

São Paulo, 13 de Setembro de 2013.

À

CONCESSIONÁRIA ROTA DAS BANDEIRAS S/A.

Rodovia D. Pedro I, 110.

Itatipa / SP

A/C

Bruno Gibson

Meio Ambiente



(11) 4894 8592



(11) 7772 9586



Gibson@rotadasbandeiras.com.br

Ref.: Avaliação hidrogeológica.

Ass.: Relatório técnico.

Doc: PRJ130602_ROTAS BANDEIRAS_Hidro V3.

Prezado(a) senhor(a),

A empresa infra-assinada apresenta a **Avaliação hidrogeológica** da área do trecho de prolongamento da SP-083 – Rodovia José Roberto Magalhães Teixeira (Trecho I), que ligará a Rodovia Anhanguera à Rodovia dos Bandeirantes, na região de Campinas/SP..


Sem mais para o momento, fico a disposição para quaisquer esclarecimentos que se façam necessários.

Cordialmente,



Mário de Brito Marcelino
Marcelino e Associados - MA
11 98305 0121

marcelinoeassociados@gmail.com.br

Cliente:	Documento N°.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	1	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica			03

Rua Aureo de Almeida Camargo, 106 CEP05324-010 Pq Continental São Paulo / SP
marcelinoeassociados@gmail.com

RELATÓRIO TÉCNICO

AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

CLIENTE:

ROTA DAS BANDEIRAS

DADOS DO PROJETO:

PRJ130602 ROTA BANDEIRAS


Proposta: PROP130502_ROTA BANDEIRAS_Carac hidro.doc

Contrato:

Início:


Prazo:

Setembro / 2013


Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	2	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

SUMÁRIO

1. RESUMO EXECUTIVO	5
2. INTRODUÇÃO	7
2.1 OBJETIVO	7
2.2 LOCALIZAÇÃO	7
3. ATIVIDADES E METODOLOGIA DE TRABALHO	7
3.1 METODOLOGIA DOS TRABALHOS	7
3.2 ATIVIDADES DE ESCRITÓRIO	9
3.2.1 Levantamento de dados bibliográficos	9
3.2.2 Fotointerpretação e/ou análise de imagem de satélite	9
3.2.3 Emissão de relatório técnico	9
3.3 INVESTIGAÇÃO HIDROGEOLÓGICA.....	9
3.3.1 Inspeção técnica e reconhecimento fisiográfico	9
3.3.2 Sondagem de investigação e coleta de solo	9
3.3.3 Poço de monitoramento (PM's)	10
3.3.3.1 Desenvolvimento e purga dos poços de monitoramento	10
3.3.4 Monitoramento da carga hidráulica	10
3.3.5 Coleta de água subterrânea	11
3.3.6 Levantamento topográfico	11
3.3.7 Ensaio de permeabilidade	12
3.3.8 Caracterização de fluxo subterrâneo	12
3.3.9 Caracterização da vulnerabilidade relativa do sistema aquífero local	13
3.3.10 Caracterização da qualidade da água subterrânea	14
3.3.11 Caracterização da qualidade da água superficial	16
3.3.12 Qualificação analítica	17
3.3.13 Avaliação de impacto	17
4. RESULTADOS DAS ATIVIDADES	19
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO.....	19
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	20
4.2.1 Contexto Geográfico	20
4.2.2 Uso e ocupação do solo	20
4.2.3 Climatologia	21
4.2.4 Geomorfologia	21
4.2.5 Geologia Regional	23
4.2.6 Hidrogeologia Regional	23
4.2.6.1 – Cadastro de poços tubulares	24
4.3 GEOMORFOLOGIA LOCAL	24
4.4 SONDAgens DE INVESTIGAÇÃO	26

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	3	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

4.5 CARACTERIZAÇÃO DA HIDROGEOLOGIA LOCAL.....	27
4.5.1 Planimetria e cargas hidráulicas	27
4.5.2 Condições de ocorrência e potenciometria	27
4.5.3 Vulnerabilidade relativa do sistema hidrogeológico local	29
4.5.4 Permeabilidade local	30
4.5.5 Velocidade de fluxo aparente da água subterrânea	30
4.6 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO	30
4.6.1 Água subterrânea	30
4.6.1.1 Amostragem de água subterrânea	30
4.6.1.2 Resultados analíticos das amostras de água subterrânea	31
4.6.2 Água superficial	34
4.6.2.1 Amostragem de água superficial	34
4.6.2.2 Resultados analíticos das amostras de água superficial	34
4.6.3 Validação das análises	36
4.6.4 Consideração sobre as concentrações de metais na água subterrânea	36
4.7 POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE QUALIDADE DO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO	38
4.7.1 Potencial de alteração da qualidade da água superficial	39
4.7.2 Potencial de alteração da qualidade da água subterrânea	40
<u>5. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS NO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA</u>	<u>41</u>
5.1 IMPACTOS ESTIMADOS DURANTE A INSTALAÇÃO	41
5.2 IMPACTOS ESTIMADOS DURANTE A OPERAÇÃO.....	42
<u>6. CONCLUSÃO</u>	<u>43</u>
<u>7. RECOMENDAÇÃO</u>	<u>45</u>
<u>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>46</u>
<u>9. ANEXO</u>	<u>49</u>

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>ORGANIZADOR TRANSPORT</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	4	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

1. RESUMO EXECUTIVO

O corrente trabalho objetivou a caracterização geomorfológica e geológico-hidrogeológica, além de uma avaliação da qualidade do solo e da água subterrânea na área de interesse em função das atividades realizadas na área de influência direta do Trecho I da Rodovia José Roberto Magalhães Teixeira (SP-083).

O prolongamento da SP-083 proposto, compreendendo um trecho de 6,0 quilômetros de extensão, entre o km 12+200 e o km 18+200, irá beneficiar a mobilidade regional, além de proporcionar maior fluidez no tráfego e segurança aos usuários e à população da região.

Quanto à geologia da região na qual a área de interesse está inserida, ocorrem solos de alteração da unidade litológica Varginha-Guaxupé e sedimentos consolidados do Subgrupo Itararé, na borda da Bacia do Paraná.


No tocante à hidrogeologia, a média da condutividade hidráulica, de $6,24E-04$ cm/s, foi estimada com base em ensaios de permeabilidade do tipo *Bail Test* (rebaixamento e recuperação) realizados nos poços PM-01 e PM-03. Os dados hidrogeológicos obtidos, o nível d'água nos poços de monitoramento encontra-se entre 0,3 e 1,90 metros, o aquífero local é granular, do tipo livre, com direção preferencial de fluxo, sudeste para noroeste, sendo a velocidade de migração da água subterrânea de 8,20 m/ano.

Quanto à qualidade da água subterrânea, os resultados analíticos dos parâmetros inorgânicos revelaram alteração na qualidade da água subterrânea rasa, apenas nos poços PM-02 e PM-03, sendo estas alterações relacionadas aos metais alumínio, cobalto, ferro e manganês, de ocorrência tida como natural ao contexto geológico e hidrogeológico no Estado.

Destaca-se que, de acordo com os resultados analíticos dos parâmetros orgânicos para as amostras de água subterrânea coletadas, não houve a detecção de compostos orgânicos voláteis (VOC), compostos orgânicos semivoláteis (SVOC) e de hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH).

No entanto, as análises químicas de amostras de água superficial, indicam anomalias ambientais de qualidade das águas superficiais da área de interesse, em relação aos padrões estabelecidos no CONAMA 357, representados pelas concentrações de chumbo total, fenóis, fósforo, manganês, nitrogênio amoniacal e níquel total. A interpretação dos resultados sugere que as anomalias ambientais detectadas é proveniente de atividades antrópicas desenvolvidas na região e influência do geologia local.

O empreendimento situa-se em local favorável em relação aos potenciais impactos ao sistema hidrogeológico, em região de baixo potencial hidrogeológico, de pouca ocorrência e uso dos recursos hídricos subterrâneos. O sistema hidrogeológico local apresenta baixa vulnerabilidade a impactos decorrentes de atividades superficiais, sugerindo assim, uma boa localização do empreendimento em relação aos riscos de impactos ambientais potenciais associados.


Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>DESENVOLVIMENTO TRANSPORT</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	5	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

Quanto ao potencial de impacto durante a instalação do empreendimento, as atividades previstas (supressão de vegetação, terraplenagem, aterros, escavação, etc.) representam ações que irá induzir impactos indiretos de pouca significância no sistema hidrogeológico local (água subterrânea), mas com potencial de alto significância ao sistema hidrológico (água superficial). Entretanto, tais impactos podem ser controlados e evitados através da adoção das ações previstas no Programa de Controle Ambiental da Obra (PCA).

Quanto da operação do empreendimento (rodovia), a impermeabilização das áreas de rolamento dos veículos representará um impacto de qualificação negativa, direto, de baixa magnitude e permanente na faixa de domínio da rodovia.

Também, durante a operação do empreendimento, ao longo de toda a rodovia, poderão ocorrer impactos associados ao desencadeamento de processos de dinâmica superficial tais como erosão, assoreamento e movimentações de terra. Especial atenção deve ser dada ao gerenciamento de acidentes de produtos perigosos transportados ao longo da rodovia, representando risco de contaminação do solo, água superficial e subterrânea. De forma a minimizar os risco associados ao transporte de produtos perigosos, deverá ser observado e seguida as instruções contidas Programa de Gerenciamento de Riscos para Administradores de Rodovias para o Transporte de Produtos Perigosos - PGR Rodovias da CETESB /SP (DD 154/2013/C).

Assim, conclui-se que, apesar de serem previstos impactos negativos potenciais e efetivos no sistema hidrogeológico local, de abrangência local, de baixa magnitude e significância, estes devem ser minimizados, ou mesmo evitados, através da adoção das ações previstas no Programa de Controle Ambiental associados ao empreendimento.

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS ORGANIZADOR TRANSPORT</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	6	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

2. INTRODUÇÃO

O trabalho em apreço foi contratada pelo Concessionária Rota das Bandeiras para desenvolver um estudo hidrogeológico na área de prolongamento da SP-083 – Rodovia José Roberto Magalhães Teixeira (Trecho I), que ligará a Rodovia Anhanguera à Rodovia dos Bandeirantes, na região de Campinas/SP.

Os trabalhos foram desenvolvidos sob a supervisão do Hidrogeólogo MsC Mário de Brito Marcelino. No **Anexo I** é apresentada a ART recolhida para os trabalhos e a lista dos profissionais envolvidos no trabalho.

2.1 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é o de:

- ✓ Caracterizar detalhadamente a geotecnia (permoporosidade da área não saturada) e a hidrogeologia (mapa potenciométrico e da direção de fluxo de água da subsuperfície e mapeamento da vulnerabilidade do aquífero).
- ✓ Avaliação das potenciais alterações dos fluxos subterrâneos e superficiais decorrentes das obras embasada em estudo hidrogeológico, seus reflexos na superfície e usos do solo e das águas.
- ✓ Propostas de medidas mitigadoras efetivas para a fase de implantação e operação.

2.2 LOCALIZAÇÃO


A **Figura 2.1** ilustra a localização do empreendimento.

3. ATIVIDADES E METODOLOGIA DE TRABALHO

3.1 METODOLOGIA DOS TRABALHOS

Os trabalhos foram desenvolvidos considerando Técnicas nacionais e internacionais, dentre elas destacam-se:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT/NBR 15492 – Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – procedimento.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT/NBR 15495-1 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 1 – Projeto e construção.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT/NBR 15495-2 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 2 – Desenvolvimento.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT/NBR 15847 – Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento — Métodos de purga.

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTAS DAS BANDEIRAS</small> <small>CONCESSIONÁRIA DE TRANSPORTES</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	7	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

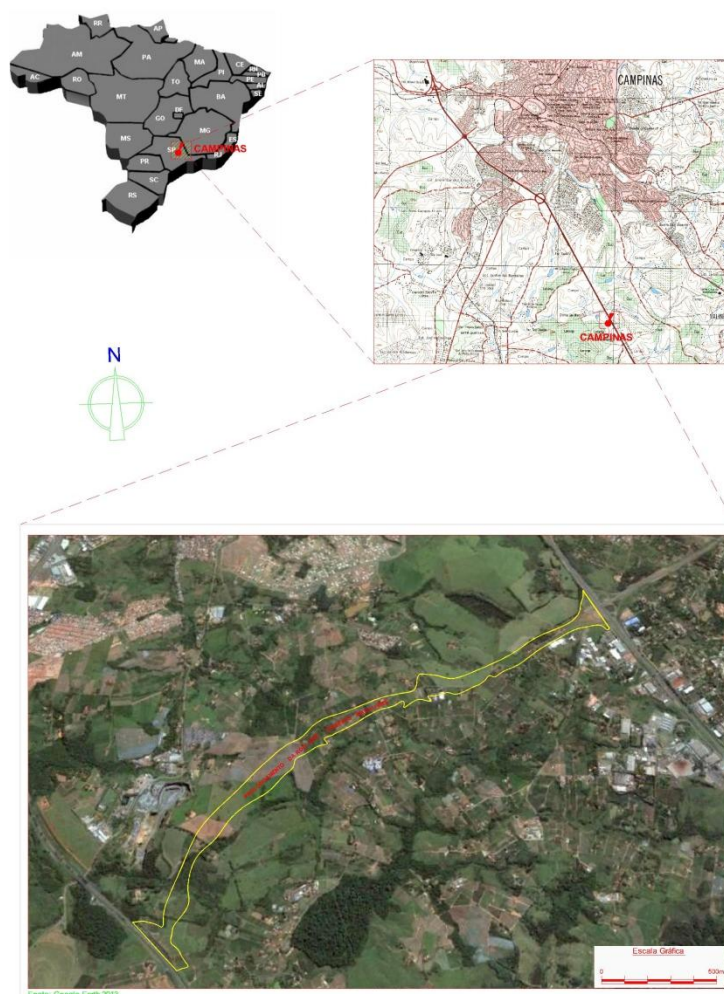



Figura 2.1 – Localização da área

- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB (2005). Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo, SP.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater;
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA) – 2012. Regional Screening Levels for Chemical Contaminants at Superfund Sites – Region 9. Washington, DC: U.S. EPA, 2012.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1996. Low Flow (Minimal Drawdown) Ground-Water Sampling Procedure EPA/540/S-95/504;
- ASTM D6564 – Standard Guide for Field Filtration of Ground-Water Samples.

Cliente:  ROTA das Bandeiras	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	8	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica		16/09/13	Ver. 03

3.2 ATIVIDADES DE ESCRITÓRIO

3.2.1 Levantamento de dados bibliográficos

Antes do início dos trabalhos de campo foi efetuado o levantamento e consolidação dos dados do contexto fisiográfico (hidrologia, hidrogeologia, geologia, geomorfologia, geotecnia, uso e ocupação do solo, etc.) pertinente ao trabalho, de forma a subsidiar as atividades de campo e a análise e emissão do relatório técnico.

3.2.2 Fotointerpretação e/ou análise de imagem de satélite

A análise de fotos aéreas ou das imagens de satélite de estudo da localidade visa fornecer subsídio à locação dos poços de monitoramento complementares, através da identificação dos principais aspectos, tais como:

- A distribuição espacial dos litotipos.
- Os lineamentos existentes e identificados, associados às estruturas de ruptura da rocha.
- Situação do local em relação às comunidades.

