APÊNDICE B – SONDAGENS GEOFÍSICAS

TECGEOFÍSICA

EXECUTADO PARA: **Cons· rcio Iguatemi - KL Barragem de Botuver§**

PROJETO: Geotecnia

LOCAL: Rio Itajaí-Mirim - Botuverá, SC

T£C. RESPONSĆVEL: Ge· logo Fernando da Fontoura Xavier

Março de 2014



ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO.....3

2 – GEOLOGIA.....4

3 – GEOFÍSICA.....4

4 – ESTUDOS GEOELÉTRICOS.....7

4.1 – EIXO PROPOSTO EP 02.....8

4.2 – EIXO PROPOSTO EP 03.....11

4.3 – EIXO PROPOSTO EP 04.....13

5 – CONCLUSÕES.....16

6 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....18

7 – ANEXOS.....19

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório visa apresentar os resultados da aplicação da Sondagem Geofísica (Eletrorresistividade) realizada com objetivo principal de se obter os perfis do subsolo (solo, água e rocha) até uma profundidade de 30m.

Os aspectos geológicos e geotécnicos foram observados com o intuito de colaborar na análise de 03 eixos previamente locados para a execução de projetos de instalação de uma barragem, denominada Barragem de Botuverá. A área estudada localiza-se no Rio Itajaí-Mirim, Município de Botuverá, SC, distando aproximadamente 12 km da região central do mesmo município.

Os trabalhos de Sondagem Geofísica ocorreram dentro de um contexto de trabalho integrado, envolvendo também levantamento de dados já existentes. Os resultados serão apresentados a seguir através de perfis geológicos, texto explicativo e mapa de localização.



Figura 01 – Vista Geral da Área Estudada – Rio Itajaí-Mirim.

2 - GEOLOGIA

A bibliografia especializada ressalta que, antes de se iniciar uma campanha de ensaios geoelétricos é necessário algum conhecimento geológico, para que, mesmo antes da execução dos ensaios, se possa conceber um modelo geoelétrico preliminar do local, o qual será fundamental para o planejamento dos trabalhos.

Segundo Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina (CPRM, 1994), escala 1:50.000, geologicamente têm-se a ocorrência de rochas Carbonáticas do Complexo Brusque. Calcários calcíticos, dolomíticos e margas, laminados e com fina microgradação, metamorfizados na fácies xisto-verde inferior, constituindo mármores e calcifilitos.

3 – GEOFISICA

Para os estudos de sondagem geofísica foi utilizado o método da Eletrorresistividade. Os locais onde foram realizados os estudos geofísicos foram determinados pelos técnicos da contratante e demarcados na área através de estacas. Foram realizados cinco (05) caminhamentos elétricos (CE) e seis (06) Sondagens Elétricas Verticais (SEV).

Este método emprega uma corrente elétrica artificial que é introduzida no terreno através de dois eletrodos (denominados de A e B), com objetivo de medir o potencial gerado em outros dois eletrodos (denominados M e N) nas proximidades do fluxo de corrente, permitindo assim calcular a resistividade real ou aparente em subsuperfície. A resistividade elétrica relaciona-se aos mecanismos de propagação de corrente elétrica nos materiais.

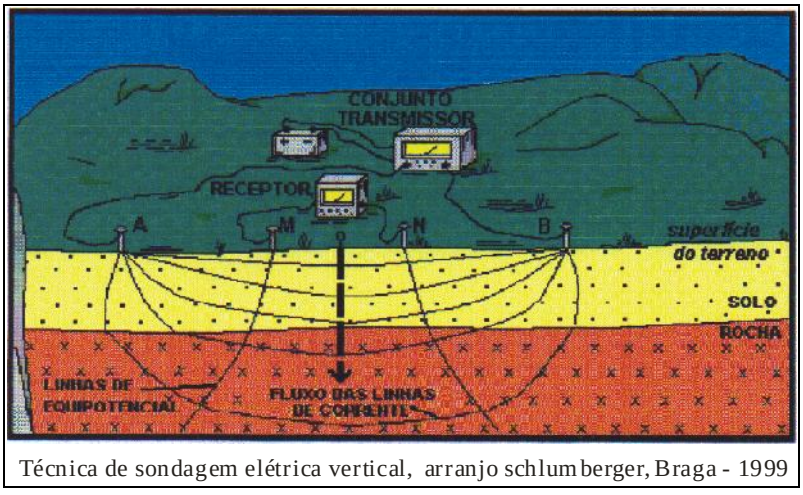
Em geral, a propagação de corrente elétrica em solos e rochas se dá devido ao deslocamento de íons dissolvidos na água contida nos poros e fissuras, sendo afetada principalmente pela composição mineralógica, porosidade, teor em água e quantidade e natureza dos sais dissolvidos. Segundo Elis, 2004, estas condições é que possibilitam a aplicação da eletrorresistividade em estudos hidrogeológicos.

O equipamento utilizado – RESISTIVÍMETRO consiste, basicamente, de uma fonte controlada para emissão de corrente elétrica e medidores para a corrente e a diferença de potencial gerada. A potência da fonte aqui utilizada foi de 200 Watts.

Existem duas técnicas básicas para aplicação do método, aquela destinada a exploração horizontal/lateral, o Caminhamento Elétrico - CE e outra, destinada a investigação vertical, a Sondagem Geofísica Elétrica – SEV. A análise e interpretação dos resultados foram feitas com auxílio do *software* IX1D v.2.

Sondagem Elétrica Vertical – SEV

Esta técnica é aplicada quando se deseja uma informação pontual com observação da variação vertical da resistividade. O arranjo de campo escolhido é o denominado Schlumberger (por ser o mais utilizado/recomendado na literatura) onde os eletrodos de corrente são regular e simetricamente expandidos com relação ao ponto investigado (Figura 01). Os valores de resistividade aparente são calculados fornecendo a curva de resistividade aparente, a qual é interpretada quantitativamente, através da inversão e do *software* IX1D v.2. Os resultados possibilitam a associação das camadas geoelétricas à estratos geológicos – variação do perfil litológico.



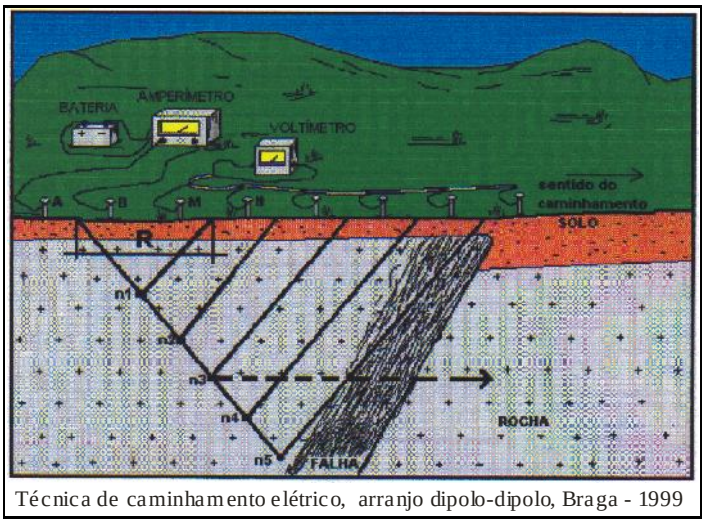
Técnica de sondagem elétrica vertical, arranjo schlumberger, Braga - 1999

Figura 02 - Croqui esquemático da prática da Sondagem Elétrica Vertical - SEV

Caminhamento Elétrico - CE

A técnica do Caminhamento Elétrico, ao contrário da SEV, tem como objetivo a investigação horizontal a uma ou várias profundidades aproximadamente constantes com medidas efetuadas ao longo dos perfis. Isso é obtido fixando-se um espaçamento de eletrodos e caminhando-se com os mesmos ao longo de perfis efetuando as medidas de resistividade aparente – Arranjo dipolo – dipolo (Fig. 02). Tem por objetivo a definição das variações laterais da resistividade em subsuperfície, encontrando grande aplicação no mapeamento de contatos geológicos, identificação de zonas de falhas e fraturas.

Segundo Gallas (2000), a grande vantagem da utilização deste arranjo é o fato de se tratar de um arranjo simétrico, sendo mais fácil a interpretação de uma pseudo-seção, principalmente para se determinar com segurança a posição de uma anomalia. Os dados sofrem, o que se chama de inversão geofísica, e são interpretados, neste trabalho, pelo *software* *RES 2D INV*.



Técnica de caminhamento elétrico, arranjo dipolo-dipolo, Braga - 1999

Figura 03 – Croqui esquemático da prática do Caminhamento Elétrico - CE

4 – ESTUDOS GEOELÉTRICOS

Nesta etapa identificamos os locais para os ensaios de sondagem geofísica elétrica sendo determinados na proposta de trabalho e localizados em campo através de mapa topográfico e estacas previamente locadas.

As interpretações geológicas se basearam na forma/geometria da curva de resistividade, nos valores de resistividade indicados pela bibliografia e experiências anteriores.

Foram realizados estudos geoelétricos de Caminhamento Elétrico e Sondagem Elétrica Vertical nas Margens do Rio Itajaí-Mirim ao longo dos eixos projetados pela contratante, denominados EP-02, EP-03 e EP-04. Os Caminhamentos Elétricos (CEs) foram realizados no sentido perpendicular ao rio de modo cobrir a área destinada a construção da barragem. O arranjo de eletrodos utilizado para todos os CEs é o Dipolo – Dipolo com espaçamento de 10m e dez (10) níveis de investigação podendo, neste arranjo, atingir até 30m de profundidade.

As Sondagens Elétricas Verticais – SEVs foram plotadas nas margens direita e esquerda do rio Itajaí-Mirim gerando novas informações como também calibrar-mos as Interpretações.

Foram realizadas três (03) SEVs na margem esquerda e três (03) SEVs na margem direita. O AB máximo (que baliza a profundidade investigada) teve 120 (30m de profundidade ±1/4 do AB).

As interpretações se basearam na forma/geometria da imagem elétrica, nos valores de resistividade indicados pela bibliografia, sondagens diretas realizadas e experiências anteriores. A classificação geotécnica quanto a qualidade dos maciços rochosos segue a orientação do IPT - SP, que considera os estados da rocha como alterada mole (RAM), alterada dura (RAD) ou sã (RS).

Abaixo segue tabela orientativa quanto as características da rocha nos seus diversos estados de alteração.

Siglas	Denominações	Características da Rocha
A1 W1 RS	Rocha sã ou praticamente sã	Aapresenta minerais primários sem vestígios de alterações físicas e químicas incipientes Neste caso, a rocha é ligeiramente descolorida.
A2 W2 RAD	Rocha medianamente alterada	Apresenta minerais medianamente alterados e a rocha é bastante colorida.
A3 W3 RAM	Rocha muito alterada	Apresenta minerais muito alterados, por vezes pulverolentos e friáveis.
A4 W4 REA	Rocha extremamente	Apresenta minerais totalmente alterados e a rocha é intensamente descolorida, gradando para cores de solo.

