição 13 está localizado nos fundos da loja de material esportivo Decathlon, às margens da rodovia D. Pedro I. As medições tiveram início às 10:30 horas. Os valores médio e máximo de pressão sonora foram de 52 e 57 dB(A), respectivamente. Embora o ponto de medição estivesse localizado nas proximidades da rodovia os valores de pressão sonora não são altos. Este fato pode ser explicado da seguinte forma: o medidor de pressão sonora estava operando atrás do prédio da loja de material esportivo, que funcionou como uma barreira de amortecimento das ondas sonoras. Portanto, a maior parte ruído registrado foi gerado nas proximidades do ponto, sendo pequena parte oriunda da rodovia. As Figuras 23 e 24 são visadas do ponto de medição número 13.

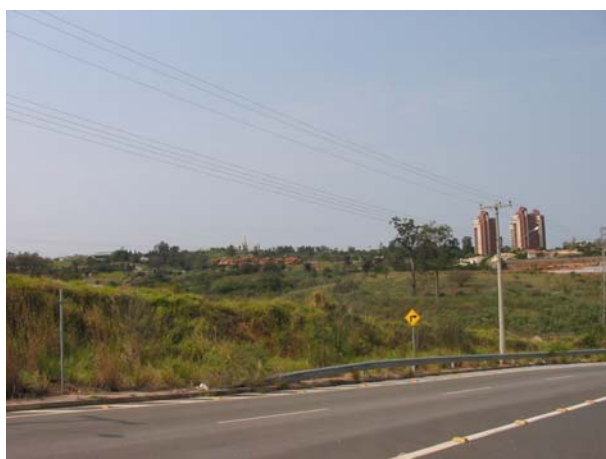


Figura 23. Visada do ponto de 13



Figura 24. Visada do ponto de medição 13

O ponto de medição 14 está localizado defronte a loja de material esportivo Decathlon e de material de construção Leroy Merlin, a cerca de 200 m da rodovia D. Pedro I. Os valores médio e máximo de pressão sonora foram de 63 e 75 dB(A), respectivamente. Observa-se que houve um aumento acentuado entre os valores medidos nestes pontos e aqueles dos pontos anteriores. Este aumento é devido ao tráfego de caminhões que estavam trabalhando numa obra na rodovia que dá acesso a loja de material esportivo Decathlon, ao tráfego de veículos que se dirigiam às lojas Leroy Merlin e Decathlon, e finalmente parte do ruído devido ao tráfego na rodovia D. Pedro I. As figuras 25 e 26 mostram as imediações do ponto de medição número 14.



Figura 25. Visada do ponto de medição 14.



Figura 26. Visada do ponto de medição numero 14.

Para se ter uma visão global da pressão sonora na área do empreendimento, apresenta-se na tabela I, os valores médio e máximo da pressão sonora, medidos em cada ponto.

5.2.6.1.3 Considerações sobre o diagnóstico de ruído na ADA

A gleba do empreendimento e seu acesso está localizada na zona rural do município Campinas, distrito de Sousas. Por se tratar de uma zona rural, não existem fontes importantes de ruído no interior da gleba, destinada ao empreendimento, e seu entorno.

O ruído observado no interior e entorno da gleba é produzido, principalmente por veículos que trafegam nas estradas vicinais por máquinas agrícolas que trabalham nos sítios existentes nas proximidades. A principal fonte de ruído existente na região são veículos que acessam o condomínio Caminhos de São Conrado e trafegam pela Rodovia D Pedro I. Porém, devido a distância que os separa e também devido a topografia e vegetação, constituída por eucaliptos, mata nativa e pastagem, o ruído que é produzido nesta via de acesso pouco atinge o interior da gleba.