3.2.3 Emissão de relatório técnico

Consolidação e interpretação dos dados bibliográficos e obtidos durante as atividades de campo e emissão de relatório técnico, objetivando caracterizar: geologia, hidrogeologia, geotecnia, geomorfologia, uso e ocupação, qualidade ambiental do sistema solo e água subterrânea, risco toxicológico frente a anomalias ambientais identificadas e ações de controle.

3.3 INVESTIGAÇÃO HIDROGEOLÓGICA


3.3.1 Inspeção técnica e reconhecimento fisiográfico

Foi efetuado o reconhecimento técnico e fisiográfico da área de forma a identificar as condições físicas da área. A inspeção técnica foi efetuada com o apoio de mapas e documentos anteriores da área de forma a subsidiar a investigação da localização dos dispositivos procurados.

3.3.2 Sondagem de investigação e coleta de solo

Nesta etapa dos trabalhos foram efetuadas 4 (quatro) sondagens adicionais na área, a trado, complementando as investigações efetuadas na etapa anterior. O material geológico atravessado teve suas características organolépticas descritas continuamente. A cada 0,5m perfurado foi realizada a quantificação de vapores orgânicos presentes no solo, através de um fotoionizador portátil e coletadas amostras de solo em *liners* descartáveis, cravados de forma percussiva.

O **Anexo II** apresenta o certificado de calibração do equipamento de medição de compostos voláteis.

 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS LOGISTICS - TRANSPORT</small>	Cliente:	Documento Nº:	Projeto:	Folha:		
		DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	9	/	59
		Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

A coleta foi realizada com cravação de amostrador tubular com *liner* interno descartável nos intervalos de interesse. As amostras obtidas nos *liners* foram identificadas e conservadas para posterior seleção para análise. Os materiais utilizados na coleta (*liners*) foram exclusivos para cada ponto, de forma a evitar a contaminação cruzada.

Ao final de cada sondagem, foi escolhida uma amostra de solo/aterro para análises químicas, com base nos resultados das medições de gases e nas características organolépticas da amostra.

O **Anexo III** apresenta a **Figura 3.1** com a localização das sondagens na área e o **Anexo IV**, o perfil litológico das sondagens efetuadas.

3.3.3 Poço de monitoramento (PM's)

A instalação de poços de monitoramento na área teve por objetivo permitir o acesso à água subterrânea local, melhor caracterizar o sistema hidrogeológico local e delimitar a ocorrência das anomalias de qualidade identificadas. Foram instalados 4 (quatro) poços de monitoramento rasos (PM-01 a PM-04). O **Anexo III** apresenta a localização das atividades na área.

Os poços de monitoramento foram instalados com tubos lisos e filtros de 2" rosqueáveis entre si. Os filtros possuem ranhuras de 0,75 mm de abertura e na base da tubulação foi colocado *cap* para fechamento do fundo do tubo.

O preenchimento em torno do filtro foi feito com areia grossa com diâmetro aproximado de 02 mm, sendo classificada como a do tipo Jacaré (pré-filtro).

Este material foi disposto no poço de monitoramento até constatar-se que sua cota estivesse a 0,5 metro acima do início da cota do filtro, a partir de então, adicionou-se bentonita granulada a fim de se obter uma espessura de aproximadamente 0,8 metro (selo) e em seguida adicionou-se bentonita em pó misturada com água, até atingir-se 0.3 metro abaixo da superfície do terreno. Por último preparou-se o selo de proteção sanitária com cimento, no qual fora acoplada a câmara de proteção metálica e tampa de calçada.


O **Anexo IV** apresenta os perfis litológicos e construtivos dos poços de monitoramento instalados.

3.3.3.1 Desenvolvimento e purga dos poços de monitoramento

Conforme recomendações da NBR ABNT 15495-2 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 2 – Desenvolvimento e do Manual de gerenciamento de áreas contaminadas, antes da realização da amostragem de água subterrânea, cada poço de monitoramento em condições técnicas de uso foi desenvolvido de forma a promover a limpeza dos materiais particulados existentes em seu interior e também no pré-filtro.

3.3.4 Monitoramento da carga hidráulica

Após 24 horas do desenvolvimento, confirmado a estabilização dos níveis de água, foram efetuadas medições da carga hidráulica (N.A.) nos poços, com equipamento medidor interface da marca HS Suprimentos.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>LOGISTICS TRANSPORT</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	10	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

3.3.5 Coleta de água subterrânea

Após um período mínimo de 48 horas da instalação e desenvolvimento dos poços, foi realizada a campanha de amostragem de água subterrânea dos poços de monitoramento da rede de monitoramento. Foram coletadas amostras duplicatas, 01 branco de equipamento e 01 branco de campo, utilizadas para o controle de qualidade laboratorial.

A metodologia adotada foi a recomendada pelo Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, em conformidade aos Procedimentos 6410 – Amostragem e Monitoramento das Águas Subterrâneas e 6420 – Preservação e Manuseio Amostras de Água, bem como as ASTM D-4448-01 – *Standard Guide for Sampling Ground-Water Monitoring Wells* e ASTM D-6771-02 – *Standard Practice for Low Flow Purging and Sampling for Wells and Devices Used for Ground Water Quality Investigations*.

As amostras foram coletadas pelo método de baixa vazão, através do bombeamento de água para coleta em vazões baixas (0,1 a 0,4 L/min), de forma a obter o mínimo de rebaixamento e turbulência da água no poço. Durante o bombeamento foram controlados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, temperatura (°C), condutividade elétrica (mS/cm), turbidez e potencial de oxirredução (ORP). A vazão de bombeamento é controlada de forma que o rebaixamento no poço seja mínimo.

O poço foi considerado estabilizado e pronto para a amostragem quando os parâmetros apresentaram estabilidade dentro dos intervalos apresentados a seguir:

- 0,1 para pH;
- 3% para condutividade;
- 3 % para temperatura;
- 10 milivolts para EH (potencial de oxirredução);


A coleta somente foi efetuada quando ocorreu a estabilização dos parâmetros monitorados, significando a ocorrência de um fluxo de água do sistema aquífero, e não do interior do poço. Todos os materiais utilizados, em contato com a água, eram estéreis e descartáveis (um material por amostragem), de forma a evitar a contaminação da amostra.

As amostras selecionadas foram devidamente identificadas, acondicionadas, preservadas e documentadas através da emissão de Cadeias de Custódia (COC – *Chain of Custody*, apresentadas no **Anexo V**). Todas as amostras foram enviadas à NOVA AMBI SERVIÇOS ANALÍTICOS LABORATÓRIOS, localizada no município de São Paulo – SP.

As alíquotas destinadas às análises de metais foram previamente filtradas (0,45µm) e aciduladas (pH <2) com ácido nítrico.

3.3.6 Levantamento topográfico

As cotas topográficas dos poços de monitoramento ofereceram subsídios para o cálculo das cargas hidráulicas nos poços de monitoramento, realização do mapa potenciométrico e elaboração das seções geológicas, além de possibilitar determinar a velocidade de fluxo da água subterrânea em pontos pré-determinados.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>GEOTECNIA - TRANSPORT</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	11	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

3.3.7 Ensaio de permeabilidade

Visando quantificar a condutividade hidráulica de materiais geológicos presentes nas proximidades dos filtros de determinados PM's, são realizados, em campo, ensaios de permeabilidade do tipo carga variada (recuperação), conforme procedimentos da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE, 1981).

Nesse procedimento, a água subterrânea contida no interior do poço é bombeada, ocorrendo um rebaixamento em relação à posição inicial (nível da água estático). A partir desse momento, inicia-se o ensaio, monitorando a recuperação do nível da água (nível dinâmico) até próximo ao seu posicionamento original.

O tratamento dos dados do ensaio de permeabilidade foi realizado pelo método analítico de Hvorslev (para aquíferos não-confinados).

Nesse método, além das informações de recuperação versus tempo, são utilizados dados construtivos dos PM's e informações hidráulicas do aquífero (nível da água estático e espessura saturada).

A condutividade hidráulica é calculada pela seguinte equação:

$$K = \{[r^2 \cdot \ln(L/R)] / [2 \cdot L \cdot TL]\}$$

Onde: **K** = condutividade hidráulica [T/L]

r = raio do poço [L]

L = comprimento do filtro [L]

R = raio do furo de sondagem [L]

TL = time lag ($ht / h_0 = 0,37$)

A representatividade dos resultados foi avaliada comparando-se às condutividades hidráulicas médias estabelecidas por Melo & Teixeira (1967), conforme apresentado na **Tabela 3.1**.


Tabela 3.1 – Condutividade média em função da granulometria.

Condutividade hidráulica (cm/s)												
Litotipo	10 ²		1		10 ⁻²		10 ⁻⁴		10 ⁻⁶		10 ⁻⁸	
	Pedregulhos				Areias				Areias finas siltosas e argilosas, argilosos			

Fonte: (Melo & Teixeira, 1967).

3.3.8 Caracterização de fluxo subterrâneo

Tomando-se como referência a diferença das cargas hidráulicas entre dois pontos representativos do mapa potenciométrico e de mesma linha de fluxo, pode-se calcular o gradiente hidráulico pela seguinte equação:

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>GEOTECNIA - TRANSPORTE</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	12	/	59
	Título:			Ver.	
	Avaliação hidrogeológica		16/09/13		03

$$i = \Delta H / d$$

Onde: i = gradiente hidráulico [L/L]

ΔH = diferença entre as cargas hidráulicas entre os poços [L]

d = distância horizontal entre os poços [L]

Obtendo-se a permeabilidade do terreno através de correlação de litológica e/ou ensaios de permeabilidade efetuados nos poços de monitoramento, pode-se calcular a velocidade aparente média da água subterrânea pela seguinte equação:

$$v = K \cdot i / n_e$$

Onde: v = velocidade média da água subterrânea [L/T]

K = condutividade hidráulica [L/T]

i = gradiente hidráulico [L/L]

n_e = porosidade efetiva [L³/L³]

3.3.9 Caracterização da vulnerabilidade relativa do sistema aquífero local

A característica química das águas subterrâneas nos sistemas aquíferos é função dos processos atuantes durante sua permanência no subsolo, das substâncias químicas orgânicas e inorgânicas (elementos e compostos) presentes no aquífero, formas de transporte e composição original da água quando da infiltração. Os processos químicos e suas reações são fortemente influenciados pelo ambiente onde se processam.

Dentre os princípios e processos que controlam a composição das águas, destaca-se a dissolução de gases, reações ácido-base, solubilidade e precipitação, complexação quelatão, oxidação-redução, adsorção e troca iônica.

Nos sistemas aquíferos distinguem-se dois ambientes hidrogeoquímicos distintos:


Zona não Saturada - região situada entre o nível de água e a superfície do terreno, onde a água infiltra em movimento predominantemente vertical descendente, ocasionalmente podendo ocorrer movimento ascendente.

Quando a água inicia o processo de infiltração no solo, passa a se enriquecer em elementos lixiviados das rochas/solo e com produtos da superfície. Este processo foi estudado por diversos pesquisadores na Estação Experimental localizada dentro do Campus "Armando Salles de Oliveira" (SZIKSZAY et al., 1988 e 1990).

De uma maneira geral, a zona não saturada, por possuir um fluxo lento em condições geralmente aeróbicas e alcalinas, possui alto potencial para interceptação, sorção e eliminação de bactérias, reações químicas envolvendo substâncias inorgânicas e biodegradação de muitos compostos orgânicos.

Pode-se dizer que a zona não saturada representa a primeira e a mais importante defesa natural contra a contaminação das águas subterrâneas.

Zona Saturada - região situada abaixo do nível de água, onde a água está acumulada nos poros primários e/ou secundários das rochas, com forte dinâmica horizontal. O poluente ao atingir esta zona adquire uma dinâmica horizontal originando uma pluma ou nuvem poluente.

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>GOVERNHO TRANSITO</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	13	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica		16/09/13	Ver. 03

Dentre os fatores naturais que condicionam as características químicas das águas subterrâneas nesta zona, destaca-se o ambiente geológico, composição e volume das águas, tempo de trânsito, características climáticas da região e as reações químicas e biológicas.

O termo vulnerabilidade para um sistema aquífero ainda não é bem definido pelos diversos trabalhos existentes na área, sendo primeiramente introduzido por Margat (1960, in MESTRINHO, 1995) sintetizando as características dos sistemas aquíferos relacionadas com os fenômenos que regem a contaminação da água subterrânea.

REBOUÇAS (1994) resume a vulnerabilidade como sendo a suscetibilidade do aquífero à ação de uma determinada fonte contaminante. Assim, a vulnerabilidade pode ser definida como sendo a razão de dois fatores básicos:

Intrínsecos - características naturais dos aquíferos (composição mineralógica, porosidade, permeabilidade, taxa de infiltração, espessura da zona não saturada, volume, velocidade de fluxo, etc.) que definem a acessibilidade e capacidade de atenuação do contaminante.

Antrópicos - a carga poluente existente (concentrações, extensão, permanência dos processos poluidores, etc.) que pode ser maximizada pela sazonalidade climática local.

A vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos pode ser avaliada pela metodologia de classificação proposta por FOSTER & HIRATA (1988) e FOSTER et al. (1988), baseada na litologia do aquífero e a forma de ocorrência das águas subterrâneas. Por este sistema de avaliação modificado por SMA/IG/CETESB/DAEE (1997), o sistema aquífero da área é classificado como de Médio/baixa vulnerabilidade natural (**Figura 3.2**).


3.3.10 Caracterização da qualidade da água subterrânea

As amostras de água subterrânea foram enviadas para o laboratório Nova Ambi Serviços Analíticos Ltda., obedecendo estritamente às condições de preservação e o prazo de cada análise.

As análises foram realizadas para os seguintes grupos de parâmetros e com os respectivos métodos analíticos:

- ✓ Compostos orgânicos voláteis - VOC (método USEPA 5021/8260B);
- ✓ Compostos orgânicos semi voláteis - SVOC (método USEPA 3535/8270C);
- ✓ Metais (método USEPA 3050B/3114-B).