Figura 04 - Tabela de graus de alteração (IPT, 1984)

4.1– Eixo Proposto 02 - *EP02*

4.1.1 - Imageamento Elétrico - 2D

O imageamento elétrico 2D compreende o estudo dos materiais em profundidade propiciando uma vista (parcial) em perfil da área, isto se dá com as imagens dos Caminhamentos Elétricos - CEs. As interpretações dos CEs foram realizadas com auxílio do *software RES 2D INV* e, na área em estudo, partiu de um modelo *a priori*, evoluindo-se para modelos de trabalho e modelos finais.

Os CEs tiveram como principal objetivo a identificação das camadas geoelétricas e zonas anômalas que possam caracterizar a presença de estruturas geológicas (falhas/fraturas/contatos, etc.). Nas figuras em anexo são apresentadas às seções modeladas de resistividade, obtidas pela inversão que ajusta os dados de resistividade aparente medidas em campo. Foram realizados nas margens (MD e ME), já que as condições de travessia do rio Itajaí-Mirim, realizando a sondagem geofísica, foi considerada de risco elevado, colocando em a integridade do operador e seus auxiliares. Tecnicamente também poderia haver perdas por ruídos externos, tanto na cravação (em rocha) como na aquisição dos dados nestes locais.

As seções de resistividade, tanto a MD como a ME mostraram duas camadas geoelétricas, ambas relacionadas com o material rochoso e seus estados de alteração. A

primeira menos resistiva correspondendo ao material rochoso como rocha alterada dura - RAD. A segunda camada mais resistiva que a primeira corresponde ao material rochoso pouco alterado considerado como rocha sã - RS.

As imagens ainda indicaram as principais estruturas geológicas presentes, como falhas/fraturas (verticais e horizontais). São detectadas por descontinuidades nas imagens com geometria definida, geralmente estão associadas a quebras abruptas ou suaves nos valores de resistividade. Cabe ainda ressaltar as estruturas horizontais, detectadas pelas imagens elétricas, definem em parte, a geometria em degraus. Já as verticais ficam marcadas pela queda abrupta do relevo, formando verdadeiros paredões rochosos.

4.1. 2 - Sondagem Elétrica Vertical – SEV

Foram realizadas duas (02) Sondagens Elétricas Verticais (SEV 02 ME e SEV 02 MD) com a finalidade de conhecermos o subsolo sob o Rio Itajaí-Mirim, já que foram realizadas nas suas margens. Assim podemos calibrar os resultados dos caminhamentos geoelétricos, definir a presença do lençol freático e classificar o material rochoso (RAM, RAD e RS).

As interpretações das Sondagens Elétricas Verticais foram feitas com auxílio do *software IX 1D* e, na área em estudo, partiu de um modelo *a priori*, evoluindo-se para modelos de trabalho e modelos finais.

Com base nos procedimentos de interpretação, o modelo de **três (SEV 02-ME)** e **quatro estratos (SEV 02-MD)** foi o que melhor se ajustou as curvas, possuindo a seguinte sequência geoelétrica:

- Primeira Camada – resistente eletricamente, correspondendo ao solo transportado (Colúvio/tálus) seco, com eventual bloco de rocha associado. Espessura média de: 0,85m.

- Segunda Camada – pouco resistente a condutora, correspondendo ao solo de alteração (presente somente na SEV da MD), espessura de: 1,9m, estando parcialmente saturado.

- Terceira Camada – pouco resistente a condutora, correspondendo ao material rochoso (Complexo Brusque) alterado (RAD) espessura varia de 5,4 na MD a 20,0m na ME dependendo da porção que se encontra a estrutura geológica, estando saturado na maioria dos casos.

- Quarta Camada – resistente correspondendo ao material rochoso (Complexo Brusque) pouco alterado RS, sendo a última camada investigada.

Naturalmente, nas diferentes sondagens, uma ou mais dessas camadas podem se apresentar sobrepostas ou suprimidas. O nível do lençol freático, quando observado, foi plotado no perfil geológico de cada SEV, em média ficou em 1,0m de profundidade.

4.1. 3 – Perfil Geotécnico EP 02 (CEs EP-02, SEV 02-MD e SEV 02-ME)

Com os dados dos CEs, das SEVs e da topografia, confeccionamos um perfil geotécnico. Neste podemos observar a predominância do material rochoso, como também das estruturas geológicas (bastante proeminentes) tanto verticais como horizontais (sub-horizontais). Estas são bastante comuns em todas as rochas do Complexo Brusque, neste caso específico não configura condição geológica negativa quanto a instalação de uma barragem.

Estruturas do tipo “cavernas” ou cavidades não foram detectadas neste perfil e ainda, a predominância do estado do material rochoso pouco alterado - RS é também observada. O sentido e o local de maior fluxo subterrâneo foram assinalados no perfil através de setas indicando o “caminho” preferido da água subterrânea. Assim o Perfil buscou reunir todas as informações do local para sua confecção, permitindo uma visão continua do local estudado.

4.2– Eixo Proposto 03 – *EP03*

4.2.1 - Imageamento Elétrico - 2D

O imageamento elétrico 2D compreende o estudo dos materiais em profundidade propiciando uma vista (parcial) em perfil da área, isto se dá com as imagens dos Caminhamentos Elétricos - CEs. As interpretações dos CEs foram realizadas com auxílio do *software RES 2D INV* e, na área em estudo, partiu de um modelo *a priori*, evoluindo-se para modelos de trabalho e modelos finais.

Os CEs tiveram como principal objetivo a identificação das camadas geoelétricas e zonas anômalas que possam caracterizar a presença de estruturas geológicas (falhas/fraturas/contatos, etc.). Nas figuras em anexo são apresentadas às seções modeladas de resistividade, obtidas pela inversão que ajusta os dados de resistividade aparente medidas em campo. Foram realizados nas margens (MD e ME), já que as condições de travessia do rio Itajaí-Mirim, realizando a sondagem geofísica, foi considerada de risco elevado, colocando em a integridade do operador e seus auxiliares. Tecnicamente também poderia haver perdas por ruídos externos, tanto na cravação (em rocha) como na aquisição dos dados nestes locais.

As seções de resistividade, tanto a MD como a ME mostraram duas camadas geoelétricas, ambas relacionadas com o material rochoso e seus estados de alteração. A primeira menos resistiva correspondendo ao material rochoso como rocha alterada dura - RAD. A segunda camada mais resistiva que a primeira corresponde ao material rochoso pouco alterado considerado como rocha sã - RS.

As imagens ainda indicaram as principais estruturas geológicas presentes, como falhas/fraturas (verticais e horizontais). São detectadas por descontinuidades nas imagens com geometria definida, geralmente estão associadas a quebras abruptas ou suaves nos valores de resistividade. Cabe ainda ressaltar as estruturas horizontais, detectadas pelas imagens elétricas, definem em parte, a geometria em degraus. Já as verticais ficam marcadas pela queda abrupta do relevo, formando verdadeiros paredões rochosos.

4.2. 2 - Sondagem Elétrica Vertical – SEV

Foram realizadas duas (02) Sondagens Elétricas Verticais (SEV 03 ME e SEV 03 MD) com a finalidade de conhecermos o subsolo sob o Rio Itajaí-Mirim, já que foram realizadas nas suas margens. Assim podemos calibrar os resultados dos caminhamentos geoelétricos, definir a presença do lençol freático e classificar o material rochoso (RAM, RAD e RS).

As interpretações das Sondagens Elétricas Verticais foram feitas com auxílio do *software IX 1D* e, na área em estudo, partiu de um modelo *a priori*, evoluindo-se para modelos de trabalho e modelos finais.

Com base nos procedimentos de interpretação, o modelo de **três (SEV 03-ME)** e **quatro estratos (SEV 03-MD)** foi o que melhor se ajustou as curvas, possuindo a seguinte sequência geoelétrica:

- Primeira Camada – resistente eletricamente, correspondendo ao solo transportado (Colúvio/tálus) seco, com eventual bloco de rocha associado. Espessura média de: 1,35m.

- Segunda Camada – pouco resistente a condutora, correspondendo ao solo de alteração (presente somente na SEV da MD), espessura de: 3,3m, estando parcialmente saturado.

- Terceira Camada – pouco resistente a condutora, correspondendo ao material rochoso (Complexo Brusque) alterado (RAD) espessura varia de 3,7 na MD a 14,9m na ME dependendo da porção que se encontra a estrutura geológica, estando saturado na maioria dos casos.

- Quarta Camada – resistente correspondendo ao material rochoso (Complexo Brusque) pouco alterado RS, sendo a última camada investigada.

Naturalmente, nas diferentes sondagens, uma ou mais dessas camadas podem se apresentar sobrepostas ou suprimidas. O nível do lençol freático, quando observado, foi plotado no perfil geológico de cada SEV, em média ficou em 2,0m de profundidade.

4.2. 3 – Perfil Geotécnico EP 03 (CEs -EP-03, SEV 03-MD e SEV 03-ME)

Com os dados dos CEs, das SEVs e da topografia, confeccionamos um perfil geotécnico. Neste podemos observar a predominância do material rochoso, como também das estruturas geológicas (bastante proeminentes) tanto verticais como horizontais (sub-horizontais). Estas são bastante comuns em todas as rochas do Complexo Brusque, neste caso específico não configura condição geológica negativa quanto a instalação de uma barragem.

Estruturas do tipo “cavernas” ou cavidades não foram detectadas neste perfil e ainda, é também observada a distribuição uniforme no estado do material rochoso, sendo parcialmente alterado duro - RAD a parcialmente pouco alterado – RS, sem o predomínio de um sobre o outro. O sentido e o local de maior fluxo subterrâneo foram assinalados no perfil através de setas indicando o “caminho” preferido da água subterrânea. Assim o Perfil buscou reunir todas as informações do local para sua confecção, permitindo uma visão continua do local estudado.

4.3– Eixo Proposto 04 – *EP04*

4.3.1 - Imageamento Elétrico - 2D

O imageamento elétrico 2D compreende o estudo dos materiais em profundidade propiciando uma vista (parcial) em perfil da área, isto se dá com as imagens dos Caminhamentos Elétricos - CEs. As interpretações dos CEs foram realizadas com auxílio do *software RES 2D INV* e, na área em estudo, partiu de um modelo *a priori*, evoluindo-se para modelos de trabalho e modelos finais.

Os CEs tiveram como principal objetivo a identificação das camadas geoelétricas e zonas anômalas que possam caracterizar a presença de estruturas

geológicas (falhas/fraturas/contatos, etc.). Nas figuras em anexo são apresentadas às seções modeladas de resistividade, obtidas pela inversão que ajusta os dados de resistividade aparente medidas em campo. Diferentemente dos demais eixos estudados (EP-02 e EP-03) este foi realizado por inteiro atravessando o Rio Itajaí-Mirim, em um perfil somente, já que as condições de travessia do rio Itajaí-Mirim, neste local, foi considerada de risco baixo, dando condições físicas e técnicas para tal.