5.2.6.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID)

A Área de Influência Direta do empreendimento pode ser considerada como uma faixa de 500 metros a partir da ADA. Nesta faixa estão localizados alguns condomínios residências e uma parte do Distrito de Sousas. Foram feitas medidas em dois locais para avaliar a condição ambiental da região perante o parâmetro ruído. Os pontos de medição 4 e 6 estão ilustrados na Figura 1

O ponto de medição 4 está localizado próximo da portaria secundária do condomínio Caminhos de São Conrado. Os valores médio e máximo observados foram de 51 e 66 dB(A), respectivamente. Como se observa os valores observados da pressão sonora neste ponto são mais altos que aqueles observados nos pontos anteriores, este fato ocorreu em função da localização do ponto de medição. O ponto 4 está localizado na estrada vicinal onde existe uma entrada secundária do condomínio Caminhos de São Conrado, por onde trafegam veículos que acessam o mesmo. O gradiente entre os valores médio e máximo da pressão sonora foi de 18 dB(A). Esta grande variação pode ser explicada da seguinte forma: no estado básico o valor da pressão sonora pode ser considerado baixo, pois o ruído produzido no interior do condomínio pouco chega nas proximidades da portaria, com a passagem de veículo pela estrada vicinal este estado é quebrado e a pressão sonora aumenta. As Figuras 26 e 27 ilustram o local.



Figura 26. Visada do ponto de medição 4, mostrando a estrada vicinal que dá acesso ao condomínio Caminhos de São Conrado.



Figura 27. Visada do ponto de medição 4, mostrando a portaria secundária do condomínio Caminhos de São Conrado.

O ponto de medição 6 está localizado próximo da portaria principal do condomínio Caminhos de São Conrado. Os valores médio e máximo de pressão sonora foram de 66 e 77 dB(A), respectivamente. Os valores medidos de pressão sonora neste ponto podem ser considerados de médios para altos, são comparáveis àqueles observados em avenidas de tráfego médio. O ruído observado é produzido por veículos acessam o condomínio. Este ponto de medição está relativamente afastado do empreendimento. Porém, é importante esta medição para demonstrar que o ruído produzido nas imediações do condomínio não atinge o empreendimento, devido a distancia entre eles e devido, também, a atenuação das ondas sonoras pela vegetação existente no local.



Figura 28. Visada do ponto de medição 6 portaria principal do condomínio Caminhos de São Conrado.



Figura 29. Visada do ponto de medição 6 tráfego de veículos que acessam o condomínio Caminhos de São Conrado, principal fonte de ruído no local.

5.2.6.2.1 Considerações sobre o diagnóstico de ruído na AID

Os níveis de pressão sonora existentes na AID são compatíveis com o de uma cidade de médio porte, característica do distrito de Sousas. A principal fonte de ruído da região é o trânsito de veículos pelas ruas e pela Rodovia D Pedro I. As ondas sonoras se dispersam rapidamente devido à condição topográfica da região ser plana, bem como a ocupação urbana composta de edificações baixas o que possibilita uma condição de conforto sonoro de boa qualidade.

5.2.6.3 ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)

A Área de Influência Indireta do empreendimento é o Município de Campinas e a Rodovia D Pedro I.

O município de Campinas possui uma condição de conforto sonoro bastante debilitado devido ao alto índice de tráfego de suas avenidas. Sua ocupação urbana, densa e verticalizada, também contribui para a concentração da energia sonora que não se dispersa devido às edificações serem próximas e altas. Desta maneira o nível de pressão sonora média da cidade é da ordem de 75 a 80 dB(A) nas regiões centrais e de 60 a 75 dB(A) nos bairros, variando durante o dia devido à diminuição ou aumento do tráfego de veículos. Nas regiões industriais o nível de pressão sonora se eleva devido à predominância de tráfego de veículos pesados e pelos equipamentos das indústrias.

A Rodovia D Pedro I possui um elevado índice de tráfego de veículos pesados o que gera uma condição sonora bastante desfavorável nas suas proximidades.

A condição urbana e topográfica de suas margens favorece a dispersão das ondas sonoras na região o que mitiga a grande potência sonora irradiada pelos veículos pesados.