Os parâmetros analisados em cada ponto obedeceram aos critérios definidos na Avaliação Confirmatória, considerando o objetivo do trabalho e o histórico dos trabalhos anteriores.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras ORGANIZADOR TRÁFEGO	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	14	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

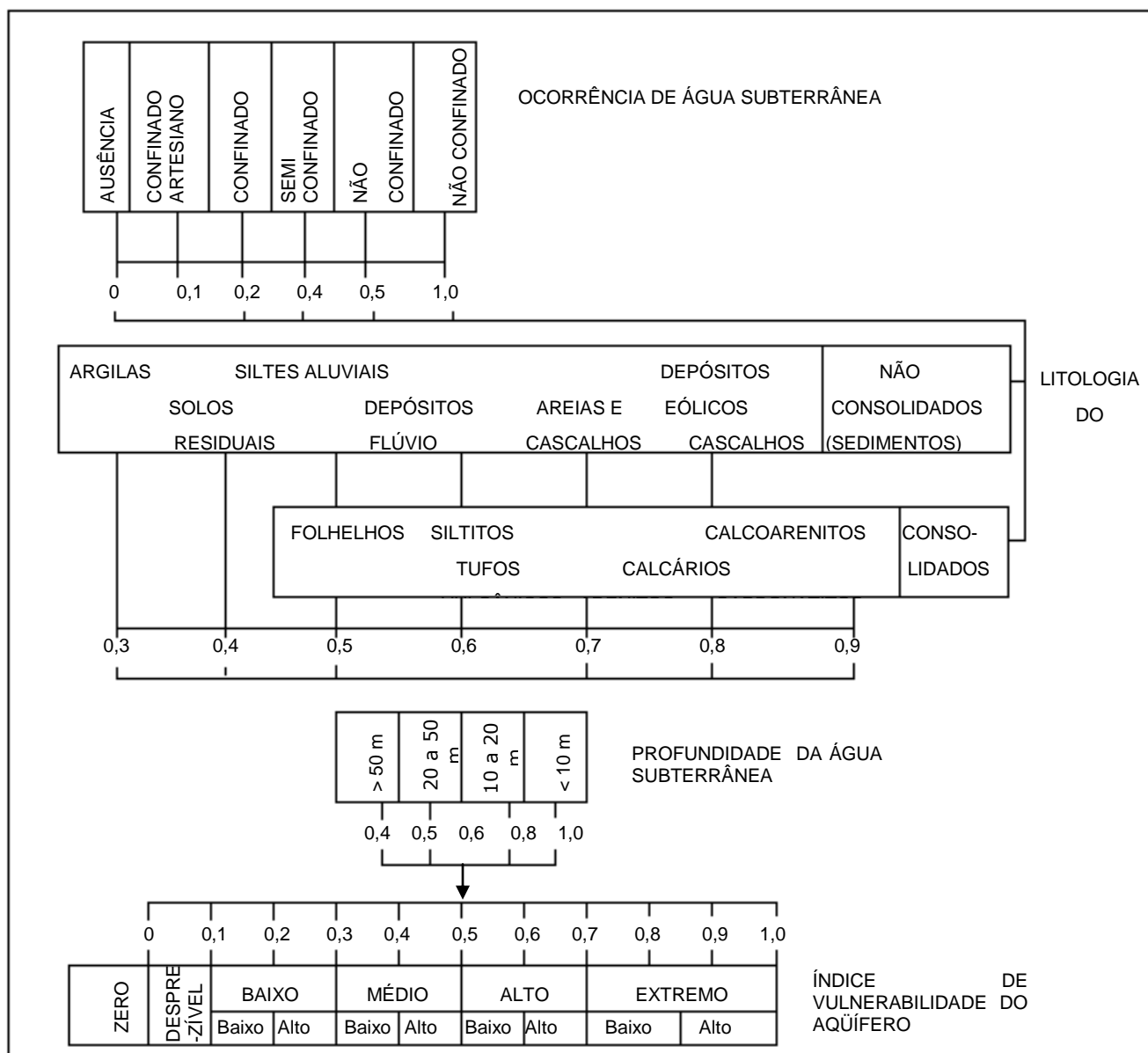



Figura 3.2 – Quadro de classificação da vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos (SMA/IG/CETESB/DAEE, 1997).

Cliente:  ROTA das Bandeiras	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	15	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica		Ver.	03
			16/09/13		

As concentrações dos parâmetros analisados nas amostras de solo e da água subterrânea foram comparadas com os valores orientadores para Intervenção das Áreas Industriais, segundo Relatório de Diretoria (CETESB) nº 195-2005-E "Aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001", de 23.11.2005, vigentes na data do estudo. Quando na ausência de valores orientadores da CETESB é utilizado como referência os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009, quando na ausência destes utiliza-se o PRG's (Preliminary Remediation Goals "PRG" 2010 Table) estabelecidos pela EPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA).

Valor de prevenção (VP) - concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Quando ultrapassado, a continuidade da atividade será submetida à nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução das cargas poluentes, proceder o monitoramento dos impactos decorrentes.


Valor de referência de qualidade (VRQ) - é a concentração que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea. É utilizado como referência nas ações de prevenção da poluição do solo e das águas subterrâneas e de controle de áreas contaminadas.

O valor de intervenção (VI) - é "a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição genérico. Para o solo, foi calculado utilizando-se procedimento de avaliação de risco à saúde humana para cenários de exposição (...). Para a água subterrânea consideraram-se como valores de intervenção as concentrações que causam risco à saúde, listadas na Portaria 518, de 26 de março de 2004, do Ministério da Saúde, complementada com os padrões de potabilidade do Guia da Organização Mundial de Saúde – OMS de 2004" (sic CETESB, 2005). Quando ultrapassados, os Valores de Intervenção indicam a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco.

3.3.11 Caracterização da qualidade da água superficial

Foram coletadas 2 (duas) amostras de água da drenagem que atravessa a área de estudo (Drenagem 01 e 02). A coleta das amostras foi realizada em 16/10/2012, pela equipe técnica da NOVA AMBI, de acordo com os procedimentos integrantes do escopo acreditado segundo a ISO 17.025 - INMETRO, e em consonância com a metodologia do "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras - Cetesb/2011, no "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" - 21Th Edition – 1998.

Os pontos de coleta foram previamente definidos, e as amostras foram coletadas e acondicionadas em caixas isotérmicas, com frascos identificados e etiquetados. As amostras foram preservadas, e encaminhadas para análises.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>ORGANIZADO TRANSPORTE</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	16	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

3.3.12 Qualificação analítica

As análises foram realizadas de acordo a metodologia básica descrita na USEPA e *Standard Methods*, reconhecidas e validadas internacionalmente, e utilizadas pelos principais Órgãos Estaduais de Controle Ambiental, assim como na *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th e 21th Edition* e com as metodologias da USEPA, internacionalmente reconhecidas e adotadas pelos principais órgãos de controle ambiental.

A NOVA AMBI possui sistema qualidade analítica implantado tendo sido acreditada pelo INMETRO de acordo com os critérios da norma ISO IEC NBR 17025, específica para laboratórios de Ensaio e Calibração, com reconhecimento internacional. Para os parâmetros que não fazem parte do escopo da acreditação, são subcontratados laboratórios parceiros também acreditados segundo os mesmos critérios.

3.3.13 Avaliação de impacto

Os impactos foram identificados, assim como o agente gerador, e avaliados de acordo com os seguintes conceitos:

a) Interação

Efetivo: São impactos relacionados com as atividades normais do projeto;

Potencial: São impactos relacionados a um acidente que não se espera que aconteça, ou impactos de ocorrência incerta.

b) Qualificação

Positivo: quando o impacto traduz uma melhoria de qualidade de um fator ou parâmetro ambiental.

Negativo: quando o impacto traduz danos à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental.

c) Incidência

Direto: quando o impacto é decorrente de uma simples relação de causa e efeito.

Indireto: quando o impacto é decorrente de uma reação secundária em relação à ação, ou quando é parte de uma cadeia de reações.

d) Abrangência

Local: impactos cujos efeitos se fazem sentir apenas nas imediações ou no próprio sítio onde se dá a ação.

Regional: impactos cujos efeitos se fazem sentir além das imediações do sítio onde se dá a ação.


Estratégico: impactos cujos efeitos têm interesse coletivo ou se fazem sentir em nível nacional.

e) Duração

Cíclicos: impactos cujos efeitos se manifestam em intervalos de tempo determinados.

Temporários: impactos cujos efeitos têm duração limitada.

Permanentes: quando, uma vez executada a ação, os efeitos não cessam de se manifestar num horizonte temporal conhecido.

 ROTA das Bandeiras <small>GOVERNHO DO PARANÁ</small>	Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
		DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	17	/	59
		Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

f) Reversibilidade

Reversível: impacto para o qual o fator ou parâmetro ambiental afetado, assim que cessada a sua ação, retorna às suas condições originais, com ou sem a adoção de medidas de controle.

Irreversível: impacto para o qual o fator ou parâmetro ambiental afetado, uma vez cessada a ação, não retorna às suas condições originais.

g) Temporalidade

Curto prazo ou imediata: quando o impacto se dá no instante da ação causadora.

Médio prazo: quando o impacto ocorre após o término da ação causadora.

Longo prazo: quando o impacto se dá em um intervalo de tempo consideravelmente afastado do instante imediato da ação causadora.

h) Efeito

Indutor ou cumulativo: quando o impacto induz ou potencializa outro(s) impacto(s); é induzido ou potencializado por outro(s) impacto(s); apresenta algum tipo de interação com outro(s) impacto(s); ou representa incremento em ações passadas, presentes e razoavelmente previsíveis no futuro.

Sinérgico: é aquele que exerce um efeito multiplicador sobre um processo ecológico, econômico ou social, ou seja, quando o efeito conjunto gerado supera o que teria a soma das ações, se considerado de forma isolada.

i) Magnitude

Refere-se ao grau de incidência de um impacto sobre o fator de sensibilidade, em relação ao universo deste. A magnitude está relacionada à dimensão e extensão espacial/temporal do impacto, podendo ser **alta**, **média** ou **baixa**, segundo a intensidade de transformação da situação pré-existente do fator sensibilidade impactado.

j) Importância

Refere-se ao grau de interferência do impacto ambiental sobre diferentes fatores de sensibilidade, estando relacionada estritamente à relevância da perda ambiental social ou econômica. Ela é **alta**, **média** ou **baixa**, na medida em que tenha maior ou menor influência sobre o conjunto da qualidade socioambiental.

k) Significância

O impacto foi classificado em três graus de significância, de acordo com a combinação dos níveis de magnitude e importância, conforme descrito no **Tabela 3.2** como: pouco significativo, significativo e muito significativo. Quando a magnitude ou a importância apresentar níveis elevados, o impacto é muito significativo; quando apresentar níveis médios, é significativo e, finalmente, quando a magnitude e/ou a importância são pequenas, o impacto poderá ter pouca significância.


 <p>ROTA das Bandeiras GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO</p>	Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
		DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	18	/	59
		Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

Tabela 3.2 – Avaliação da significância dos impactos.

Importância	Magnitude		
	Alta	Média	Baixa
Alta	MSIG	MSIG	SIG
Média	MSIG	SIG	PSIG
Baixa	SIG	PSIG	PSIG

Legenda: MSIG - Muito Significativo; SIG - Significativo e PSIG - Pouco Significativo.

4. RESULTADOS DAS ATIVIDADES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

Segundo informações históricas, a Rodovia José Roberto Magalhães Teixeira (SP-083), foi projetada na década de 1970 para um melhor escoamento do trânsito proveniente do município de Campinas.

O projeto inicial da SP-083, conhecida como Rodovia do Contorno, previa a ligação do km 103 da Via Anhanguera (SP-330) com o km 87 da mesma via, no entanto, apenas o trecho entre o Km 103 da Via Anhanguera e o acesso a Valinhos, que é conhecido como Asa Norte, foi entregue em 1972.


Anos depois, entre 1992 e 2001, o trecho chamado de Asa Sul da Rodovia do Contorno foi construído, totalizando 12 quilômetros de extensão. Esse novo traçado, sob administração da empresa Desenvolvimento Rodoviário S.A. – DERSA e batizado como Rodovia José Roberto Magalhães Teixeira, promoveu a ligação da Rodovia Dom Pedro I (SP-065), km 127+800, com a Rodovia Anhanguera, km 86+100, no município de Valinhos. Destaca-se que era prevista para o projeto inicial a ligação com a Rodovia dos Bandeirantes (SP-348) e o Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas, sendo este trecho previsto para ser implantado nos próximos anos.

Atualmente, o projeto é conhecido como "PROLONGAMENTOS DA RODOVIA SP-083 – RODOVIA JOSÉ ROBERTO MAGALHÃES TEIXEIRA (ANEL SUL DE CAMPINAS) – LIGAÇÃO ENTRE SP-330 E SP-348 E LIGAÇÃO ENTRE SP-348 E SP-324".

O corrente trabalho tem como alvo, a caracterização geomorfológica e geológico-hidrogeológica para as obras do Trecho I, ou seja, para a implantação do segmento entre as rodovias Anhanguera (SP-330) e Bandeirantes (SP-348).

De acordo com o projeto executivo, o prolongamento da SP-083 será aproximadamente paralelo à SP-075 (Rodovia Santos Dumont), de modo que a área de influência do projeto seja limitada às localidades próximas a estas duas rodovias, englobando as principais rodovias e cidades do entorno, além do Aeroporto Internacional de Viracopos, que é considerado como o principal atrativo para a utilização do prolongamento da SP-083.

No **Anexo III, Figura 3.1**, pode ser observada a área de influência direta e o traçado do Trecho I.

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>DESENVOLVIMENTO TRANSPORT</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	19	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

A caracterização do meio físico foi realizada por meio do levantamento do contexto geográfico, geomorfológico, geológico e hidrogeológico da região e da área de estudo. Conforme descrito nos subcapítulos abaixo.

4.2.1 Contexto Geográfico

O município de Campinas se localiza a noroeste da capital do Estado de São Paulo, distando cerca de 100 quilômetros desta. Ocupa uma área de 795,70 km², sendo que 238,32 km² estão em perímetro urbano e os demais 557,33 km² constituem a zona rural.

Campinas faz parte do conhecido Complexo Metropolitano Expandido, que ultrapassa os 29 milhões de habitantes, sendo que as regiões metropolitanas de Campinas e de São Paulo formam a primeira macrometrópole da América do Sul.

De acordo com YOSHINAGA ET. AL. (1993), o município de Campinas subdivide-se em dois grandes compartimentos geomorfológicos: o Planalto Atlântico, a leste, a Depressão Periférica, a oeste, sendo notada ainda uma área de transição entre eles. A disposição do relevo vincula-se à ocorrência de rochas gnáissicas do Complexo Itapira, graníticas das suítes Jaguariúna e Morungaba e miloníticas, a leste; e de arenitos, ritmitos e lamitos do Subgrupo Itararé, junto com diabásios da Formação Serra Geral, a oeste.

As principais estruturas geológicas ocorrentes na região são as zonas de cisalhamento Valinhos e Campinas (FERNANDES ET. AL., 1993 apud YOSHINAGA ET. AL., 1993), que muitas vezes servem de limites para as unidades geomorfológicas.


O município de Campinas está dividido entre duas bacias hidrográficas: a do rio Piracicaba, que abrange o Rio Atibaia e os ribeirões Anhumas e Quilombo, ocupa as regiões norte, central e leste da cidade, estendendo-se por uma área de 12,53 km², abrangendo o sudeste do estado de São Paulo e extremo sul de Minas Gerais; e a bacia do Capivari, que abrange o Ribeirão Piçarrão, ocupando as regiões noroeste, sudoeste e sul do município, estendendo-se por uma área de 1.611 km², abrangendo cidades das regiões de Jundiaí, Campinas e Capivari.

Dentre os rios que cortam a Município de Campinas, os principais são o Capivari, o Jaguari, o Capivari-Mirim e o Atibaia, sendo que este é de grande relevância para o abastecimento de água do município, uma vez que boa parte da captação é feita na bacia dele.

Destaca-se que a área está localizada na zona de contato entre os Terrenos Cristalinos do Planalto Atlântico e a borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, sendo que a área de influência do Meio Físico foi definida como a faixa correspondente aos 500 metros, a partir dos limites da futura faixa de domínio da rodovia projetada, abrangendo partes dos municípios de Campinas e de Valinhos.