A seção de resistividade mostrou como nas demais, duas camadas geoelétricas, ambas relacionadas com o material rochoso e seus estados de alteração. A primeira menos resistiva correspondendo ao material rochoso como rocha alterada dura - RAD. A segunda camada mais resistiva que a primeira corresponde ao material rochoso pouco alterado considerado como rocha sã - RS.

As imagens ainda indicaram as principais estruturas geológicas presentes, como falhas/fraturas (verticais e horizontais). São detectadas por descontinuidades nas imagens com geometria definida, geralmente estão associadas a quebras abruptas ou suaves nos valores de resistividade. Cabe ainda ressaltar as estruturas horizontais, detectadas pelas imagens elétricas, definem em parte, a geometria em degraus. Já as verticais ficam marcadas pela queda abrupta do relevo, formando verdadeiros paredões rochosos.

4.3. 2 - Sondagem Elétrica Vertical – SEV

Foram realizadas duas (02) Sondagens Elétricas Verticais (SEV 04 ME e SEV 04 MD) com a finalidade de conhecermos o subsolo sob o Rio Itajaí-Mirim, já que foram realizadas nas suas margens. Assim podemos calibrar os resultados dos caminhamentos geoelétricos, definir a presença do lençol freático e classificar o material rochoso (RAM, RAD e RS).

As interpretações das Sondagens Elétricas Verticais foram feitas com auxílio do *software IX 1D* e, na área em estudo, partiu de um modelo *a priori*, evoluindo-se para modelos de trabalho e modelos finais.

Com base nos procedimentos de interpretação, o modelo de **três (SEV 04-MD)** e **quatro estratos (SEV 04-ME)** foi o que melhor se ajustou as curvas, possuindo a seguinte sequência geoelétrica:

- Primeira Camada – resistente eletricamente, correspondendo ao solo transportado (Colúvio/tálus) seco, com eventual bloco de rocha associado. Espessura média de: 1,4m.

- Segunda Camada – pouco resistente a condutora, correspondendo ao solo de alteração (presente somente na SEV da ME), espessura de: 2,5m, estando parcialmente saturado.

- Terceira Camada – pouco resistente a condutora, correspondendo ao material rochoso (Complexo Brusque) alterado (RAD) espessura varia de 13,6 na MD a 14,5m na ME dependendo da porção que se encontra a estrutura geológica, estando saturado na maioria dos casos.

- Quarta Camada – resistente correspondendo ao material rochoso (Complexo Brusque) pouco alterado RS, sendo a última camada investigada.

Naturalmente, nas diferentes sondagens, uma ou mais dessas camadas podem se apresentar sobrepostas ou suprimidas. O nível do lençol freático, quando observado, foi plotado no perfil geológico de cada SEV, em média ficou em 2,0m de profundidade.

4.3. 3 – Perfil Geotécnico EP 04 (CE EP-04, SEV 04-MD e SEV 04-ME)

Com os dados dos CEs, das SEVs e da topografia, confeccionamos um perfil geotécnico. Neste podemos observar a predominância do material rochoso, como também das estruturas geológicas (bastante proeminentes) tanto verticais como horizontais (sub-horizontais). Estas são bastante comuns em todas as rochas do Complexo Brusque, neste caso específico não configura condição geológica negativa quanto a instalação de uma barragem.

Estruturas do tipo “cavernas” ou cavidades não foram detectadas neste perfil e ainda, é também observada a predominância do material rochoso alterado duro - RAD. O sentido e o local de maior fluxo subterrâneo foram assinalados no perfil através de setas indicando o “caminho” preferido da água subterrânea. Assim o Perfil buscou reunir todas as informações do local para sua confecção, permitindo uma visão continua do local estudado.

5 – CONCLUSÕES

1. A área estudada esta inserida no contexto geológico do Complexo Brusque sendo composto por sequência calcária, pelítica, folhelhos. São rochas metamórficas com abundates estruturas geológicas (falhas/fraturas/cavidades);

2. As interpretações geológicas dos imageamentos elétricos 2D tiveram como base a geologia da área, as faixas de resistividade e a forma geométrica das imagens. Identificaram duas camadas geoelétricas, relacionadas com o estado de alteração dos materiais rochosos. As imagens ainda indicaram as principais estruturas geológicas presentes. A figura que resume as principais características geológicas / geotécnicas são os Perfis Geotécnicos dos Eixos estudados. O Eixo EP 02 indica uma condição geotécnica, baseado nas estruturas geológicas e no estado de alteração do material rochoso, mais adequada que os demais Eixos estudados (EP 03 e EP 04). Possui um perfil rochoso onde as estruturas não são tão proeminentes como nos demais, além disto, quanto menos alterado esta o material rochoso, melhores são as condições geotécnicas. Estruturas do tipo “Caverna / Cavidades” não foram observadas em nenhum dos eixos estudados, confirmando em parte as visitas técnicas que indicavam os materiais rochosos mais relacionados com pelítos e folhelhos ao invés dos termos calcários, mais propícios a estas estruturas.

3. Os resultados da SEV mostraram uma heterogeneidade nos modelos geoelétricos obtidos, sobretudo em relação as camadas mais superficiais. Com base nos procedimentos de interpretação, o modelo de quatro estratos foi o que melhor se ajustou as curvas, sendo a primeira classificada como solo transportado, a segunda como solo de alteração, a terceira como rocha alterada dura (RAD) e a quarta como rocha sã (RS). O nível do lençol freático em média ficou em 2,0m de profundidade.

4. Com base nestes resultados podemos inferir que a cobertura é maior na margem esquerda que na margem direita, no eixo EP 02, as fraturas estão bem distribuídas tanto na Margem Direita como na Esquerda. Na área da Barragem observa-se que a geometria da margem direita é mais abrupta, consequentemente menor cobertura.

5. Os valores de resistividade encontrados para os materiais são compatíveis com os indicados na bibliografia especializada. O método aplicado da eletrorresistividade se mostrou eficiente tanto na quantificação como na qualificação dos materiais investigados (solo, água e rocha). Desta forma contribuímos para um melhor entendimento geológico/geotécnico da área, podendo orientar futuros estudos e intervenções.

6 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

APPARAO, A. 1991. Geoelectric Profiling. Geoexploration. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdan, 27: 351-389.

GANDOLFO O.C.B & GALLAS J.D.F, 2005. Eletrorresistividade 3D – Uma Avaliação Preliminar da Técnica. Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 23 nº 2, SBGf – RJ.

GALLAS, J. D. F. 2000. Principais Métodos Geoelétricos e suas Aplicações em Prospecção Mineral, Hidrogeologia, Geologia de Engenharia e Geologia Ambiental. Tese de Doutorado, Rio Claro, UNESP– SP, 174p.

INTERPEX LIMITED. IX1D v.2. *Software; User's Manual*. INTERPEX Limited, Golden, Colorado, U.S.A.

LOKE, M.H. RES2DINV *ver. 3.3. for Windows 3.1 and 95. 1976. Rapid 2D resistivity and IP Inversion using the last-squares method.* Penang:M.H. Loke Software User's Manual.

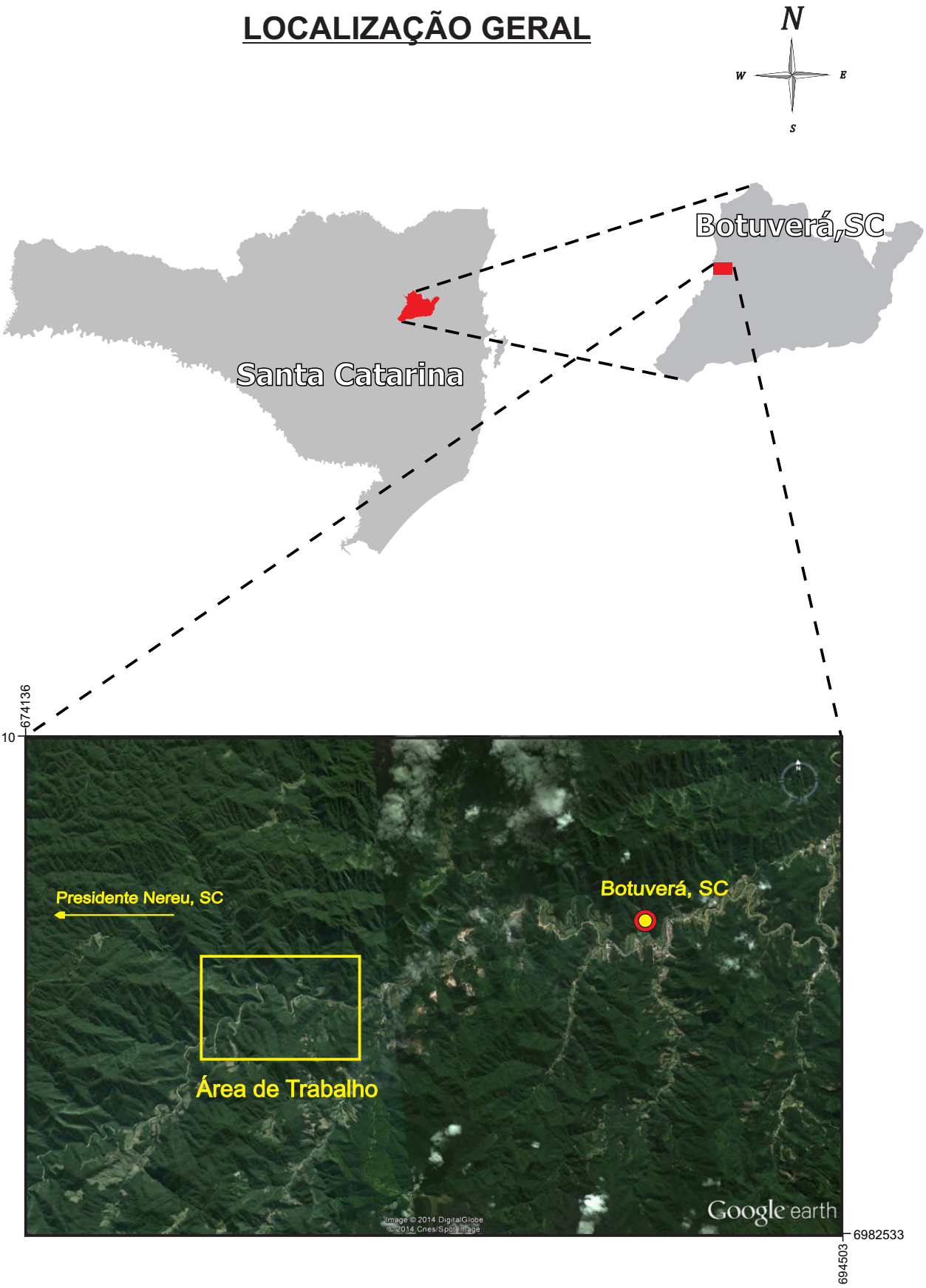
XAVIER, F.F. 2004. Aplicação da Sondagem Geofísica – Método Eletrorresistividade - na Locação de Poços Tubulares Profundos. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, ABAS, Cuiabá, MT, pp. 292.

XAVIER, F.F. (2005) Mapeamento geoelétrico no aterro sanitário do município de Blumenau, SC. Anais do 11º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, ABGE, Florianópolis, 2099-2109.

XAVIER, F.F. (2010) Geofísica Elétrica aplicada a Geotecnia para investigação de estabilidade de taludes. VII Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, ABMS, Foz do Iguaçu, 2010, CD-ROM.

7. ANEXOS

LOCALIZAÇÃO GERAL



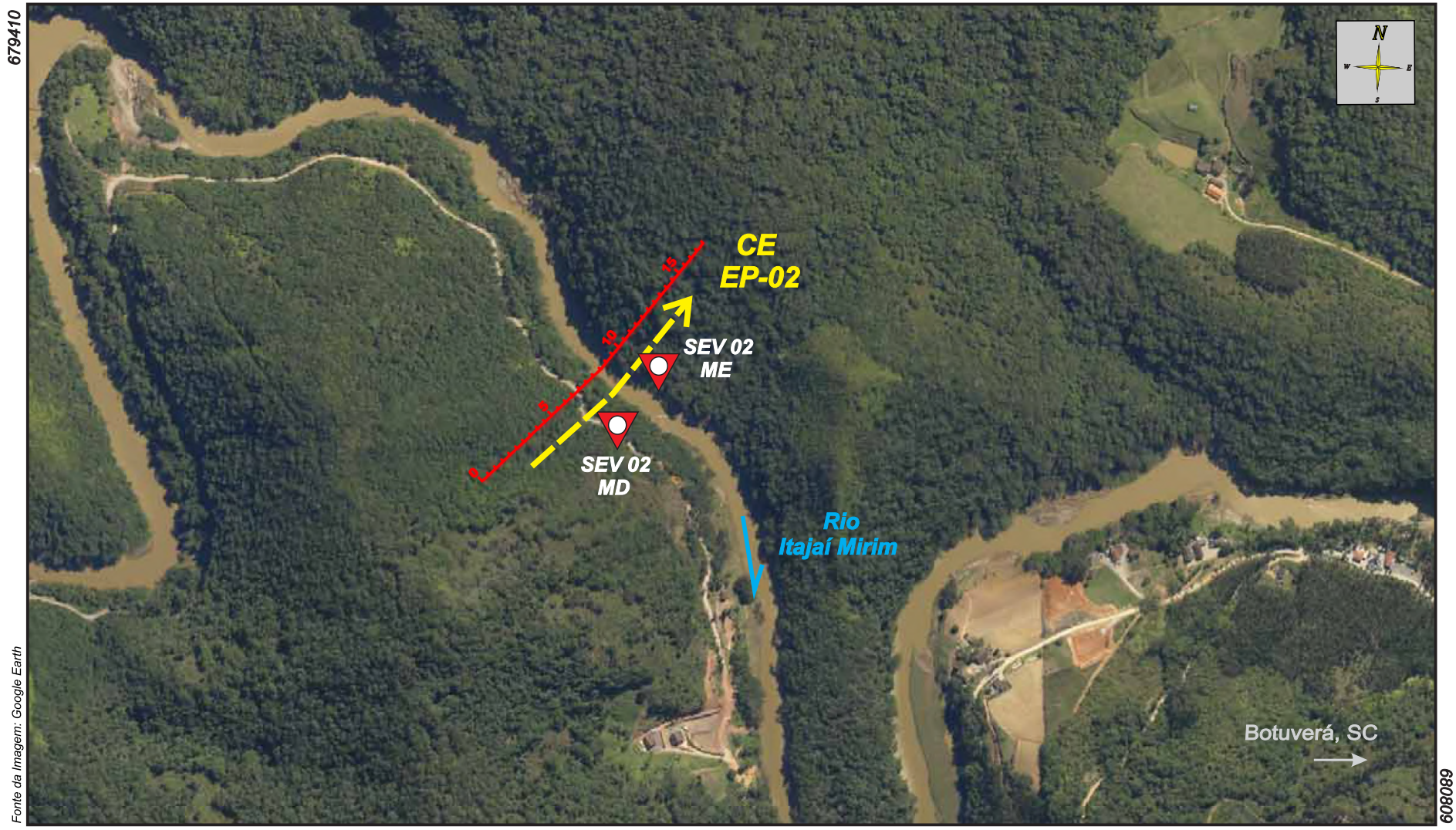
Escala Gráfica

0 2,5Km 5,0Km

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS2000
ZONA UTM: 51S

TECGEOFÍSICA	TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas
	Localização Geral
	Contratante: Consórcio Iguatemi - KL Barragem de Botuverá
Anexo: G-1a	Projeto: Geotecnia
Revisão: 0	Local: Rio Itajaí-Mirim / Botuverá, SC
Data: Março 2014	Técnico Responsável: Geólogo Fernando da Fontoura Xavier
	Visto:

Localização das Sondagens
EP - 02



Caminhamento Elétrico

Sondagem Elétrica Vertical

Eixo 2 projetado

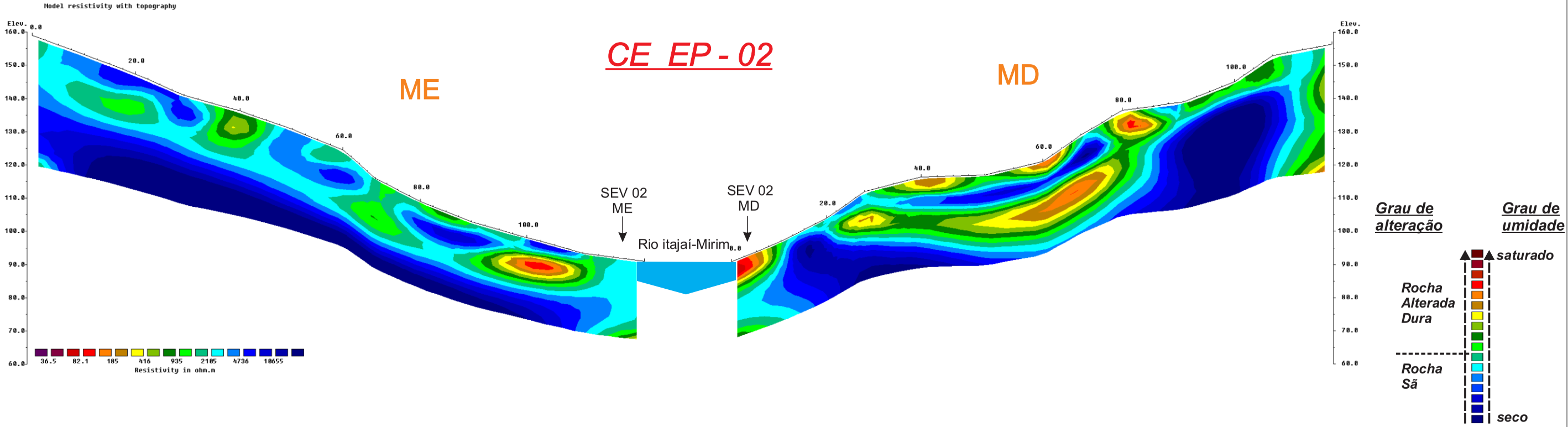
Escala Gráfica (m)

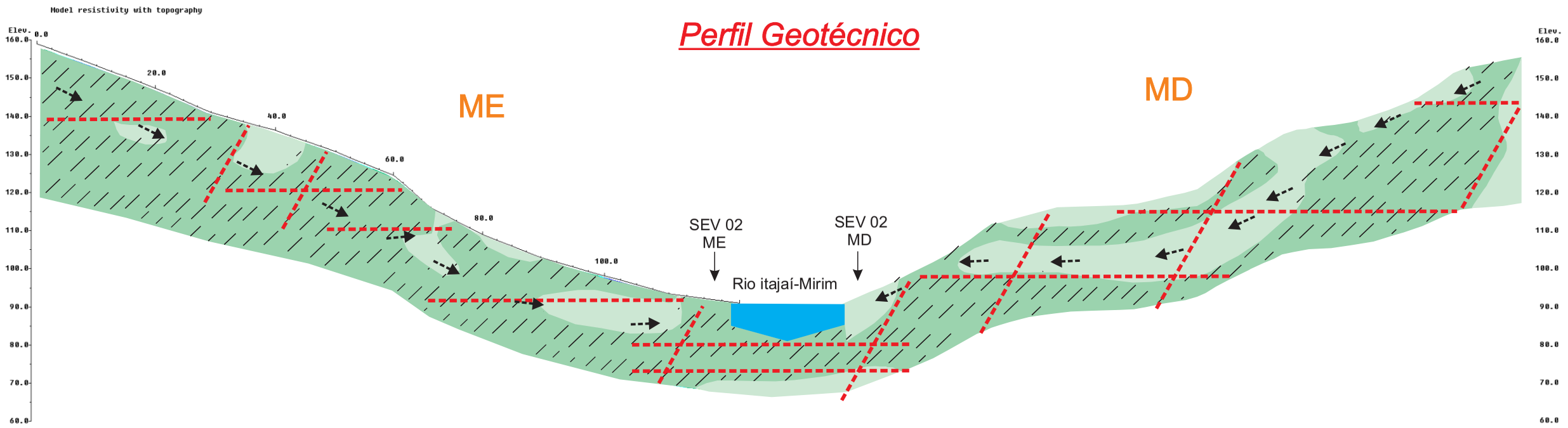
0 120 240

Projeção Universal Tranversa de Mercator
Datum Horizontal: Sirgas 2000
Zona UTM: 51s

TECGEOFÍSICA	TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas	
	Localização das Sondagens	
	Contratante: Consórcio Iguatemi - KL Barragem de Botuverá	
Anexo: G-2b	Projeto: Geotecnia	172
Revisão: 0	Local: Rio Itajaí-Mirim / Botuverá, SC	
Data: Março 2014	Técnico Responsável: Geólogo Fernando da Fontoura Xavier	Visto:

Imagem Elétrica





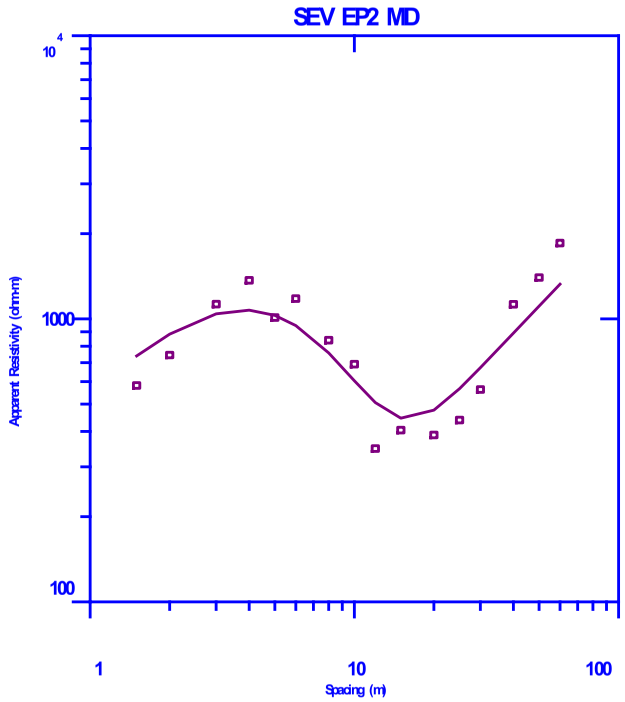
Legenda

- Rocha Alterada Dura - RAD
- Rocha Sã
- **Fluxo Subterrâneo**
- **Estruturas Geológicas**

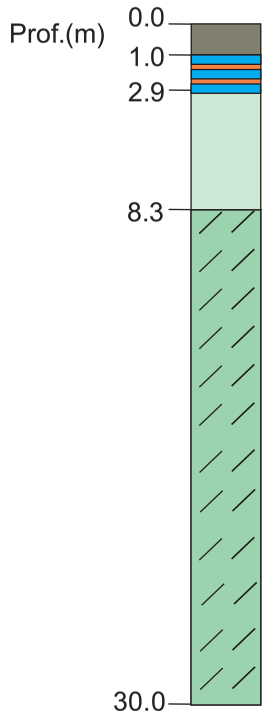
TECGEOFÍSICA	TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas	
	Imageamento Elétrico 2D	
	Contratante: Consórcio Iguatemi - KL Barragem de Botuverá	
Anexo: I-2b	Projeto: Geotecnia - Estudos para Barragem	173
Revisão: 0	Local: Rio Itajaí-Mirim - Botuverá, SC	
Data: Março 2014	Técnico Responsável: Geólogo Fernando da Fontoura Xavier	Visto:

SEV 02-MD

Curva de Sondagem Elétrica Vertical



Interpretação Geológica



Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal: Sirgas 2000
Zona UTM 22S

Coordenadas: 678544 / 6989282

Legenda

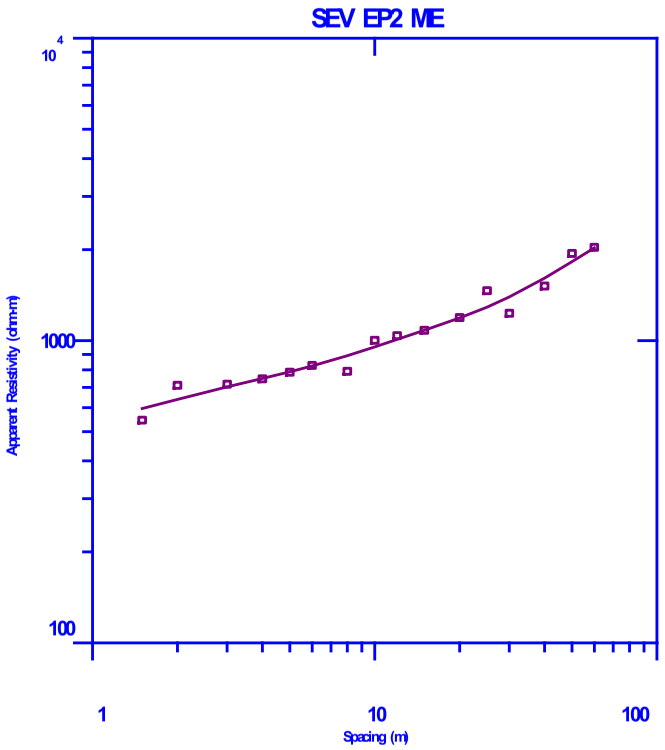
- Solo Transportado
- Solo de Alteração / Rocha Alterada mole
- Rocha Alterada Dura
- Rocha Alterada Dura / Rocha Sã
- Nível da Água

	TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas
	Sondagem Elétrica Vertical
	Contratante: *Consórcio Igustemi - KL Barragem de Botuverá*
Anexo: *H-4*	**Projeto:** *Geotecnia*
Revisão: *0*	**Local:** *Rio Itajaí-Mirim - Botuverá - SC*
Data: *Março 2014*	**Técnico Responsável:** *Geólogo Fernando da Fontoura Xavier* — **Visto:**

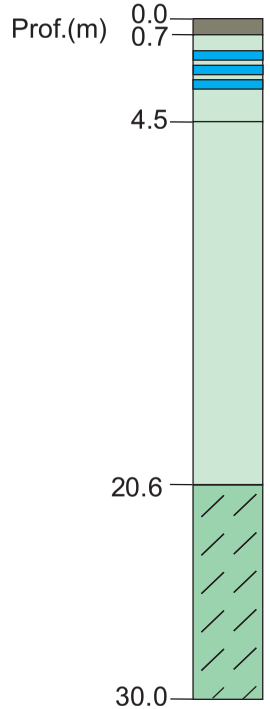
174

SEV 02-ME

Curva de Sondagem Elétrica Vertical



Interpretação Geológica



Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal: Sirgas 2000
Zona UTM 22S

Coordenadas: 677772 / 6988756

Legenda

- Solo Transportado
- Rocha Alterada Dura
- Rocha Sã
- Nível da Água

TECGEOFÍSICA

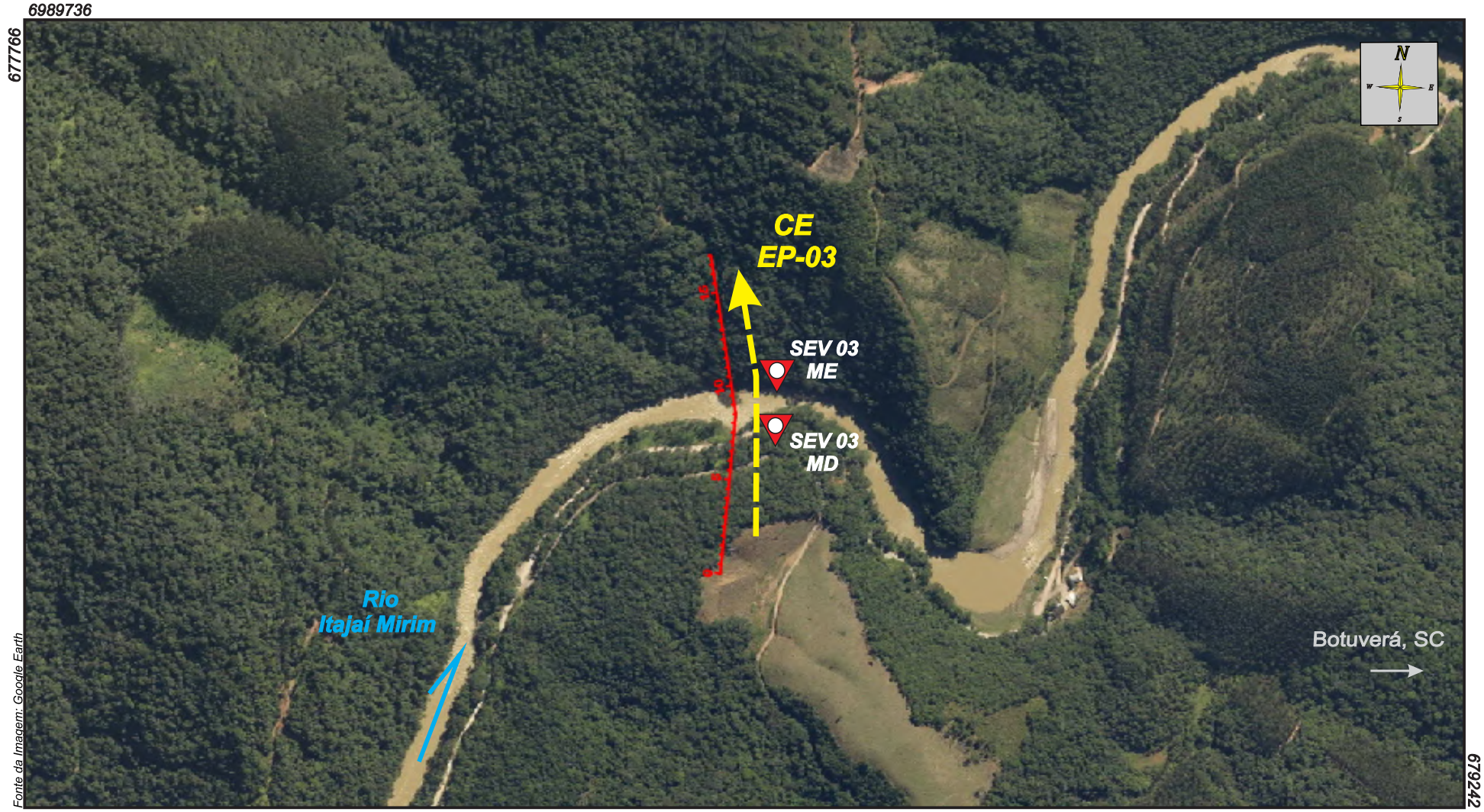
TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas

Sondagem Elétrica Vertical

Contratante: *Consórcio Igustemi - KL Barragem de Botuverá*	
Anexo: *H-4*	**Projeto:** *Geotecnia*
Revisão: *0*	**Local:** *Rio Itajaí-Mirim - Botuverá - SC*
Data: *Março 2014*	**Técnico Responsável:** *Geólogo Fernando da Fontoura Xavier* — **Visto:**

175

Localização das Sondagens
EP - 03



Caminhamento Elétrico

Sondagem Elétrica Vertical

Eixo 3 Projetado

Escala Gráfica (m)

0 100 200

Projeção Universal Tranversa de Mercator
Datum Horizontal: Sirgas 2000
Zona UTM: 51s