4.2.2 Uso e ocupação do solo

Contextualmente, de acordo com o Projeto Executivo, o prolongamento da SP-083 será implantado na porção sudoeste da cidade de Campinas, em áreas lindeiras ao município de Valinhos, em uma região de relevo ondulado, com presença de propriedades rurais em quase toda a sua extensão.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	20	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

4.2.3 Climatologia

Segundo a classificação climática de Köppen, baseada em dados mensais pluviométricos e termométricos, o Estado de São Paulo abrange sete tipos climáticos distintos, a maioria correspondente ao clima úmido. O tipo predominante na maior área é o Cwa, que abrange toda a parte central do Estado e é caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Algumas áreas serranas, com o verão ameno são classificadas no tipo Cwb, onde a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C e durante pelo menos quatro meses é superior a 10°C.

Assim, de acordo com a CEPAGRI (CEPAGRI, 2013), o clima de Campinas é tropical de altitude (tipo Cwa segundo Köppen), com diminuição de chuvas no inverno e temperatura média anual de 21,4°C, tendo invernos secos e amenos e verões chuvosos com temperaturas moderadamente altas. O mês mais quente, fevereiro, conta com temperatura média de 24,0°C, sendo a média máxima de 29°C e a mínima de 19,0°C. E o mês mais frio, julho, de 18,0 °C, sendo 24,0°C e 11,0°C a média máxima e mínima, respectivamente.


A precipitação média anual é de 1.372 mm, sendo julho o mês mais seco, quando ocorrem apenas 30,6 mm de chuva. Em janeiro, o mês mais chuvoso, a média fica em 243,3 mm. É importante destacar que nos últimos anos, entretanto, os dias quentes e secos durante o inverno têm sido cada vez mais frequentes, não raro ultrapassando a marca dos 30°C, especialmente entre julho e setembro.

Cita-se que a temperatura mínima registrada na cidade foi de 1,5°C negativos, observada no dia 25 de junho de 1918, enquanto a máxima foi de 39,0°C, registrada em 17 de novembro de 1985. O maior acumulado recente de chuva registrado em 24 horas pelo Instituto Agrônomo de Campinas foi de 143,4 milímetros, no dia 25 de maio de 2005, no entanto, de acordo com o instituto, o recorde absoluto foi de 185,0 mm, em 25 de dezembro de 1997. Além disso, ocasionalmente ocorrem eventos de forte ventania, com rajadas superiores aos 100 km/h, sendo que houve registros de formação de tornados no município, nos dias 4 de maio de 2001 e 9 de março de 2008.

Na **Tabela 4.1** a seguir é possível observar os dados climáticos para o município de Campinas.

4.2.4 Geomorfologia

A região de estudo caracteriza-se por compreender a transição entre dois compartimentos geomorfológicos distintos: o Planalto Atlântico e a Depressão Periférica. No município de Campinas, o Planalto Atlântico corresponde a relevos de morros e serras do Planalto de Jundiá (PONÇANO, W. et al, 1981), onde as altitudes máximas atingem 990 metros. A Depressão Periférica é constituída por relevos de colinas e morrotes com altitudes médias entre 600 e 700 m, compreendendo a Zona do Médio Tietê. Neste último compartimento aloja-se a quase totalidade da mancha urbana do município de Campinas.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	21	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03


Segundo YOSHINAGA ET. AL. op. cit., dentro do domínio do primeiro compartimento, situam-se dois tipos de terrenos: os Amorreiros de inclinação moderada a forte e os Amorreiros ondulados a inclinados amarelado, com textura grossa e de cascalhos nos horizontes superiores. Apresentam alta susceptibilidade à erosão devido ao tipo de solo e às altas declividades (12 a 30% nos Amorreiros de inclinação moderada a forte e 9 a 21 % nos Amorreiros ondulados a inclinados).

Os solos de cobertura são delgados, com espessura de 0,30 a 0,80m, de cor amarelo acastanhado e de textura siltosa a areia fina (silte arenoso), ocorrendo amplamente por toda a região. Localmente os solos são classificados e latossolos vermelhos e vermelhos – amarelos.

Tabela 4.1 – Dados climáticos para o município de Campinas.

Campinas				
Latitude: 22g 31m Longitude: 47g 2m Altitude: 680 metros				
Classificação Climática de Koeppen: Cwa				
MÊS	TEMPERATURA DO AR (°C)			CHUVA (mm)
	mínima média	máxima média	média	
JAN	19.0	29.0	24.0	243.3
FEV	19.0	29.0	24.0	195.6
MAR	18.0	29.0	24.0	152.5
ABR	16.0	27.0	22.0	67.5
MAI	14.0	25.0	19.0	59.0
JUN	12.0	24.0	18.0	46.9
JUL	11.0	24.0	18.0	30.6
AGO	13.0	26.0	19.0	31.8
SET	14.0	27.0	21.0	66.1
OUT	16.0	28.0	22.0	126.0
NOV	17.0	28.0	23.0	141.8
DEZ	18.0	29.0	23.0	210.9
Ano	15.6	27.1	21.4	1372.0
Min	11.0	24.0	18.0	30.6
Max	19.0	29.0	24.0	243.3

Fonte: modificado de CEPAGRI, 2013.

 ROTA das Bandeiras	Documento N°.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	22	/	59
	Título:				Ver.
	Avaliação hidrogeológica		16/09/13		03

4.2.5 Geologia Regional

Segundo o mapa Geológico do Estado de São Paulo (PERROTA, 2005), a região na qual a área de interesse está inserida, situa-se sobre solos de alteração da unidade litológica Varginha-Guaxupé, unidade paragnáissica migmatítica superior: paragnaisse, Biotita gnaiss, Xisto (lado Anel Viário) e unidade ortognáissica migmatítica intermediária: migmatito estromático, albita anatexito, tonalito gnaiss, granito gnaiss (lado Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas).

É importante destacar que delimitado ao sul pelas falhas de Itu, Jundiuvira e Camanducaia e a norte pela Falha de Jacutinga, o Complexo Amparo constitui o embasamento rochoso de aproximadamente 92% da área de influência do empreendimento, sendo apenas 7,7% constituído por rochas do Subgrupo Itararé, conforme apresentado na **Figura 4.1 (Anexo VI)**, elaborada a partir do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IGC, 1981).

Os conjuntos litológicos principais do Complexo Amparo incluem gnaisses e biotita, e em qualquer unidade litoestratigráfica podem apresentar veios e bolsões graníticos e quartzíticos muito fraturados de dimensões variáveis e discordantes ou concordantes com a rocha encaixante (NEVES, 2005).

Nos 8% da área de influência direta do projeto, em sua porção sul, ocorrem as rochas do Subgrupo Itararé, onde predominam arenitos de granulação variada, conglomerados, diamictitos, tilitos, siltitos e folhelhos rítmicos, formados em diferentes períodos de condições climáticas, predominando o glacial, e transgressões marinhas.


4.2.6 Hidrogeologia Regional

De acordo com o Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2005) no município de Campinas são encontrados dois sistemas de aquíferos nitidamente diferenciados pelas suas características geológicas: a Unidade Sedimentar denominada de Aquífero Tubarão; e a Unidade Cristalina (Aquífero Fraturado), formada por rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino.

O Aquífero Tubarão é constituído por sedimentos arenosos, siltosos e argilosos, tem espessura variável podendo atingir até 800 m em sua porção aflorante, é descontínuo e tem baixa transmissividade. Apresenta em geral produtividade baixa, com vazões inferiores a 2,8 L/seg. por poço.

Os recursos de água subterrânea associados ao aquífero sedimentar Tubarão ocorrem em áreas onde afloram ritmitos e lamitos com arenitos em profundidade. A vulnerabilidade natural do Sistema Aquífero Tubarão é considerada baixa e localmente média, sendo recomendável para a disposição de resíduos e efluentes (domésticos e industriais), as áreas de vulnerabilidade baixa.

O Sistema Aquífero Fraturado pré-Cambriano, de ocorrência na região, tem extensão regional, é descontínuo com porosidade associada às fraturas das rochas (porosidade secundária). As rochas deste aquífero podem ser de origem ígnea ou metamórfica, como granitos, gnaisses e xistos. A produtividade é baixa e bastante variável, com vazão média de 1,4L/seg.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	23	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

Destaca-se que nestes terrenos a área de maior potencial para a produção de água subterrânea está associada a gnaisses do Complexo Itapira e a granitos da Suíte Jaguariúna muito fraturados, que ocorrem entre as zonas de cisalhamento de Valinhos e Campinas, que se estende ainda para os Terrenos Colinosos ondulados a inclinados e parte dos Terrenos Colinosos suavemente ondulados.

Os Terrenos Amorreiros caracterizam a área de recarga dos aquíferos locais, que devido ao baixo grau de ocupação, proporcionam uma infiltração das águas meteóricas, contribuindo com a manutenção das nascentes e corpos de água da região.

4.2.6.1 – Cadastro de poços tubulares


Foram cadastrados 13 poços de captação dos recursos hídricos subterrâneos na região do empreendimento. O Cadastro indica o uso predominante a pecuária e irrigação, secundariamente para consumo humano, conforme demonstra a **Tabela 4.2**.

Tabela 4.2 – Dados dos poços de captação dos recursos hídricos subterrâneos na área.

Poço	Coordenada		Cota (m)	Dado do poço (m)		Descrição e utilização (m)
	X	Y		Prof.	N.A.	
PT-01	7.463.852	279.717	621.0	170.0	140.0	Dessedentação de animais
PT-02	7.464.476	279.490	591.0	7.0	5.91	Dessedentação de animais, consumo humano
PT-03	7.464.545	279.521	584.0	7.0	2.33	Não utilizado
PT-04	7.464.469	279.449	583.0	7.5	3.85	Consumo humano
PT-05	7.462.829	280.829	599.0	8.0	2.2	Dessedentação de animais e consumo humano
PT-06	7.463.129	280.852	589.0	10.0	-	Dessedentação de animais, irrigação e consumo humano
PT-07	7.466.620	276.680	640	270	38	Cadastro do DAEE AI-85
PT-08	7.463.880	282.950	680	117	-	Cadastro do DAEE AI-12
PT-09	7.863.250	282.300	670	140	4.0	Cadastro do DAEE AITC-09
PT-10	7.463.200	282.300	670	130	-	Cadastro do DAEE AITC-10
PT-11	7.464.000	282.170	660	140	2.5	Cadastro do DAEE AITC-11
PT-12	7.464.000	282.950	685	140	-	Cadastro do DAEE AITC-17
PT-13	7.465.300	283.000	640	180	14	Cadastro do DAEE AITC-57

4.3 GEOMORFOLOGIA LOCAL

Com base nos dados obtidos pelo levantamento topográfico foi possível caracterizar a topografia da área de influência direta da SP-083, possibilitando a classificação do relevo quanto às declividades predominantes.

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>DESIGN - TRANSPORT</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	24	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

Cita-se que os parâmetros adotados para caracterizar os tipos de relevo tiveram como base a proposta de Sistemas de Relevo de Ponçano (PONÇANO *et al.*, 1981), como pode ser observado na **Tabela 4.3** abaixo.

Tabela 4.3 – Classificação de Ponçano

Amplitudes locais	Declividades predominantes	Tipos de relevo
< 100 m	< 15%	Rampas
	5 a 15%	Colinas
	> 15%	Morrotes
100 a 300 m	5 a 15%	Morros com encostas suaves
	>15%	Morros
>300 m	>15%	Montanhas

Fonte: modificado de Ponçano *et. al.*, 1981.

Também, através de observações de campo constatou-se que o relevo da região é pouco movimentado, inclusive em sua porção nordeste, mais próxima ao Planalto Atlântico.


De acordo com o Mapa Geomorfológico (IPT, 1981) e os dados topográficos medidos em campo, a área de influência direta do SP-083 encontra-se em área de Colinas Médias, sendo que de modo geral essa fisiografia apresenta interflúvios com área superior a 4 km², topos aplainados e vertentes com perfis convexos até retilíneos.

Observam-se na área de interesse, drenagens de média a baixa densidade, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas e presença eventual de lagoas perenes ou mesmo intermitentes.

A área de interesse ainda apresenta, relevo de Morrotes Alongados Paralelos, com topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos a convexos, drenagem de alta densidade, padrão paralelo a treçado e vales fechados.

Também, segundo o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (ROSS, 1997), a área de interesse é classificada como Unidade Morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico, sustentado por litologias predominantemente metamórficas associadas a rochas intrusivas, com elevada densidade de canais de drenagem e vales profundos.

Ressalta-se que dentre as variações regionais dessa estrutura morfoestrutural, Ross *op. cit.* atribui o nome de Planalto de Jundiá à Unidade Morfoescultural onde se insere a área de influência direta do empreendimento. O planalto de Jundiá apresenta variações de altitude predominantes entre 800 e 900 metros, entretanto, observa-se que, no geral, à medida que o empreendimento se desloca em direção norte/sul a altitude passa de aproximadamente 800 metros para 600 metros em sua porção central, para em sua porção final retomar altitudes próximas aos 700 metros.

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>GEOTECNIA - TRANSPORTES</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	25	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica		16/09/13	Ver. 03

Essas observações foram realizadas através do cruzamento de dados entre a topografia obtida em trabalho de campo e as Cartas Topográficas do IGC, em escala 1:10.000, no entanto, os resultados abaixo apresentados para o Trecho I da SP-083 tiveram como orientação os dados topográficos em escala 1:1.000 fornecidos pelo DER (Departamento de Estradas de Rodagem). Desta forma, na **Tabela 4.4** e nas **Figuras 4.2a a 4.2d (Anexo VII)** podem ser observadas as classes de relevo do empreendimento, restritas à Área Diretamente Afetada do Trecho I da SP-083, que totaliza 22,5 hectares.

Tabela 4.4 – Classes de relevo

Classes de Relevo (m)	Área (ha)	%
590 – 610	1,1	4,9
610 – 630	2,0	8,9
630 – 650	5,5	24,4
650 – 670	1,8	8,0
670 – 690	3,3	14,7
690 – 710	4,8	21,3
710 – 730	1,4	6,2
730 – 745	2,6	11,6
TOTAL	22,5	100


Destaca-se que essa variação de altitude é acompanhada de uma alteração na morfologia do relevo, pois se trata de uma área de transição entre os terrenos cristalinos com formas resultantes de processo erosivo sofrido no Cinturão Orogênico do Atlântico, para a depressão esculpida em sedimentos a qual apresenta no local, uma fisionomia de morros amplos e topos aplainados.

De acordo com ROSS & MOROZ (1997), tais formas do relevo são muito dissecadas, com vales entalhados a pouco entalhados, com alta densidade de drenagem. Além disso, é uma área sujeita a processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas, constatando um nível de fragilidade potencial alto.

Predominam as baixas declividades em toda a área de estudo, sendo que cerca de 20 ha da área (mais de 90%) apresentam declividades inferiores a 12° e 2,2 ha (10%) tem declividades entre 12 a 45°, sendo que nenhuma porção da Área Diretamente Afetada pelo prolongamento da SP-083 possui declividades acima de 45°.

4.4 SONDAGENS DE INVESTIGAÇÃO

Entre os dias 17 e 18 de julho de 2013 foram realizadas 04 sondagens, que variaram de 2,70 a 3,70 metros de profundidade na área de influência direta da SP-083.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras GOVERNHO DO PARANÁ	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	26	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

No **Anexo III** é possível verificar a localização dos pontos investigados, quais sejam, sondagens de reconhecimento, poços de monitoramento e pontos de coleta de águas superficiais.