TECGEOFÍSICA

TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas

Localização das Sondagens

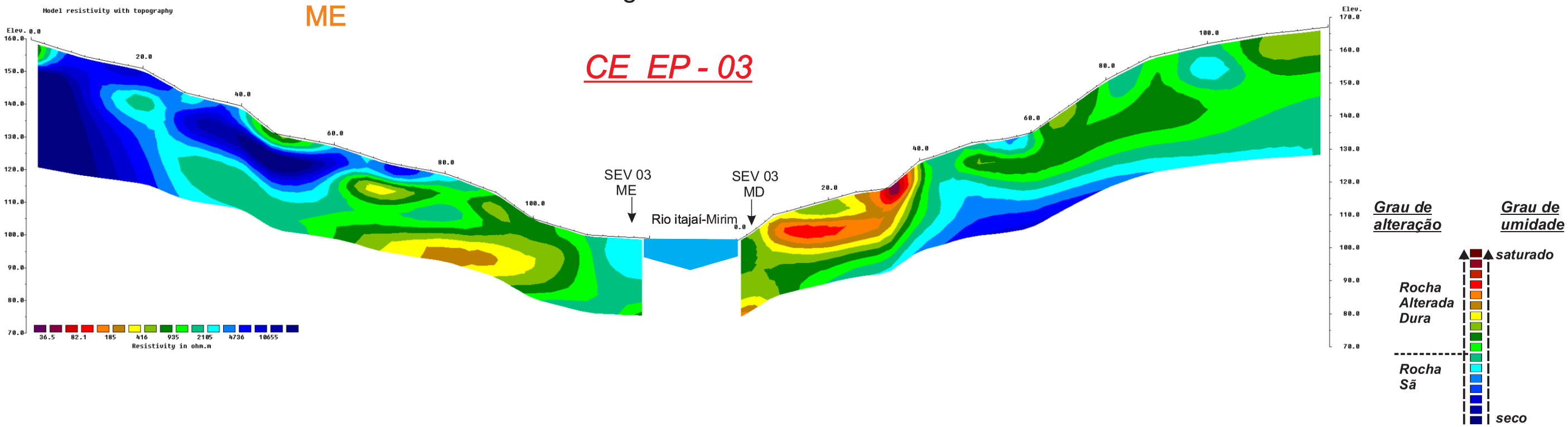
Contratante: Consórcio Iguatemi - KL Barragem de Botuverá		
Anexo: G-2b	Projeto: Geotecnia	176
Revisão: 0	Local: Rio Itajaí-Mirim / Botuverá, SC	
Data: Fevereiro 2014	Técnico Responsável: Geólogo Fernando da Fontoura Xavier	Visto:

Imagem Elétrica

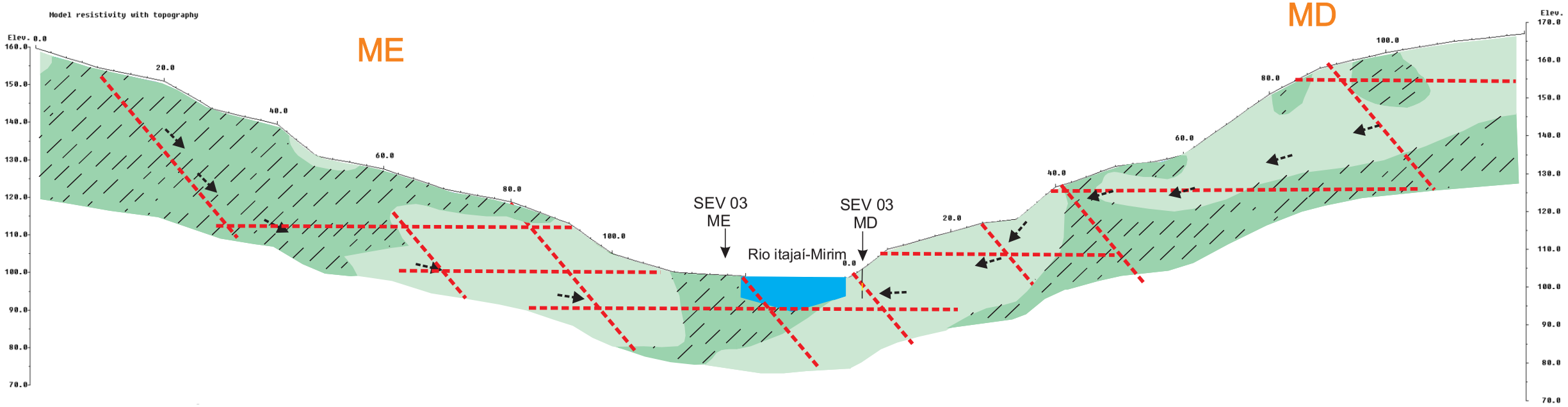
ME

MD

CE EP - 03



Perfil Geotécnico



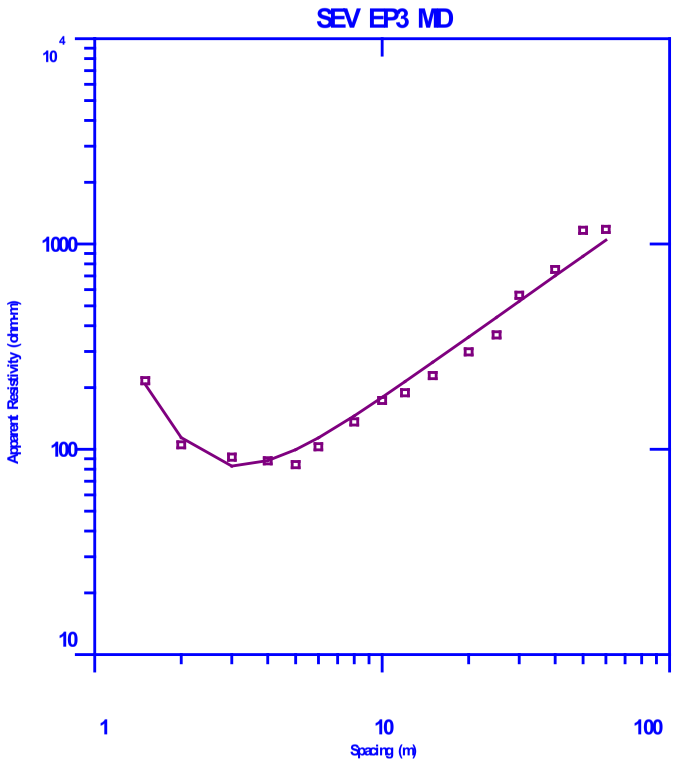
Legenda

- Rocha Alterada Dura - RAD
- Rocha Sã
- **Fluxo Subterrâneo**
- **Estruturas Geológicas**

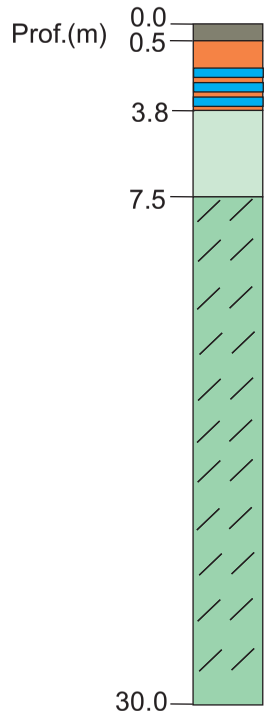
TECGEOFÍSICA	TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas	
	Imageamento Elétrico 2D	
	Contratante: Consórcio Iguatemi - KL Barragem de Botuverá	
Anexo: I-2b	Projeto: Geotecnia - Estudos para Barragem	177
Revisão: 0	Local: Rio Itajaí-Mirim - Botuverá, SC	
Data: Fevereiro 2014	Técnico Responsável: Geólogo Fernando da Fontoura Xavier	Visto:

SEV 03-MD

Curva de Sondagem Elétrica Vertical



Interpretação Geológica



Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal: Sirgas 2000
Zona UTM 22S

Coordenadas: 678544 / 6989282

Legenda

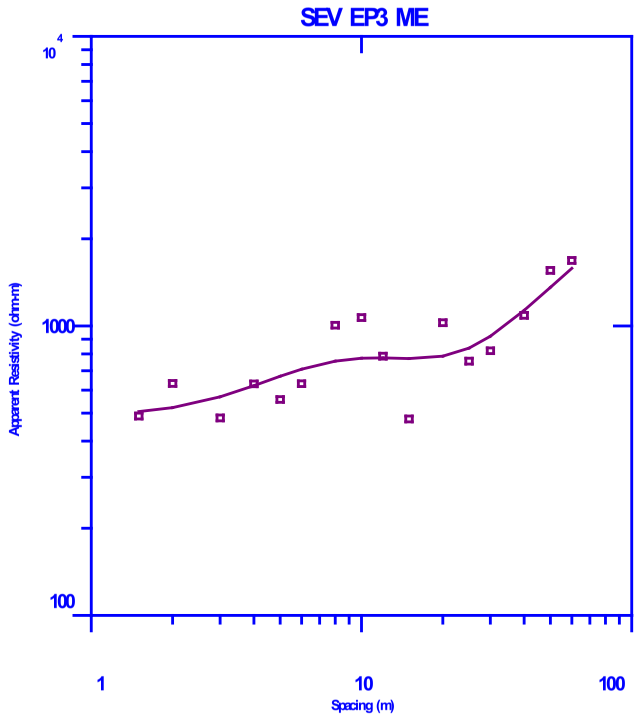
- Solo Transportado
- Solo de Alteração / Rocha Alterada mole
- Rocha Alterada Dura
- Rocha Alterada Dura / Rocha Sã
- Nível da Água

	TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas
	Sondagem Elétrica Vertical
	Contratante: *Consórcio Igustemi - KL Barragem de Botuverá*
Anexo: *H-4*	**Projeto:** *Geotecnia*
Revisão: *0*	**Local:** *Rio Itajaí-Mirim - Botuverá - SC*
Data: *Fevereiro 2014*	**Técnico Responsável:** *Geólogo Fernando da Fontoura Xavier* — **Visto:**

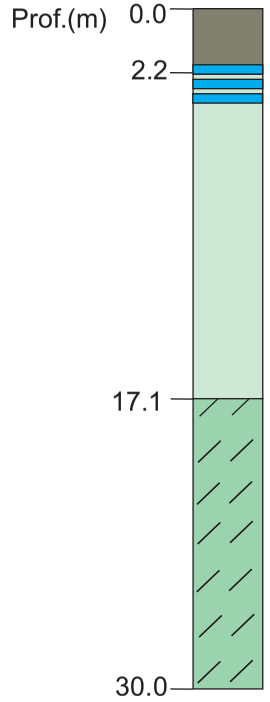
178

SEV 03-ME

Curva de Sondagem Elétrica Vertical



Interpretação Geológica



Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal: Sirgas 2000
Zona UTM 22S

Coordenadas: 677772 / 6988756

Legenda

- Solo Transportado
- Rocha Alterada Dura
- Rocha Alterada Dura / Rocha Sã
- Nível da Água