Para perfuração das sondagens foi utilizado trado manual do tipo concha, de 4" de diâmetro, e tiveram como objetivo classificar tátil visualmente o solo, de acordo com ABNT NBR 6502 (1995), identificando as diferentes litologias presentes na área de influência direta do Trecho 1 da SP-083.

Foram observadas as seguintes camadas do solo:

- Argila siltosa e arenosa, marrom, fina e friável;
- Argila siltosa e arenosa, variegada, fina e friável;
- Argila plástica, cinza; e
- Argila siltosa e arenosa, variegada até marrom e amarelo, média e moldável.

4.5 CARACTERIZAÇÃO DA HIDROGEOLOGIA LOCAL

4.5.1 Planimetria e cargas hidráulicas

Para a obtenção das cargas hidráulicas foi realizado levantamento planialtimétrico da área de interesse e instalados poços de monitoramento, que servem tanto como piezômetros como para a obtenção de amostras ambientais representativas do freático.

Destaca-se que o procedimento utilizado na instalação dos poços de monitoramento foi baseado na norma ABNT NBR 15495-1/07 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares, Parte 1 (ABNT, 2007) e no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (CETESB, 2001).

Outras fontes de informação da potenciometria da área de interesse são as cotas da superfície dos cursos d'água, sendo tomadas como nível de base, uma vez que grande parte das drenagens da área de interesse são do tipo efluente, ou seja, alimentadas pelo aquífero local.

Desta forma, na **Tabela 4.5** e na **Tabela 4.6**, a seguir, é possível observar as coordenadas dos pontos de observação, as cotas topográficas, bem como as cargas hidráulicas dos poços de monitoramento instalados.

4.5.2 Condições de ocorrência e potenciometria

A água subterrânea, no local pode estar armazenada sob três formas ou aquíferos: no manto de intemperismo, em rochas sedimentares e em rochas cristalinas fraturadas. O escoamento dessas águas subterrâneas depende principalmente de duas características das rochas: porosidade, que é o número de espaços vazios (poros, fraturas, etc.) presente nas rochas, e a permeabilidade, que é o quanto esses espaços estão em comunicação entre si.


 ROTA das Bandeiras	Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
		DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	27	/	59
		Título:				Ver.
			Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

Tabela 4.5 – Coordenadas geográficas e cotas topográficas

Referência	Localização		
	Coordenada UTM 23K		Cota
Águas Superficiais			
ASup-01 (Ponto 01)	286481.32 m E	7453935.38 m S	723
ASup-02 (Ponto 02)	288274.57 m E	7456453.14 m S	761,4
ASup-03 (Ponto 03)	289914.93 m E	7457368.80 m S	671,1
Águas Subterrâneas (Instalação de PM)			
PM-01	289599.32 m E	7456102.53 m S	767,4
PM-02	288275.12 m E	7456453.17 m S	761,4
PM-03	286650.87 m E	7455196.63 m S	664,8
PM-04	286785.96 m E	7454349.59 m S	613,2
Cursos d'Água			
M01	289914.09 m E	7457368.51 m S	760
M02	289734.72 m E	7457565.94 m S	757,9
M03	289689.88 m E	7456291.45 m S	723
M04	289573.92 m E	7456025.20 m S	722,5
M05	288698.59 m E	7456486.80 m S	722,8
M06	288533.09 m E	7456703.02 m S	722,7
M07	288281.71m E	7456436.41 m S	655,7
M08	288166.23 m E	7456458.91m S	646,6
M09	287919.44 m E	7455433.72 m S	651
M10 (Seco)	287283.19 m E	7455645.30 m S	653,3
M11 (Seco)	287104.32 m E	7455904.31 m S	651,5
M12	287755.87 m E	7454693.07 m S	648
M13	286650.87 m E	7455196.63 m S	664,8
M14	286616.83 m E	7454220.00 m S	613,2
M15	286337.15 m E	7455080.72 m S	599,1
M16	286785.96 m E	7454349.59 m S	613
M17a	287235.00 m E	7453106.00 m S	612,8
M17	286863.29 m E	7453941.55 m S	612
M18	286667.32 m E	7453905.83 m S	610,3
M19	Não Localizado / Dificuldades de acesso		


Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>GERENCIAMENTO AMBIENTAL</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	28	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

Tabela 4.6 – Carga hidráulica dos poços instalados

Poço	Cota Revestimento (m)	Nível d'água (m)	Carga Hidráulica (m)
PM-01	767,4	0,30	767,1
PM-02	761,4	1,90	759,5
PM-03	664,8	1,03	663,8
PM-04	613,2	1,60	611,6

O aquífero formado pelo manto de intemperismo (freático) e o constituído por rochas sedimentares (aquífero sedimentar) são caracterizados por armazenar água em seus poros, que são espaços vazios entre os grãos minerais que os constituem. Os primeiros possuem em média maiores valores de permeabilidade e o aquífero formado pelas rochas cristalinas (cristalino fraturado), com pouca ou nenhuma porosidade, armazenam água em zonas onde a rocha esteja quebrada ou fraturada.

As coberturas colúvio aluviais quaternárias funcionam como aquíferos de transferência para os terrenos sotopostos, ou seja, os sedimentos do Grupo Tubarão e as rochas cristalinas.

As rochas cristalinas predominam totalmente na área e representam o que é denominado comumente de "aquífero cristalino". A ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão.

A potenciometria gerada com as cargas hidráulicas, considerando os afloramentos naturais representados pelas drenagens permanentes na área de estudo, apresentado na **Figura 4.3 (Anexo VIII)** indica fluxo das águas subterrâneas para Noroeste, com pequenas inflexões em função da morfologia do terreno. Os níveis potenciométricos projetados sob o empreendimento, indica um nível de água subterrânea situado próximo dos 10 metros de profundidade, em relação ao relevo atual.


Assim, pode-se dizer que a localização do empreendimento é favorável por situar-se em região de baixo potencial hidrogeológico, de pouca ocorrência e uso dos recursos hídricos subterrâneos.

4.5.3 Vulnerabilidade relativa do sistema hidrogeológico local

Segundo a ASTM – *American Society for Testing Materials*), a vulnerabilidade das águas subterrâneas é "a facilidade com a qual um dado contaminante pode migrar para as águas subterrâneas ou para um aquífero de interesse em determinadas situações de uso do solo, características do contaminante e condições da área".

Desta forma, foi utilizada a metodologia GOD (*Groundwater occurrence, Overall lithology of the unsaturated zone, Depth to the water table*), de acordo com FOSTER & HIRATA (1988), que utiliza uma sequência padronizada de pontuação baseada nas seguintes informações:

- Ocorrência do lençol freático (livre, confinado, semiconfinado);
- Litologia da zona vadosa e camadas confinantes; e

Cliente:  ROTA das Bandeiras	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	29	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

- Profundidade do lençol freático (espessura da zona vadosa).

Desta forma, a vulnerabilidade natural relativa do sistema aquífero freático na área de interesse, considerando a litologia, forma de ocorrência e profundidade do nível de água, é classificada como BAIXA/alta (alcançando pontuação entre 0,25 e 0,3).

A baixa vulnerabilidade do sistema aquífero local, associado a baixa disponibilidade e uso do sistema aquífero freático consolida a boa localização do empreendimento em relação aos riscos de impactos ambientais potenciais.

4.5.4 Permeabilidade local

A condutividade hidráulica local foi estimada através do *software* Super Slug 3.1 com base nos resultados obtidos nos ensaios de recuperação do tipo *bail test* realizados nos poços de monitoramento PM-01 e PM-03.

Pelo método numérico de Bouwer & Rice foi obtido como valor médio da permeabilidade local, $6,24\text{E-}04$ cm/s, sendo que os dados dos ensaios de permeabilidade podem ser vistos no **Anexo IX**.

4.5.5 Velocidade de fluxo aparente da água subterrânea

Utilizando a porosidade efetiva do litotipo onde se encontra a água subterrânea local (predominância argila arenosa) de 12% obtida em literatura (FETTER, 2001) e a média da condutividade hidráulica de $6,24\text{E-}04$ cm/s, obtida por meio de Bail Test realizado nos poços de monitoramento PM-01 e PM-03, foi calculada a velocidade de migração da água subterrânea, cujo valor obtido foi de 8,2 m/ano.


4.6 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO

4.6.1 Água subterrânea

4.6.1.1 Amostragem de água subterrânea

Após um período mínimo de 48 horas da instalação e desenvolvimento dos poços, foi realizada a campanha de amostragem de água subterrânea dos 04 (quatro) poços de monitoramento da rede de monitoramento. Destaca-se que foi coletada uma amostra de branco de campo, utilizada para o controle de qualidade da amostragem.

A metodologia aplicada na amostragem de água seguiu o "Procedimento para Identificação de Passivos Ambientais em Estabelecimentos com Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis" (CETESB, 2006) e o procedimento ABNT NBR 15847-2010, "Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento" (ABNT, 2010).

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTAS DAS BANDEIRAS</small> <small>GERENCIAMENTO AMBIENTAL</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	30	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

Assim, foi escolhido o método convencional com o uso de amostradores descartáveis (bailers). De acordo com a Agência Ambiental, para essa metodologia, deve-se purgar três vezes o volume de água existente no interior do poço, com a finalidade de assegurar que toda a água que por ventura esteja estagnada no poço seja removida, possibilitando a coleta de uma amostra representativa de água. Ressalta-se que esta purga deve ser realizada de modo uniforme e em vazões compatíveis com a capacidade de recarga do aquífero.

O objetivo é que este método seja empregado sem causar grande rebaixamento do nível de água no interior do poço, evitando o efeito cascata que pode ocorrer na seção filtrante nesta situação e, conseqüentemente, a aeração das amostras e perda de compostos orgânicos voláteis. Além disso, esta purga também deve ser feita de forma a evitar a criação de fluxo turbulento na área de recarga do poço (pré-filtro), evitando o arraste de sedimento para o seu interior e desde que utilizado com o cuidado necessário o método convencional é adequado a amostras para a confirmação da qualidade do sistema hidrogeológico, sendo sempre utilizado um bailer para a purga e outro para a coleta da amostra (CETESB: IV.3 – Procedimento para Amostragem de Água Subterrânea, 2007).

Assim, a análise química das amostras de água subterrânea coletadas foi requerida para metais totais (Listagem CETESB) e para os compostos orgânicos voláteis (VOC).

Na **Figura 3.1 (Anexo III)** é possível verificar a localização dos poços de monitoramento instalados e na **Tabela 4.7** abaixo os volumes purgados dos poços de monitoramento para a amostragem de água subterrânea.

Tabela 4.7 – Volume de purga do poços monitorados pelo método convencional

PLANILHA DE DADOS								
N.º Laudo	Poço	Profundidade	N. A. (Nível de Água)	N. E. (Nível Estático)	Filtro	Diâmetro	Volume Teórico	Volume da Purga
	ID	(m)	(m)	(m)	(m)	(Polegada)	(L)	(L)
191781	PM-01	3,50	0,30	3,20	2,00	2	6,49	18,0
191782	PM-03	2,70	1,03	1,67	2,00	2	3,38	9,0
191801	PM-04	3,70	1,90	1,80	2,00	2	3,65	9,0
191802	PM-02	3,68	1,60	2,08	2,00	2	4,22	12,0

4.6.1.2 Resultados analíticos das amostras de água subterrânea

Os laudos analíticos laboratoriais referentes às amostras de água subterrânea são apresentados no **Anexo X**. As **Tabelas 4.8 e 4.9** abaixo consolidam os resultados analíticos para os compostos metálicos e orgânicos, respectivamente, comparando-os com os padrões da CETESB.


Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	31	/	59
	Título:				Ver.
	Avaliação hidrogeológica		16/09/13		03

Tabela 4.8 – Resultados analíticos de água subterrânea para os parâmetros inorgânicos

Descrição	Unidade	191781	191782	191801	191802	191803	Valores Orientadores Cetesb/2005
		PM-01	PM-03	PM-04	PM-02	Branco de Campo	
		17/07/2013	17/07/2013	18/07/2013	18/07/2013	18/07/2013	
Alumínio Total	mg/L	0,05	0,64	0,08	0,6	0,02	0,2
Antimônio Total	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Arsênio Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Bário Total	mg/L	0,36	0,24	0,14	0,32	<0,03	0,7
Boro Total	mg/L	0,011	0,012	0,012	0,012	0,008	0,5
Cádmio Total	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Chumbo Total	mg/L	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01
Cobalto Total	mg/L	<0,003	0,018	<0,003	<0,003	<0,003	0,005
Cobre Total	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2
Cromo Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
Ferro Total	mg/L	0,03	2	0,04	0,16	0,02	0,3
Manganês Total	mg/L	0,087	1,54	0,19	0,031	<0,01	0,4
Mercurio Total	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,001
Molibdênio Total	mg/L	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	0,07
Níquel Total	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,01	<0,01	0,02
Prata Total	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05
Selênio Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Zinco Total	mg/L	0,04	<0,02	0,08	0,04	<0,02	5

Os resultados analíticos dos parâmetros inorgânicos para a matriz água subterrânea revelaram alteração na qualidade da água subterrânea rasa, apenas nos poços PM-02 e PM-03, sendo estas alterações relacionadas aos metais alumínio, cobalto, ferro e manganês.

Entretanto, destaca-se que o solo do Estado de São Paulo contém naturalmente concentrações de ferro e manganês em sua composição, desta forma é possível que a presença destes metais no aquífero local tenha provavelmente origem natural, estando associada à presença de eventuais colóides, com granulometria inferior a 0,45 micrômetros nas amostras de água subterrânea, cuja origem foi o solo local com dispersão para a água subterrânea. Além disso, a detecção de alumínio total também pode ter origem em sedimentos aluminosos, sendo, também, de origem natural no aquífero local.

De acordo com os resultados analíticos dos parâmetros orgânicos para a matriz água subterrânea, não houve a detecção de compostos orgânicos voláteis (VOC), compostos orgânicos semivoláteis (SVOC) ou mesmo de hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) nas amostras coletadas.



Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>LOGISTICS - TRANSPORT</small>	Documento Nº:	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	32	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica		16/09/13	Ver. 03

Tabela 4.9 – Resultados analíticos de água subterrânea para os parâmetros orgânicos

Parâmetros	Unidade	191781	191782	191801	191802	191803	Valores Orientadores Cetesb/2005
		PM-01 17/07/2013	PM-03 17/07/2013	PM-04 18/07/2013	PM-02 18/07/2013	Branco de Campo 18/07/2013	
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo	ug/L	<50	<50	<50	<50	<50	-
Compostos Orgânicos Voláteis							
Diclorodifluorometano	ug/L	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	-
Bromometano	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Triclorofluorometano	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Dicloroetano [1,1-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	30
Diclorometano	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Dicloroetano [trans-1,2-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	50
Dicloroetano [1,1-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	280
Dicloroetano [cis-1,2-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	50
Dicloropropano [2,2-]	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Bromoclorometano	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Clorofórmio	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	200
Tricloroetano [1,1,1-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	280
Dicloroetano [1,2-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	10
Dicloropropeno [1,1-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Benzeno	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	5
Tetracloro de Carbono	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	2
Tricloroetano [1,1,2-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	70
Dicloropropano [1,2-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Dibromometano	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Bromodichlorometano	ug/L	< 0,2	< 0,2	1,3	< 0,2	< 0,2	-
Dicloropropeno [trans-1,3-]	ug/L	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	-
Dicloropropeno [cis-1,3-]	ug/L	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	-
Tolueno	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	700
Tricloroetano [1,1,2-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Dicloropropano [1,3-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Dibromoclorometano	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Tetracloroetano [1,1,2,2-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	40
Dibromometano [1,2-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Clorobenzeno	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	700
Tetracloroetano [1,1,1,2-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Etilbenzeno	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	300
Xileno [m+p-]	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	500
Estireno	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	20
Xileno [o-]	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	500
Bromofórmio	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Isopropilbenzeno	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Tricloropropano [1,2,3-]	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Bromobenzeno	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
n-Propilbenzeno	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Clorotolueno [2-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Clorotolueno [4-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Trimetilbenzeno [1,3,5-]	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Butilbenzeno [terc-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Trimetilbenzeno [1,2,4-]	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Butilbenzeno [sec-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Diclorobenzeno [1,3-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Diclorobenzeno [1,4-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	300
Isopropiltolueno [4-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Diclorobenzeno [1,2-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1000
n-Butilbenzeno	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Dibromo [1,2-]-cloropropano [3-]	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Triclorobenzeno [1,2,4-]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	20
Naftaleno	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	140
Hexaclorobutadieno	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Triclorobenzeno [1,2,3-]	ug/L	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	20
Tetracloroetano [1,1,2,2]	ug/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Clorometano	ug/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	-
Cloroetano	ug/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	-
Metil tert-Butil Éter (MTBE)	ug/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Cloreto de Vinila	ug/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	5
SURROGATES							
Tolueno-d8	%	70	71	71	79	78	-
p-Bromofluorbenzeno	%	78	72	78	77	81	-

Ciente:  ROTA das Bandeiras	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	33	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica		16/09/13	Ver. 03

4.6.2 Água superficial

4.6.2.1 Amostragem de água superficial

Foram coletadas por método direto, 3 (três) amostras de água das drenagens que atravessam a área de estudo. A coleta das amostras foi realizada em 11/07/2013, pela equipe técnica da NOVA AMBI, de acordo com os procedimentos integrantes do escopo acreditado segundo a ISO 17.025 - INMETRO, e em consonância com a metodologia do "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras - Cetesb/2011, no "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" - 21Th Edition - 1998.

Desta forma, as amostras de água superficial foram analisadas para os parâmetros contidos na Resolução CONAMA 357/05 - Artigos 14 e 15.

4.6.2.2 Resultados analíticos das amostras de água superficial

De acordo com os resultados analíticos obtidos, pode-se concluir que há impactos ambientais nas drenagens superficiais da área de interesse, sendo estes impactos representados pela presença de chumbo total (amostras dos pontos 01, 02 e 03), fenóis (Ponto 01), fósforo (Ponto 03), manganês (Ponto 03), nitrogênio amoniacal (Ponto 3) e níquel total (amostras dos pontos 01, 02 e 03), que podem ser relacionados com atividades antrópicas, tanto as atividades industriais na região de Campinas, como as atividades do meio rural, principalmente o cultivo agrícola, sendo que atualmente o plantio de figo é a atividade mais representativa na região de interesse.

Os laudos analíticos laboratoriais referentes às amostras de água subterrânea são apresentados no **Anexo X. A Tabela 4.10** a seguir consolida os resultados analíticos para os compostos metálicos e orgânicos, respectivamente, comparando-os com os padrões da Resolução CONAMA 357.

Considerando que o Decreto Estadual 10.755, de 22 de novembro de 1997, estabelece o enquadramento de corpos de água receptores no Estado de São Paulo, as Bacias da região de estudo são consideradas como Classe 2. Entretanto, a Resolução Federal CONAMA 357 de 17 de março de 2005, no seu Artigo 4, estabelece que o receptor que tem uso para abastecimento doméstico após tratamento convencional, irrigação de culturas arbóreas e dessedentação de animais apresenta Classificação Classe 3, como a norma Federal, para este caso é mais restritiva que a Estadual, pode-se considerar para fins deste estudo, Classe 3 aos córregos e drenagens existentes na área de estudo. Entretanto, é importante destacar que, segundo o Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, o Córrego Piçarrão, no Município de Campinas, é Classe 4.

Ressalta-se que todos os cursos d'água na região de interesse estão inseridos na bacia do Rio Capivari e apenas três cursos d' água confluem ao Rio Capivari-Mirim, antes de desaguar no Rio Capivari e que não constam na Área de Influência Direta do empreendimento, mananciais que apresentem captações superficiais para o abastecimento público, conforme dados fornecidos pelo DAEE (2011).



Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	34	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

Tabela 4.10 – Resultados analíticos de água superficial segundo CONAMA 357

Descrição	Unidade	191652	191653	191654	Conama 357/05 - Artigos 14 e 15
		Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	
		11/07/2013	11/07/2013	11/07/2013	
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,02	0,05	0,09	0,1
Antimônio Total	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Arsênio Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Bário Total	mg/L	0,5	0,39	0,2	0,7
Berílio Total	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	0,04
Boro Total	mg/L	<0,005	<0,005	0,017	0,5
Cádmio Total	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	
Chumbo Total	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,01
Cianeto Livre	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Cloreto	mg/L	14,1	7	23,5	250
Cloro Residual Total	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,01
Cobalto Total	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	0,05
Cobre Dissolvido	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	0,009
Cor Verdadeira	mgPt/L	4	3	7	75
Cromo Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
DBO	mg/L	<2	<2	<2	5
Ferro Dissolvido	mg/L	<0,01	0,11	0,29	0,3
Fenóis Totais	mg/L	0,015	<0,001	0,001	0,003
Fluoreto	mg/L	0,25	0,28	0,34	1,4
Fósforo Total	mg/L	<0,01	0,03	0,19	0,03
Lítio Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	2,5
Manganês Total	mg/L	0,01	0,055	0,41	0,1
Mercurio Total	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,21	0,09	2,48	0,5
Nitrogênio Nitrato	mg/L	2,46	0,82	0,23	10
Nitrogênio Nitrito	mg/L	<0,01	0,03	0,38	1
Níquel Total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,025
Óleos e Graxas	mg/L	<10	<10	<10	Virtualmente ausente
Oxigênio Dissolvido	mg/L	5,6	5,9	4,8	5
pH	-	7,17	7,66	7,43	6 a 9
Prata Total	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	0,01
Selênio Total	mg/L	<0,01	s	<0,01	0,01
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	145	160	206	500
Sulfato	mg/L	2	9	9	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	0,002
Surfactantes	mg/L	<0,05	<0,05	0,11	0,5
Turbidez	NTU	1	4	24	100
Urânio	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
Vanádio Total	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Zinco Total	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,18

Cliente:  ROTA das Bandeiras	Documento Nº:	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	35	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica		16/09/13	Ver. 03

4.6.3 Validação das análises

Os procedimentos de amostragem e análise mostraram-se satisfatórios, conforme o preconizado pela USEPA, 1989, e CETESB, no *Guia de orientação para coleta e preservação de amostras* e no *Manual de gerenciamento de áreas contaminadas*.

Nessa campanha, foram coletadas duas amostras de referência (*branco de campo*), sendo uma de equipamento utilizando-se o equipamento de bombeamento descartável e outra de campo realizado durante a campanha de amostragem.

A amostra de referência de equipamento visa avaliar a eficiência do processo de descontaminação dos aparelhos ou a esterilidade do material descartável utilizados no campo. A amostra é coletada após a passagem da água não ionizada por dentro do equipamento com materiais novos e estéreis, de forma a obter um padrão de qualidade do mesmo.

A amostra de referência de campo consiste na coleta de uma amostra da água não ionizada durante a campanha, visando verificar se existem fatores contaminantes no campo (poeira e outros que possam alterar as características das demais amostras coletadas).

Os resultados da análise das duas amostras de referência não revelaram quaisquer compostos e/ou elementos analisados, indicando a utilização de matérias estéreis.

para os compostos orgânicos voláteis detectaram a presença dos parâmetros

O método da análise de traçador (*Surrogate*) consiste na adição de uma quantidade conhecida de uma substância com comportamento cromatográfico semelhante aos compostos em análise, mas com certeza não presentes na amostra em processamento. Sua determinação é feita juntamente com os demais parâmetros. O resultado é expresso em porcentagem de recuperação.

Os resultados encontrados se mostraram satisfatórios, com valores de recuperação dos compostos, dentro do intervalo aceitável de 70 a 130%.

Quanto às análises, o tempo decorrido entre a coleta e o procedimento analítico foram inferiores ao máximo recomendável e, por isso, aceitáveis.


Assim, as amostras coletadas e análises efetuadas foram consideradas válidas e representativas da área de estudo.

4.6.4 Consideração sobre as concentrações de metais na água subterrânea

A lixiviação e mobilidade de metais pesados no solo são dependentes dos processos bioquímicos (adsorção e dissolução), sendo afetadas pelo pH, força iônica, composição da solução do solo, teor e tipo de argila e conteúdo de matéria orgânica entre outros fatores.

Os metais pesados acumulam-se no solo de várias formas: solúveis em água, associados a carbonatos e óxidos, ligados às frações orgânicas e residuais.

Os processos de adsorção e dessorção têm papel importante na mobilidade e lixiviação dos metais pesados para as águas superficiais e subterrâneas, sendo estes processos influenciados pelas propriedades do solo, pH e composição da solução do solo. De uma forma em geral o pH dos solos aumenta com a profundidade, à medida que se distancia dos processos pedogenéticos de ocorrência predominante nos estratos mais superficiais.

 ROTA das Bandeiras GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO	Cliente:	Documento Nº:	Projeto:	Folha:		
		DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	36	/	59
		Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

Íons metálicos catiônicos (Cu^{+2} , Zn^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+2} , Cr^{+2} , Co^{+2} , Pb^{+2} , e Cd^{+2}) apresentam maior mobilidade em ambiente ácido (baixo pH), principalmente em solos de elevado grau de intemperização, em especial os oxi-hidróxidos de Fe e Al.

Entretanto, solos bastantes intemperizados, como é o caso dos solos das regiões tropicais, onde predomina mineralogia oxidica (principalmente Fe, Al e Mn) e caulínica na fração argila, apresentam grande potencial de adsorção de íons metálicos. Outro aspecto importante na mobilidade dos metais pesados é o grau de cristalinidade dos óxidos, pois óxidos menos cristalizados têm maior potencial de adsorção dos metais.

Os argilominerais se modificam durante os processos de intemperismo favorecendo o surgimento de cargas negativas ou positivas responsáveis pela adsorção e dessorção dos metais. Assim, uma das características importantes destes fenômenos é ser reversível, controlada pela difusão iônica, estequiometria, raio iônico hidratado, entre outros.

Portanto, de uma forma geral, as condições de acidez favorecem o potencial de lixiviação dos compostos metálicos, em especial nos estratos do solo com textura grosseira e baixa capacidade de adsorção (menor concentração de argilominerais). A mobilidade dos metais não depende apenas da concentração total, mas também das propriedades do solo, propriedades do metal e fatores ambientais.

O estado de oxidação e redução (potencial redox - Eh) varia no solo e é influenciado pelo teor de carbono, nitrogênio, oxigênio, enxofre, manganês e ferro, influenciado, também, pelos metais pesados As, Ag, Co, Cr, Hg e Pb.

Assim, o Eh, em conjunto com o pH, são parâmetros críticos do comportamento dos poluentes metálicos no ambiente, sendo os principais fatores que afetam a química destes no solo e sua adsorção por organismos.

Cabe destacar que o Alumínio, Ferro e Manganês são elementos que ocorrem de forma natural difusa no solo e nas águas subterrâneas dos sistemas aquíferos rasos no Estado de São Paulo, proveniente da mobilização/concentração e dissolução dos minerais constituintes da rocha. A ocorrência de rochas básica (diabásio) na região favorecem a ocorrência destes elementos no solo e água subterrânea. Tubulações de ferro e/ou estruturas metálicas enterradas podem favorecer a proliferação de ferro bactérias que podem favorecer o aumento deste elemento na área.

Soluções ácidas infiltradas, inicialmente ricas em metais, podem promover, ainda, a oxidação de minerais constituintes do solo e a lixiviação destes. Assim, os metais vão sendo incrementados nas soluções descendentes, processo este que ocorre na zona de oxidação não saturada até o nível do lençol freático, ou, é claro, até uma profundidade na qual o potencial de oxidação seja suficientemente alto para viabilizar o processo.

Os principais fatores que afetam o comportamento desses elementos em subsuperfície são apontados na **Tabela 4.13**.


Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras GOVERNHO DO PARANÁ	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	37	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

Tabela 4.13 – Principais fatores influentes no comportamento dos metais

Comportamento	Fatores Restritivos	Fatores Favoráveis
Mobilidade em sub-superfície	baixa pluviometria pH neutro a básico baixa solubilidade em água baixa permeabilidade do solo	elevada pluviometria pH ácido elevada solubilidade em água alta permeabilidade do solo
Adsorção pelo solo	> % de argilas no solo > % de óxidos de Fe e Mn > % de matéria orgânica	< % de argilas no solo < % de óxidos de Fe e Mn < % de matéria orgânica

Portanto, os metais de uma maneira geral, possuem mobilidade baixa nas condições encontradas na área, isto é, baixa permeabilidade e alto teor de argila nos sedimentos, sofrendo atenuações devido a adsorção pelo solo bem como por processos físicos como a dispersão e diluição.

De forma geral, porém, o transporte de elementos na água subterrânea (solutos) é afetado por dois mecanismos básicos: a difusão e a advecção.

A difusão é o processo pelo qual as espécies dissolvidas, iônicas ou moleculares movem-se na solução, de regiões de maior concentração para as de menor concentração (atividade química).

A advecção, por sua vez, pode ser entendida simplificada como o processo pelo qual a água, em movimento, carrega solutos dissolvidos.


Em adição a estes mecanismos, contribuem também para o transporte de solutos os fenômenos de dispersão e de atenuação ou retardo e que fazem com que este transporte ocorra a taxas diferentes daquelas previstas apenas pela advecção/difusão.

A ocorrência do Alumínio, Ferro e Manganês acima do padrão de referência da CETESB, de forma pontual, é considerada como de origem natural, associados a litologia predominante na região.

4.7 POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE QUALIDADE DO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO

Sabe-se que a execução das obras de implantação de rodovias pressupõe uma série de atividades de escavação e movimentação de solos, as quais demandam avaliação pré-terita das áreas de influência do empreendimento, com o objetivo de identificar a presença de áreas contaminadas ou com potencial de contaminação que possam implicar em riscos ambientais, principalmente no tocante à qualidade do sistema hidrogeológico.

Tais alterações ambientais poderão ocorrer em razão de algumas das diversas atividades impactantes executadas na fase de obras, como por exemplo: implantação e operação dos canteiros de obras e outras instalações administrativas e industriais; transporte de materiais; pavimentação; e desativação de instalações provisórias.

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTAS DAS BANDEIRAS</small> <small>LOGISTICS - TRANSPORT</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	38	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica		16/09/13	Ver. 03

Além disso, o uso de veículos e a operação de outros equipamentos nas obras podem gerar vazamentos acidentais de combustíveis e/ou óleos lubrificantes e vir a contaminar as águas superficiais e/ou o solo onde for derramado, caso não sejam adotadas técnicas de contenção adequadas ou executadas ações corretivas imediatas e em casos mais graves, esta contaminação pode alcançar a água subterrânea.