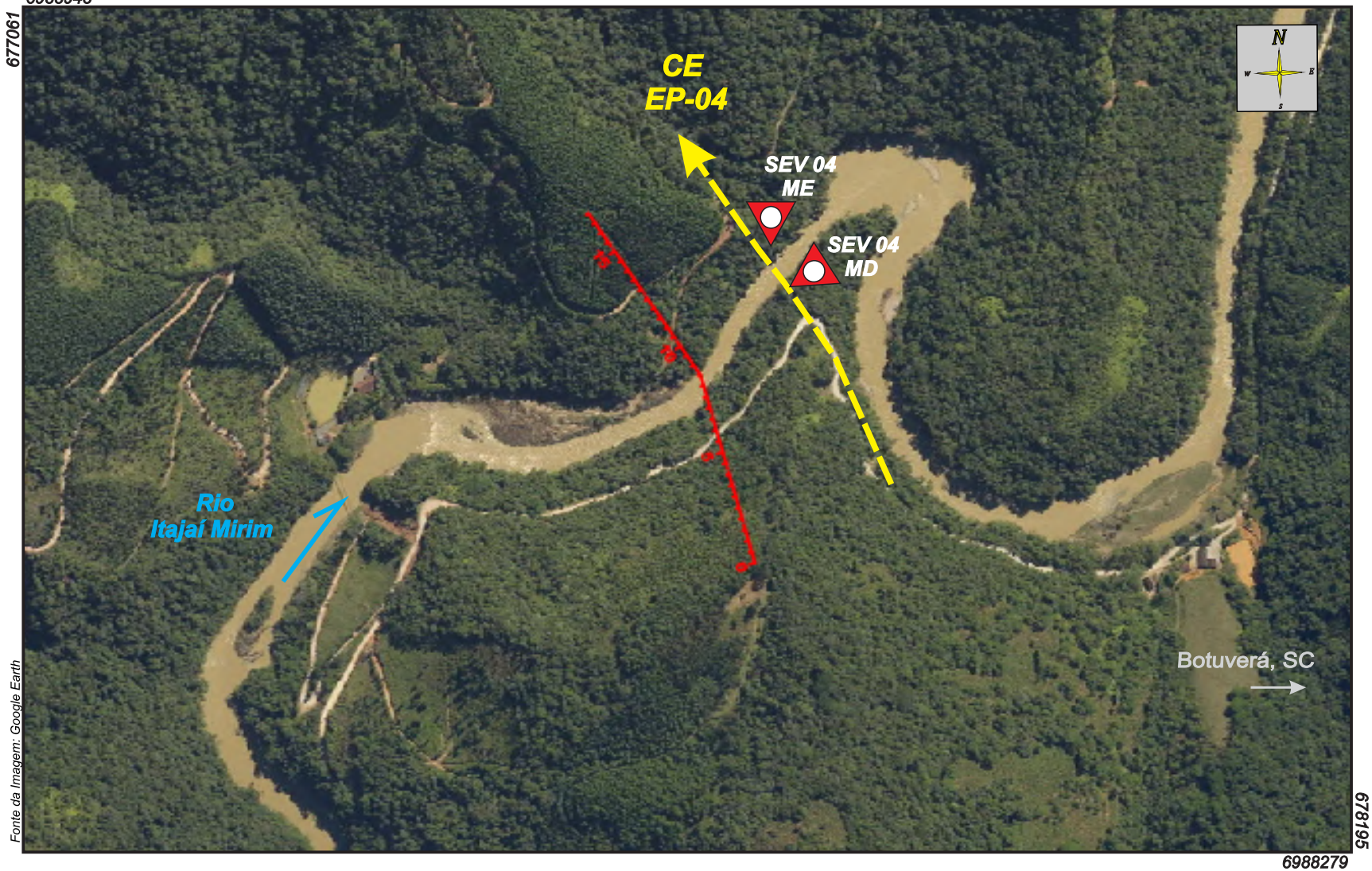
TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas

Sondagem Elétrica Vertical

Contratante: Consórcio Igustemi - KL Barragem de Botuverá	
Anexo: H-4	Projeto: Geotecnia
Revisão: 0	Local: Rio Itajaí-Mirim - Botuverá - SC
Data: Fevereiro 2014	Técnico Responsável: Geólogo Fernando da Fontoura Xavier
	Visto:

179

Localização das Sondagens
EP - 04



Caminhamento Elétrico

Sondagem Elétrica Vertical

Eixo 4 Projetado

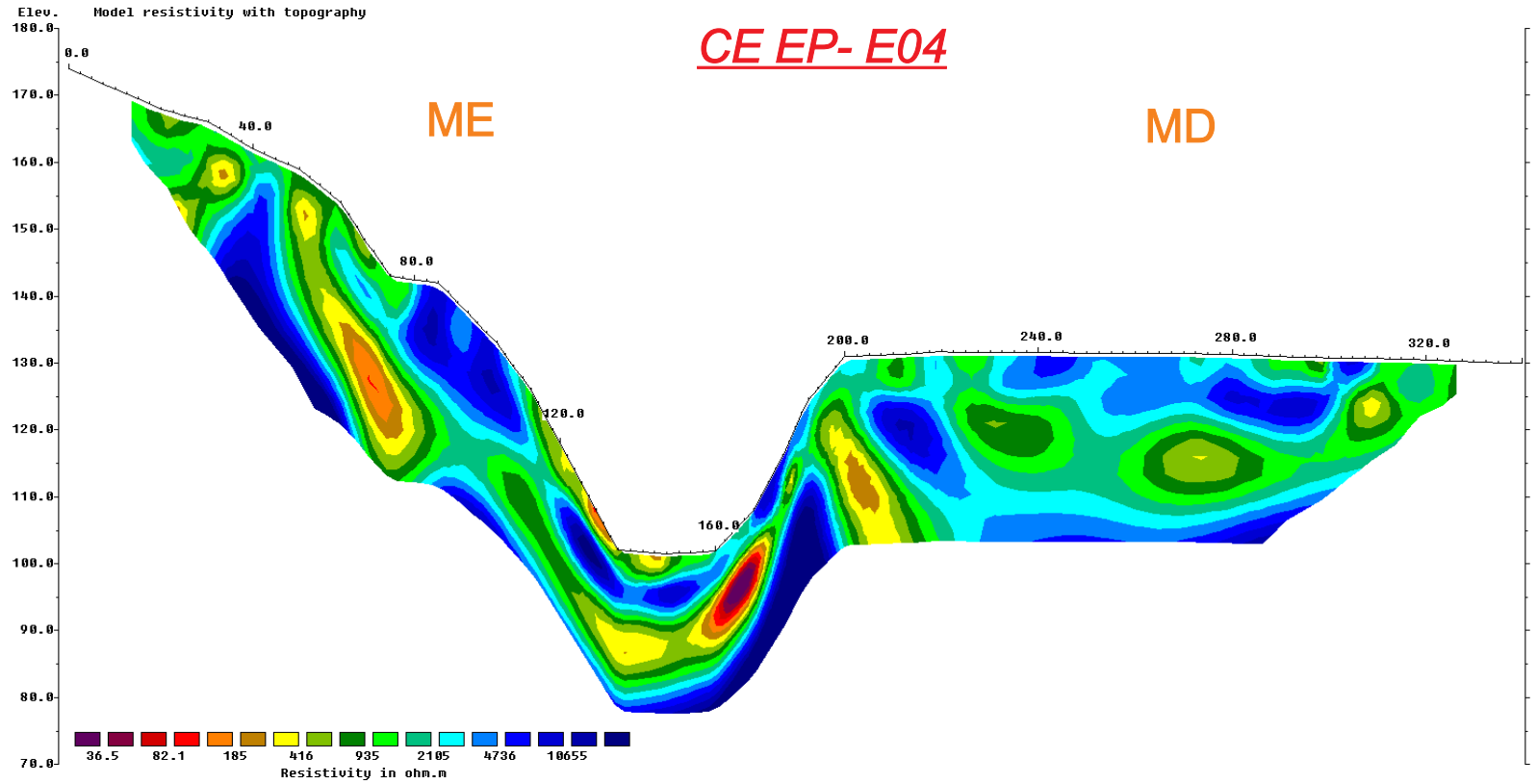
Escala Gráfica (m)

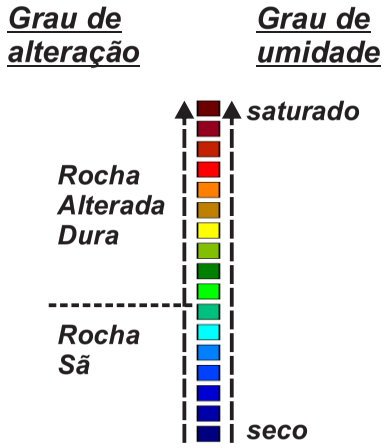
0 100 200

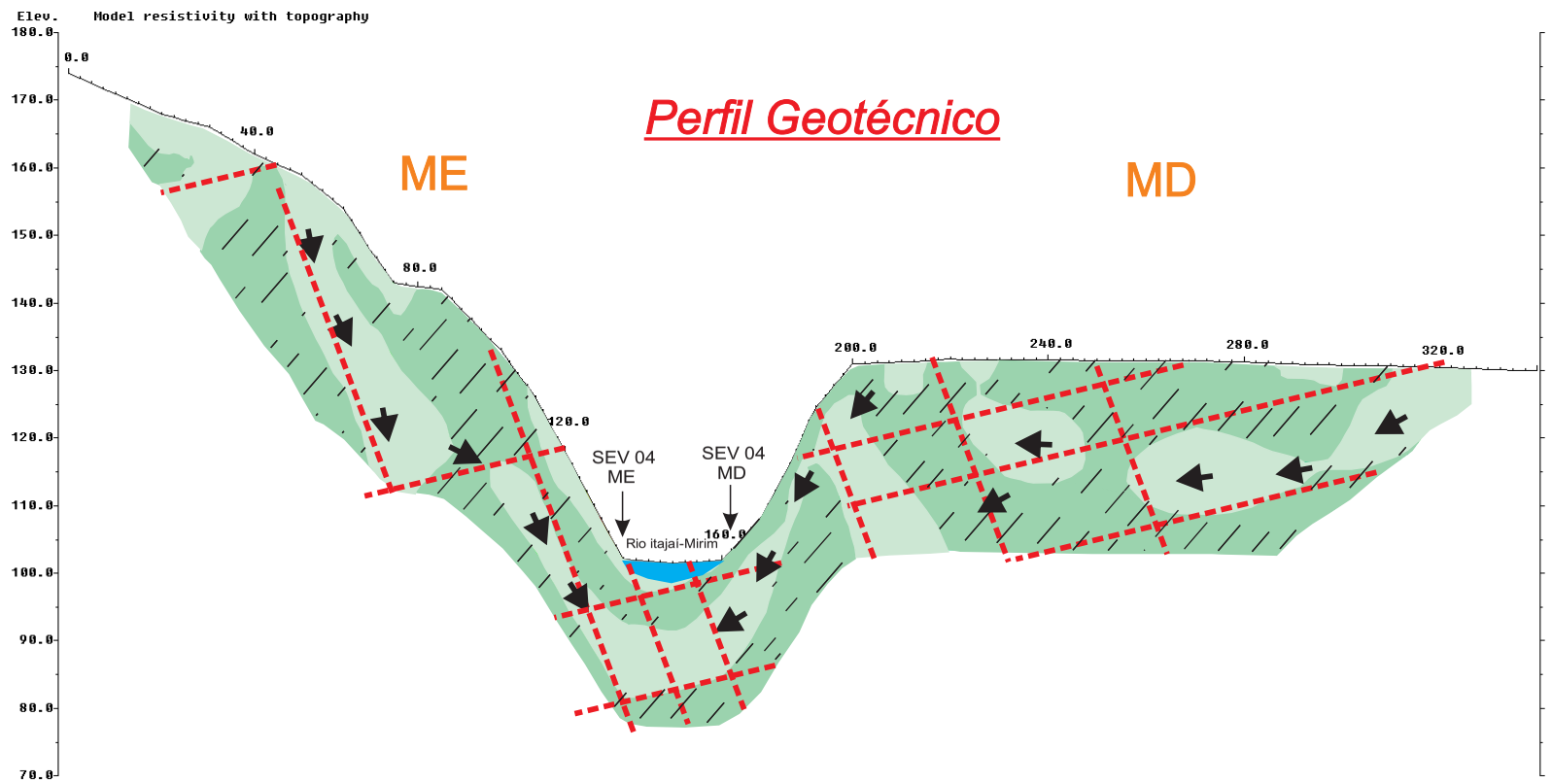
Projeção Universal Tranversa de Mercator
Datum Horizontal: Sirgas 2000
Zona UTM: 51s