Destaca-se que para a mitigação do potencial de impacto ambiental foi concebido o Programa de Gerenciamento de Risco e Plano de Ação Emergencial para Fase de Obras, que contempla, entre outros: os procedimentos para confinamento de vazamentos; a remoção de eventuais solos contaminados; a execução de instruções de controle ambiental nas áreas de armazenamento de combustíveis e óleos lubrificantes; e os procedimentos de contingência para vazamentos de produtos perigosos.

Quanto ao uso da rodovia, os principais impactos ambientais potenciais associados a operação do Prolongamento da Rodovia José Roberto de Magalhães Teixeira (SP-083), são os acidentes com caminhões transportando produtos perigosos e que porventura derramem estes produtos nocivos ao meio ambiente nas drenagens existentes na área de influência direta da rodovia, além da emissão de particulados provenientes dos escapamentos dos veículos automotores que circularão na rodovia. Este particulado pode ser depositado ao longo da rodovia ou no solo das faixas verdes, podendo ser carreados para os corpos hídricos de superfície e sedimentados em zonas a jusante da rodovia.


4.7.1 Potencial de alteração da qualidade da água superficial

Segundo consta, a maioria dos cursos d'água presentes na área de influência direta (AID) da SP-083 são de 1ª ou 2ª ordem, de acordo com a classificação de Horton, uma vez que grande extensão do empreendimento estará locada junto às linhas de cumeada (com ausência ou poucas ramificações dos cursos d'água), exceto o Rio Capivari, que recebe os afluentes da bacia e que será interceptado pelo empreendimento, por meio de obras de arte.

Destaca-se que o empreendimento interceptará 8 drenagens, todas da sub-bacia do Rio Capivari.

Quanto ao potencial de alteração da qualidade ambiental da área de interesse, a AID da SP-083 é ocupada principalmente por propriedades rurais, cujas principais atividades são o cultivo agrícola de frutas e a pecuária, realizadas em extensas porções de terra. Por isso, as Áreas de Preservação Permanente (APP) dos cursos d'água e nascentes da região encontram-se degradadas, e seus fragmentos florestais quando existentes são inferiores ao definido no "Código Florestal".

Pode-se elencar que os potenciais impactos nos recursos hídricos superficiais relacionados à implantação do empreendimento decorrem das obras de arte passantes sobre o Rio Capivari, da canalização de corpos hídricos e ao carreamento de sedimentos para os cursos d'água, maciçamente quando da movimentação de terra. Este potencial impacto, também se relaciona a: redução do tempo de concentração e aumento das áreas das bacias de contribuição de algumas drenagens naturais, proveniente do sistema de drenagem do empreendimento; desestabilizações de margens e/ou aumento de inundações em corpos d'água naturais; aumento dos níveis de turbidez nos cursos d'água do entorno; e interferências na captação superficial de água para abastecimento público.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	39	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

Desta forma, pode-se afirmar que as características do tipo de uso e ocupação do solo presente na AID do empreendimento, em conjunto com a degradação das APP facilitam a ocorrência de alterações da qualidade ambiental, principalmente a ocorrência de processos erosivos e assoreamento dos recursos hídricos de superfície, bem como a presença de carga orgânica, compostos nitrogenados e potencialmente agrotóxicos nas águas superficiais.

4.7.2 Potencial de alteração da qualidade da água subterrânea

A área de interesse está inserida na unidade pré-cambriana do Sistema Aquífero Cristalino, o qual, na região de Campinas, ocorre na sua forma livre, sugerindo atenção na proteção de sua qualidade durante a implantação do Trecho I da rodovia.

Quanto aos potenciais impactos nas águas subterrâneas, estes podem se relacionar à: possibilidade de rebaixamento localizado no nível freático durante a construção, que poderia ocorrer em algumas porções da área diretamente afetada pela rodovia, principalmente onde os solos serão corrigidos ou substituídos, e em áreas de corte. Ressalta-se que mesmo nessas áreas, a ocorrência desse impacto dependerá da espessura das coberturas sobre os materiais rochosos e consequentemente da profundidade do freático.

Destaca-se que não são previstos cortes em profundidade do solo, minimizando assim, os riscos de interceptação do freático (situados a profundidade próximas aos 10m na área das obras), e consequente impacto no entorno imediato à obra.

Entretanto, as águas subterrâneas estarão sujeitas a riscos de contaminação durante a fase de implantação em decorrência de eventuais acidentes com combustíveis ou outras cargas tóxicas, provenientes das atividades de manutenção e abastecimento de máquinas e equipamentos.


Para tanto, deve ser observadas e implementadas as ações de mitigação desses impactos, nos programas apresentados e aprovados no EIA/RIMA:

- ✓ PROGRAMA DE CONTROLE AMBIENTAL DAS OBRAS (PCA).
- ✓ Subprograma de Prevenção e Controle da Erosão e do Assoreamento.
- ✓ PROGRAMA DE MONITORAMENTO.
- ✓ Subprograma de Monitoramento de Água.

É importante destacar que, em consulta ao cadastro de áreas contaminadas e reabilitadas do Estado de São Paulo (CETESB, dezembro de 2012), foram localizadas dois sítios industriais inseridos nas áreas de influência direta e diretamente afetadas pelo Trecho I da rodovia. São elas:

- Rigesa Celulose Papel e Embalagens Ltda. – teve seu solo e subsolo contaminados, incluindo as águas subterrâneas fora de sua propriedade, por metais e outras substâncias. Porém, já se encontra classificada como área reabilitada.
- Texpal Química Ltda. está sob investigação e monitoramento ambiental, sendo que as águas subterrâneas internas à propriedade estão contaminadas por metais.

Nestas áreas, não devem ser efetuadas quaisquer movimentações de solo sem consultar e seguir as ações de prevenção de riscos especificados nos estudos ambientais específicos da área.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTAS DAS BANDEIRAS</small> <small>LOGOTIPO TRANSPORTE</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	40	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

5. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS NO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA

Os seguintes impactos ao meio físico são estimados para o empreendimento, em função da etapa de atividade:

5.1 IMPACTOS ESTIMADOS DURANTE A INSTALAÇÃO

Os estudos pertinentes aos recursos hídricos superficiais na área diretamente afetada tiveram enfoque nos cursos d'água que serão interceptados e/ou têm seus cursos paralelos ao Prolongamento da SP-083 (Trecho I), uma vez que os potenciais impactos relacionados à implantação do empreendimento consistem na alteração do leito do rio (canalização) e ao carreamento de materiais sedimentáveis para os cursos d'água, principalmente quando da movimentação de terra.

Destaca-se como área prioritária o Rio Capivari, que será interceptado pelo empreendimento por meio de uma Obra de Arte Especial de quase 200 metros de extensão (segundo consta no Projeto Executivo, estaca de projeto 1.263 à 1.274).

Além dessa importante travessia, alguns afluentes do Rio Capivari também serão interceptados, ou terão seu curso paralelo à rodovia.


Ressalta-se que a alternativa de traçado definida para a transposição do Rio Capivari buscou o menor nível de intervenção junto às suas margens. Assim, optou-se pelo local onde atualmente existe uma ponte da estrada rural em terra, por já se tratar de local onde ocorre estrangulamento do leito natural do rio.

No geral, as intervenções sobre os sistemas hidrogeológicos requerem a adoção de medidas de controle ambiental durante a execução das obras de implantação do Trecho I, principalmente nas atividades realizadas em Áreas de Preservação Permanente – APP e nas intervenções diretas junto aos recursos hídricos, de forma a evitar o carreamento de sedimentos para os cursos d'água, contaminação ou mesmo a alteração em seu regime.

Segundo consta, a realização de atividades de terraplenagem, execução de aterros, escavação nas seções em corte e aberturas de novos acessos, assim como a estabilização de taludes e proteção de saias de aterro nas áreas de apoio, potencializam o impacto descrito, assim como a intensidade deste impacto é intrínseca à susceptibilidade natural do meio em que está inserido, ou seja, a alta suscetibilidade à erosão, e média suscetibilidade a movimento de massas, o que eleva o potencial de desencadeamento de processos de dinâmica superficial.

Os processos de dinâmica superficial, desencadeados ou intensificados pela movimentação de terra inerente às atividades necessárias à obra, se iniciam logo após a remoção dos solos superficiais e/ou exposição dos materiais geológicos, podendo ocorrer de modo intenso durante todo o período que antecede a implantação da drenagem superficial definitiva, da cobertura vegetal e das demais atividades de recomposição vegetal.

Além disso, a impermeabilização da base das encostas potencializa a alteração da dinâmica das águas, podendo causar a elevação do nível da água nos maciços e ocasionar o desencadeamento de movimentos de massa em encostas.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	41	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

Desta forma, entende-se que os impactos relacionados à alteração da morfologia dos terrenos e ao desencadeamento e/ou intensificação de processos de dinâmica superficial estão associados principalmente à fase de implantação do empreendimento, que de modo geral, poderão ser mitigados com a adequação dos projetos de engenharia, e com a implantação de medidas de controle de processos de dinâmica superficial, que, se devidamente implementados, deverão prevenir e minimizar a intensificação/desencadeamento de processos de dinâmica superficial durante a instalação do empreendimento.

Destaca-se que a eficácia das medidas propostas no âmbito do Programa de Controle Ambiental de Obras (PCA) está ligada à fase de planejamento, ou seja, a adoção de diretrizes ambientalmente adequadas durante a elaboração do Projeto Executivo do empreendimento.

Nesse sentido, cabe afirmar que os impactos da construção de uma rodovia sobre os recursos hídricos podem ser mitigados pela adoção de medidas que minimizem e controlem a mobilização de massas e efluentes, e que promovam a retenção desses materiais antes que atinjam os corpos d'água. Tais ações são previstas no Subprograma de Prevenção e Controle da Erosão e do Assoreamento.

5.2 IMPACTOS ESTIMADOS DURANTE A OPERAÇÃO


O empreendimento representará, para o sistema hidrogeológico, um incremento das áreas impermeabilizadas na faixa de domínio da rodovia, principalmente em função da pavimentação parcial das vias em si, mas também devido à construção de obras de arte e da compactação do solo pela movimentação de máquinas e veículos. Cita-se que um dos principais problemas associados à impermeabilização do solo refere-se à diminuição das áreas de infiltração, com consequente alteração do equilíbrio natural entre escoamento superficial e processos de percolação da água no solo.

Entretanto, para estes impactos, são previstas a construção de drenagens de captação da água meteórica proveniente da área impermeabilizada, com estruturas de controle e atenuação da velocidade de escoamento da água, evitando-se assim, processos erosivos e possibilitando a infiltração destas em outros setores não impermeabilizados.

Outro ponto importante a ser considerado associa-se ao aumento do tempo de concentração das bacias hidrográficas interceptadas, uma vez que irá ocorrer o aumento da velocidade do escoamento superficial, que tem como consequência o aumento dos riscos de inundações e de processos erosivos.

Cabe dizer que, apesar de se tratar de um impacto de baixa magnitude devido à pequena área a ser impermeabilizada em relação ao total das bacias hidrográficas interceptadas, ele é irreversível, sendo necessária a adoção de um conjunto de medidas mitigadoras para eventuais desdobramentos ambientais.

Também, durante a operação do empreendimento, ao longo de toda a rodovia, poderão ocorrer impactos associados ao desencadeamento de processos de dinâmica superficial tais como erosão, assoreamento e movimentações de terra.

 ROTA das Bandeiras	Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
		DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	42	/	59
		Título:				Ver.
			Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

Entre todos os impactos mencionados, o transporte de produtos químicos perigosos ou potencialmente poluidores trará riscos de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas nos casos de ocorrência de acidentes rodoviários ou de vazamentos e embora se tratar de impacto de caráter localizado, é grande o potencial de alcançar distâncias maiores por meio das redes de drenagem, em particular, nos trechos em que a rodovia se desenvolve sobre pontes e viadutos.

Além disso, essa contaminação possui potencial de contaminação da água subterrânea, em função da infiltração de substâncias em áreas de solo exposto, tais como canteiros centrais e laterais. Assim, é mister que sejam implantadas e mantidas as ações previstas no PROGRAMA DE CONTROLE AMBIENTAL DAS OBRAS (PCA), em especial no Subprograma de Monitoramento de Água, apresentados e aprovados quando do EIA/RIMA.

6. CONCLUSÃO


De acordo com os trabalhos realizados, pode-se concluir quanto à geologia da região na qual a área de interesse está inserida, que ocorrem solos de alteração da unidade litológica Varginha-Guaxupé e sedimentos consolidados do Subgrupo Itararé, na borda da Bacia do Paraná. Estas litologias se relacionam a dois sistemas de aquíferos nitidamente diferenciados pelas suas características geológicas: a Unidade Sedimentar denominada de Aquífero Tubarão; e a Unidade Cristalina (Aquífero Fraturado), formada por rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino.

Assim, com base nos estudos hidrogeológicos, pode-se inferir que a média da condutividade hidráulica para os sedimentos da formação é de $6,24 \times 10^{-4}$ cm/s, o nível d'água nos poços de monitoramento encontra-se entre 0,3 metros e 1,90 metros, sendo o aquífero local granular com direção preferencial de fluxo, de sudeste para noroeste e a velocidade de migração da água subterrânea de 8,20 m/ano e vulnerabilidade moderada a alta, classificada pela metodologia GOD.

Quanto à qualidade da água subterrânea, os resultados analíticos dos parâmetros inorgânicos revelaram alteração de sua qualidade, apenas nos poços PM-02 e PM-03, sendo estas alterações relacionadas aos metais alumínio, cobalto, ferro e manganês, podendo a presença dos metais alumínio, ferro e manganês ser atribuídas ao efeito colóide nas amostras coletadas.

Destaca-se que, de acordo com os resultados analíticos dos parâmetros orgânicos para as amostras de água subterrânea coletadas, não houve a detecção de compostos orgânicos voláteis (VOC), compostos orgânicos semivoláteis (SVOC) e de hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH).

Também, de acordo com os resultados analíticos obtidos, pode-se concluir que há anomalias ambientais nas águas superficiais da área de interesse, sendo estes impactos representados pela presença de chumbo total (amostras dos pontos 01, 02 e 03), fenóis (Ponto 01), fósforo (Ponto 03), manganês (Ponto 03), nitrogênio amoniacal (Ponto 3) e níquel total (amostras dos pontos 01, 02 e 03). Tais anomalias podem estar associadas às atividades antrópicas históricas e atuais desenvolvidas na região.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTAS DAS BANDEIRAS</small> <small>LOGOTIPO TRANSPORT</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	43	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

O empreendimento situa-se em local favorável em relação aos potenciais impactos ao sistema hidrogeológico, em região de baixo potencial hidrogeológico, de pouca ocorrência e uso dos recursos hídricos subterrâneos. O sistema hidrogeológico local apresenta baixa vulnerabilidade a impactos decorrentes de atividades superficiais, sugerindo assim, uma boa localização do empreendimento em relação aos riscos de impactos ambientais potenciais associados.

Quanto ao potencial de impacto durante a instalação do empreendimento, a realização de terraplenagem, supressão de vegetação, aterros, escavação, aberturas de novos acessos, assim como a estabilização de taludes e proteção de saias de aterro nas áreas de apoio, representam ações que irá induzir impactos indiretos de pouca significância no sistema hidrogeológico local (água subterrânea), mas com potencial de alto significância ao sistema hidrológico (água superficial). Entretanto, tais impactos podem ser controlados e evitados e, assim, para tanto, deverá ser dada especial atenção as medidas de controle e mitigação dos processos erosivos e de impermeabilização do terreno, de forma a evitar os processos erosivos e de assoreamento das drenagens superficiais.

Deve ser considerado que a implantação do empreendimento deverá ocorrer o aumento do tempo de concentração das bacias hidrográficas interceptadas, uma vez que irá ocorrer o aumento da velocidade do escoamento superficial, que tem como consequência o aumento dos riscos de inundações e de processos erosivos, sendo este impacto indireto e permanente. Entretanto, é previsto, nos programas de controle ambiental do empreendimento, ações de captação e controle de das drenagens, minimizando e evitando tais impactos.


Quando do início das obras, deverá ser implantadas e mantidas as ações previstas no PROGRAMA DE CONTROLE AMBIENTAL DAS OBRAS (PCA),

Quanto da operação do empreendimento (rodovia), a impermeabilização das áreas de rolamento dos veículos representará um impacto de qualificação negativa, direto, local e permanente na faixa de domínio da rodovia.

Cabe dizer que, apesar de se tratar de um impacto de baixa magnitude devido à pequena área a ser impermeabilizada em relação ao total das bacias hidrográficas interceptadas, ele é irreversível, sendo necessária a adoção de um conjunto de medidas mitigadoras para eventuais desdobramentos ambientais.

Também, durante a operação do empreendimento, ao longo de toda a rodovia, poderão ocorrer impactos associados ao desencadeamento de processos de dinâmica superficial tais como erosão, assoreamento e movimentações de terra. Especial atenção deve ser dada ao gerenciamento de acidentes de produtos perigosos transportados ao longo da rodovia, representando risco de contaminação do solo, água superficial e subterrânea. De forma a minimizar os riscos associados ao transporte de produtos perigosos, deverá ser observado e seguida as instruções contidas no Programa de Gerenciamento de Riscos para Administradores de Rodovias para o Transporte de Produtos Perigosos - PGR Rodovias da CETESB /SP (DD 154/2013/C).

Assim, conclui-se que, apesar de ser previstos impactos negativos potenciais e efetivos no sistema hidrogeológico local, de abrangência local, de baixa magnitude e significância, estes devem ser minimizados, ou mesmo evitados, através da adoção das ações previstas no Programa de Controle Ambiental associados ao empreendimento.

Cliente:  ROTA das Bandeiras	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	Título:			Ver.	
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	44	/	59
	Avaliação hidrogeológica		16/09/13		03

7. RECOMENDAÇÃO


Diante dos resultados obtidos, recomenda-se a adoção de medidas previstas no Programa de Controle Ambiental da Obra, com a implementação e manutenção de ações de controle e prevenção ambiental durante a execução das atividades de instalação e operação do empreendimento, de forma a evitar o carreamento de sedimentos para os cursos d'água, contaminação do sistema hidrogeológico ou mesmo a alteração de seu regime hídrico.

Assim, devem ser mantidas, durante o prazo de implantação e operação do empreendimento, as condições e metodologias de serviços adequados e conforme as normas técnicas brasileiras pertinentes, de forma a garantir a preservação ambiental, evitando impactos ambientais para todos os serviços sob sua responsabilidade.

De forma a controlar futuros impactos não previstos, deverão ser implementados e mantidos os programas de monitoramento especificados no EIA/RIMA, em especial aos de Prevenção e Controle da Erosão e do Assoreamento e de Monitoramento de Água da região diretamente afetada.


É importante destacar que todas as ocorrências, de origem natural ou antrópica, na faixa de domínio da rodovia, tais como abatimentos, erosões, escorregamentos, derramamento de produtos perigosos, que estiverem provocando danos ambientais deverão ser recompostos e/ou eliminados.

Para atendimento dessas ocorrências de acidentes de veículos que transitam na via, deverá ser seguido o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) e seu respectivo Plano de Ação Emergencial (PAE) para o transporte de Produtos Perigosos no Sistema Viário da malha viária, protocolado no Setor de Atendimento a Emergência (CEEQ) da CETESB, sendo sua aprovação publicada no final de 2011, por meio do Ofício 599/11/IE.


Ciente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS ORGANIZADOR TRANSPORT</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	45	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- ABGE, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (1996) – “Ensaio de Permeabilidade em Solos”. Boletim no 04 da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 3ª edição, 34 p.
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin. An. Acad. Bras. Ciências, 48:15-26.
- ALMEIDA, F.F.M. de; BRITO NEVES, B.B.; CARNEIRO, C.D.R. (2000). The origin and evolution of the South American Platform. Earth-Science Reviews, Amsterdam, v. 50, n. 1-2, p. 77-111.
- ALMEIDA, F.F.M. et al. (1981), Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. São Paulo: IPT, 1981. v.1, p.12-45.
- ASMUS, H.E. & FERRARI, A.L. 1980. Diferenças nos estágios iniciais da evolução da margem continental brasileira: possíveis causas e implicações. XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário de Camboriú, Anais..., V. (2):225-239.
- BATISTA, J.J.; SIMÕES, L.S.A.; OLIVEIRA, M.A.F. de; SOUZA FILHO, E.E. de (1986). Carta Geológica do Estado de São Paulo (1:50.000): Folha Jundiaí. Rio Claro: UNESP; Pró-Minério, v.1, 115 p. (Relatório Final).
- BISTRICHI, C. A. et al. (1981). Mapa Geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500.000. In: ALMEIDA, F. F. M. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. escala 1: 500.000, texto. IPT- Publicação 1184, Série Monografias, 6, São Paulo, IPT, 2v.,.
- CAVALCANTE, I.N. (1990). Estudo Hidrogeológico de Terreno Cristalino com Manto de Intemperismo: área piloto de Atibaia (SP). 1990. 123f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CAVALCANTE, I.N.; REBOUÇAS, A.C. (1992). Estudo hidrogeológico do Município de Atibaia, Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: ABAS, p.148-53.
- CETESB (2005) (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) – “Valores Orientadores de Solo e Água Subterrânea no Estado de São Paulo”. Valores revisados publicados no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 01/12/2005.
- CETESB (2005) (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) - Decisão de Diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005.
- CETESB, 2001 (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) – Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solo e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. Série Relatórios Ambientais.
- CETESB, 2006 (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) – “Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo”. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>GOVERNHO DO PARANÁ</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	46	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

- DAEE, 2013 - Banco de dados pluviométricos da região de São Paulo, contidos na página eletrônica do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (<http://www.daee.sp.gov.br>).
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - (1972).. Estudo de Águas Subterrâneas. São Paulo, 1972.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - (1981a). Estudo de Águas Subterrâneas, Região Administrativa 5 (Campinas), SP. São Paulo, SP. DAEE, 2v.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - (1981b).. Estudo de Águas Subterrâneas, Região Administrativa 4 (Sorocaba), SP. São Paulo, SP. DAEE, 2v.
- DIOGO, A.; BERTACHINI, A.C.; CAMPOS, H.C.N.S.; SILVA, R.B.G. (1984). Estudo preliminar das características hidráulicas e hidroquímicas do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., São Paulo. Atas... São Paulo: SBG-Núcleo São Paulo, 1984. p. 359-364
- DIOGO, A.; BERTACHINI, A.C.; CAMPOS, H.C.N.S.; SILVA, R.B.G. (1984). Estudo preliminar das características hidráulicas e hidroquímicas do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., São Paulo. Atas... São Paulo: SBG-Núcleo São Paulo, 1984. p. 359-364.
- EBERT, H. Ocorrências da fácies granulítica no sul de Minas e áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre sua origem. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 40, supl., p. 215-229, 1968
- FERNANDES, A.J. (1997). Tectônica Cenozóica na Porção Média da Bacia do Rio Piracicaba e sua Aplicação à Hidrogeologia. 1997. 244f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FERNANDES, A.J.; RUDOLPH, D.L.(2001). The influence of Cenozoic tectonics on the groundwater production capacity of fractured zones: a case study in São Paulo, Brazil. Hydrogeology Journal, New York, v. 9, n. 2, p. 151-167.
- Fetter, C.W., 1993 - Contaminant Hydrogeology, New York: Macmillan P. Company, 458 p.
- Fetter, C.W., 1994 – Applied Hydrogeology, 3rd ed. New York: Macmillan P. Company, 691 p.
- FIORI, A. P. & COTTAS, L. R. (1980). Divisão faciológica do Grupo Itararé no nordeste do Estado de São Paulo. SBG, An...XXXI Congr. Bras. Geol. Camboriú, Bol. 2 (resumos) p. 360.
- FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A ,1979 – Groundwater, 1ª ed, N. Jersey, Prentice Hall, p 37.
- HASUI, Y.; HARALYI, N.L.E.; COSTA, J.B.S. (1993) A megaestruturação pré-cambriana do território brasileiro com base em dados geofísicos e geológicos. Geociências, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 7-31.
- HASUI, Y.; HARALYI, N.L.E.; MIOTO, J.A. et al. (1989). Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT, 2v. (Relatório n. 27.394).

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	47	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

- INSTITUTO GEOLÓGICO - IG (1993), Cartas Geológicas e Geotécnicas para o Planejamento Ambiental na Região de Campinas - Subsídios do Meio Físico Geológico ao Planejamento do Município de Campinas", elaborado pelo na escala 1: 50.000.
- INSTITUTO GEOLÓGICO - IG (1993), Cartas Geológicas e Geotécnicas para o Planejamento Ambiental na Região de Campinas - Subsídios do Meio Físico Geológico ao Planejamento do Município de Campinas", elaborado pelo na escala 1: 50.000.
- IPT (1981) – "Mapa Geológico do Estado de São Paulo". Escala 1: 100.000. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.
- IPT/ FAPESP (1997). Mapas 1:500.000 e Relatório. Laboratório de Geomorfologia - Depto. Geografia -FFLCH -USP/ Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada São Paulo.
- LANDIM, P. M. B. e SOARES, P. C. (1979). Mapeamento faciológico do Subgrupo Tubarão. Convênio DAEE-UNESP Rel. final.
- LOPES, M. F. C. 1994. Condições de ocorrência de água subterrânea nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari. São Paulo, 83p. (Dissertação de Mestrado, UNICAMP).
- MILANI, E.J.; FRANÇA, A.B.; SCHNEIDER, R.L. (1994). Bacia do Paraná. Geociências, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p. 69-82.
- NEVES, M.A. (1999). Evolução Cenozóica da Região de Jundiaí - SP (1999).. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 135 f.
- NEVES, M.A.; MORALES, N; BORGES, M.S.; EBERT, H.D. (2003). Compartimentação morfotectônica da região de Jundiaí (SP). Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 4, n. 32, p. 167-176.
- PONÇANO, W.L. (1981). As coberturas cenozóicas. In: ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L. et al. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, 1:500.000. São Paulo: IPT. v.1, p. 82-96. (Publicação IPT 1184. Monografias 6).
- SANTORO, E. (1985). Geologia da Folha Cabreúva (SP). (1985). 114 f. Dissertação (Mestrado em Mineralogia e Petrologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. (1984). Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília: DNPM, 501 p.
- SEPE, P.M. (1990). Comportamento do Aquífero Itararé no Município de Piracicaba e Áreas Vizinhas. Rio Claro. 182p. Instituto de Geociências/UNESP (Dissertação de Mestrado).
- STEVAUX, J.C.; SOUZA FILHO, E.E.de; TEIXEIRA, J.A.; LANDIM, P.M.B. (1987) Sistemas deposicionais do Sub-Grupo Itararé na bacia hidrográfica do baixo rio Capivari, SP: um modelo para prospecção de água subterrânea. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6., 1987, São Paulo. Atas... São Paulo: SBG-Núcleo São Paul. v.1, p. 355-374.

Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras GEOPARK TRANSPAULISTA	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	48	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03

- U.S. Environmental Protection Agency (1997) - Exposure factors Handbook, Volume 1, General Factors. Office of Research and Development. EPA/600/P-95/002FA. Washington, D.C. August.
- VIDAL, A.C. 2002. Estudo Hidrogeológico do Aquífero Tubarão na área de afloramento da porção central do Estado de São Paulo. Rio Claro. 122p. Instituto de Geociências/UNESP (Tese de Doutorado).
- YOSHINAGA-PEREIRA, S. (1996). Proposta de representação cartográfica na avaliação hidrogeológica para o estudo de planejamento e meio ambiente, exemplo da região metropolitana de Campinas-SP. São Paulo 190p (Tese de Doutorado, IG/USP).

9. **ANEXO**

ANEXO I – ART correspondente ao trabalho.

ANEXO II – Certificado de calibração do equipamento de medição de volátil.

ANEXO III – Mapa de localização das atividades.

ANEXO IV – Perfil litológico e construtivo das sondagens e poços de monitoramento.

ANEXO V – Cadeias de Custódia (Chain of Custody).


ANEXO VI – Mapa geológico.

ANEXO VII – Geomorfologia do terreno.

ANEXO VIII – Mapa potenciométrico.


ANEXO IX – Ensaio de permeabilidade.

ANEXO X – Laudos analíticos.

 ROTA das Bandeiras	Cliente:	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
		DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	49	/	59
		Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03


ANEXO I

ART do trabalho

Cliente:	Documento N°.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>ORGANIZADOR - TRANSPORT</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	50	/	59
	Título:				Ver.
	Avaliação hidrogeológica		16/09/13		03


ANEXO II

Certificado de calibração do equipamento de medição de volátil

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>ORGANIZADOR - TRANSPORT</small>	Documento N°.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	51	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03


ANEXO III

Mapa de localização das atividades

Cliente:	Documento N°.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTARY TRANSPORT</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	52	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03


ANEXO IV

Perfil litológico e construtivo das sondagens e poços de monitoramento

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTAS DAS BANDEIRAS</small> <small>ORGANIZADOR - TRANSPORTE</small>	Documento N°.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	53	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03


ANEXO V

Cadeias de Custódia (Chain of Custody)

Cliente:	Documento N°.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS GEOSCIENCE TRANSPORT</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	54	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03


ANEXO VI

Mapa Geológico

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS COOPERATIVAS DE TRANSPORTE</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	55	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03


ANEXOVII

Geomorfologia da área

Cliente:	Documento N°.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS GEOTOURISM - TRANSPORT</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	56	/	59
	Título:				Ver.
	Avaliação hidrogeológica		16/09/13		03


ANEXO VIII

Mapa potenciométrico

Cliente:	Documento N°.	Projeto:	Folha:		
 ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>ORGANIZADOR - TRANSPORT</small>	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	57	/	59
	Título:				Ver.
		Avaliação hidrogeológica	16/09/13		03


ANEXOIX

Ensaio de permeabilidade

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTA DAS BANDEIRAS</small> <small>ORGANIZADOR - TRANSPORTE</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	58	/	59
	Título:	Avaliação hidrogeológica	16/09/13		Ver. 03

ANEXO

Laudos anlíticos

Cliente:  ROTA das Bandeiras <small>ROTAS DAS BANDEIRAS COOPERATIVAS DE TRANSPORTE</small>	Documento Nº.	Projeto:	Folha:		
	DOC 01	PRJ130602 Rota das Bandeiras	59	/	59
	Título:			Ver.	
Avaliação hidrogeológica			16/09/13		03