TECGEOFÍSICA	TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas	
	Localização das Sondagens	
	Contratante: Consórcio Iguatemi - KL Barragem de Botuverá	
Anexo: G-2b	Projeto: Geotecnia	180
Revisão: 0	Local: Rio Itajaí-Mirim / Botuverá, SC	
Data: Março 2014	Técnico Responsável: Geólogo Fernando da Fontoura Xavier	Visto:

Imagem Elétrica







Legenda

Rocha Alterada Dura - RAD

Rocha Sã

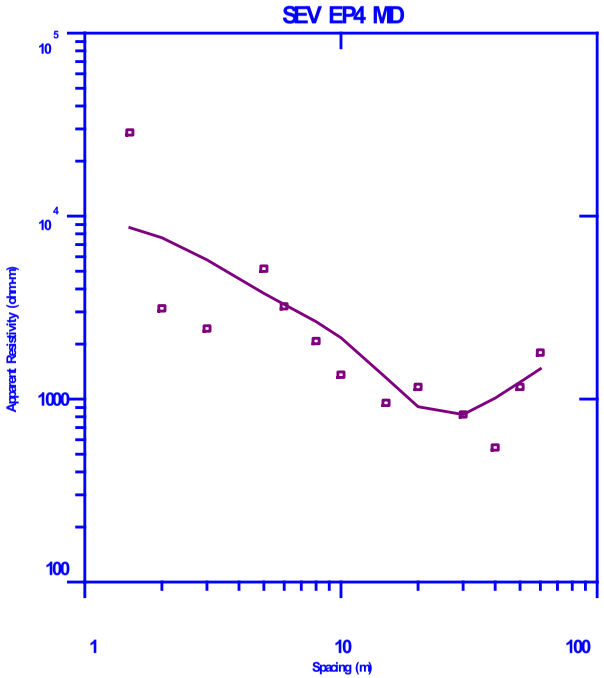
Fluxo Subterrâneo

Estruturas Geológicas

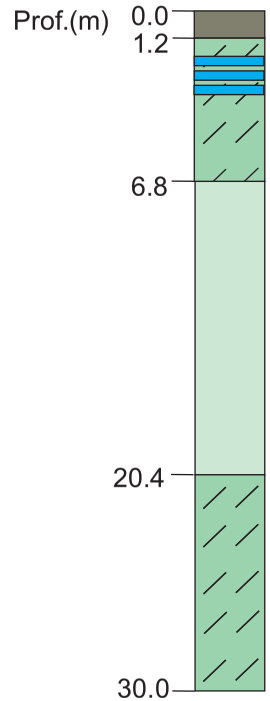
TECGEOFÍSICA	TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas
	Imageamento Elétrico 2D
	Contratante: Consórcio Iguatemi - KL Barragem de Botuverá
Anexo: G-2b	Projeto: Geotecnia - Estudos para Barragem
Revisão: 0	Local: Rio Itajaí-Mirim - Botuverá, SC
Data: Março 2014	Técnico Responsável: Geólogo Fernando da Fontoura Xavier
	Visto:

SEV 04-MD

Curva de Sondagem Elétrica Vertical



Interpretação Geológica



Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal: Sirgas 2000
Zona UTM 22S

Coordenadas: 677772 / 6988756

Legenda

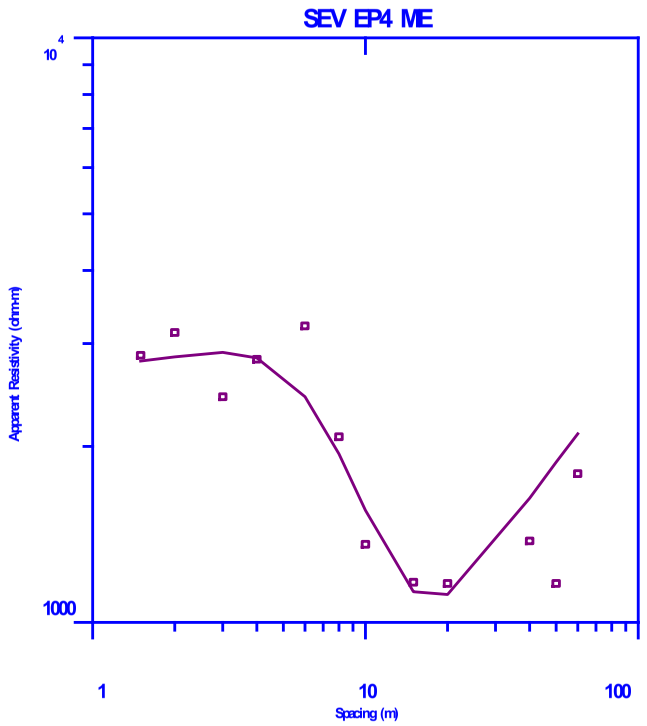
- Solo Transportado
- Rocha Alterada Dura
- Rocha Alterada Dura / Rocha Sã
- Nível da Água

	TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas
	Sondagem Elétrica Vertical
	Contratante: *Consórcio Igustemi - KL Barragem de Botuverá*
Anexo: *H-4*	**Projeto:** *Geotecnia*
Revisão: *0*	**Local:** *Rio Itajaí-Mirim - Botuverá - SC*
Data: *Março 2014*	**Técnico Responsável:** *Geólogo Fernando da Fontoura Xavier* — **Visto:**

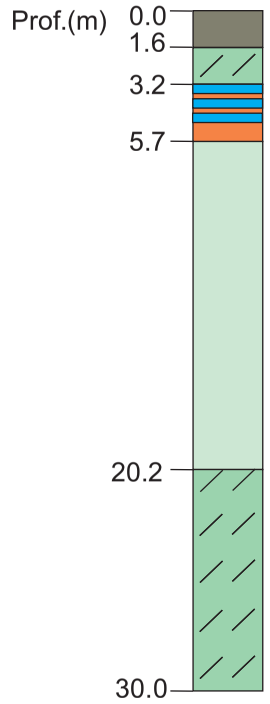
182

SEV 04-ME

Curva de Sondagem Elétrica Vertical



Interpretação Geológica



Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal: Sirgas 2000
Zona UTM 22S

Coordenadas: 677746 / 6988770

Legenda

- Solo Transportado
- Rocha Alterada mole / Rocha Alterada dura
- Rocha Alterada Dura
- Rocha Alterada Dura / Rocha Sã
- Nível da Água

TECGEOFÍSICA

TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas

Sondagem Elétrica Vertical

Contratante: *Consórcio Igustemi - KL Barragem de Botuverá*	
Anexo: *H-4*	**Projeto:** *Geotecnia*
Revisão: *0*	**Local:** *Rio Itajaí-Mirim - Botuverá - SC*
Data: *Março 2014*	**Técnico Responsável:** *Geólogo Fernando da Fontoura Xavier* — **Visto:**

183

FOTOS



Foto 01

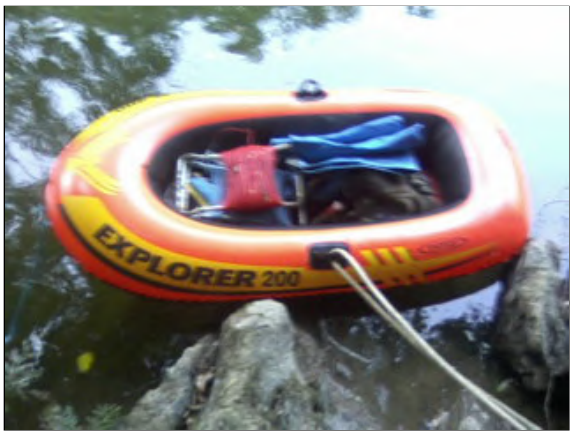


Foto 02



Foto 03



Foto 04

TECGEOFÍSICA	TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas
	Fotos
	Contratante: *Consórcio Igustemi - KL Barragem de Botuverá*
Anexo: G-3a	**Projeto:** *Geotecnia*
Revisão: 0	**Local:** *Rio Itajaí-Mirim - Botuverá - SC*
Data: *Março de 2014*	**Técnico Responsável:** Geólogo Fernando da Fontoura Xavier — **Visto:**

Anexo A - Monografia dos Vertices Geodésicos (Fonte IBGE)

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC
Data: 05/09/2007
Atualização: 28/06/2010 - Atualização da Alt. Orto. (MAPGEO2010)

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: IMBITUBA
Ident. da Estação: IMBT
Inscrição no Monumento: Não há inscrição
Código Internacional: 94024
Informações Adicionais: -

2. Informação sobre a localização

Cidade: Imbituba
Estado: Santa Catarina
Informações Adicionais: Prisma quadrangular medindo 0,30 m x 0,30 m x 1,00 m de altura, sobre uma laje, contado a partir de uma base de concreto com dimensões aproximadas de 0,70 m x 1,20 m x 0,10 m de altura, dotado de dispositivo de centragem forçada em seu topo. Possui em sua face SE chapa padrão IBGE estampada SAT 94024. Porto de Imbituba - Avenida Presidente Vargas s/n - Centro. Nas dependências da Companhia Docas de Imbituba (CDI).

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	- 28° 14' 5,4220"	Sigma:	0,001 m
Longitude:	- 48° 39' 20,5970"	Sigma:	0,001 m
Alt. Elip.:	31,41 m	Sigma:	0,004 m
Alt. Orto.:	30,18 m	Fonte:	GPS/MAPGEO2010
Coordenadas Cartesianas			
X:	3.714.771,559 m	Sigma:	0,002 m
Y:	-4.221.851,099 m	Sigma:	0,003 m
Z:	-2.999.473,942 m	Sigma:	0,002 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	6.874.555,729 m		
UTM (E):	730.029,462 m		
MC:	-51		

4. Informações do equipamento GNSS

4.1. Receptor

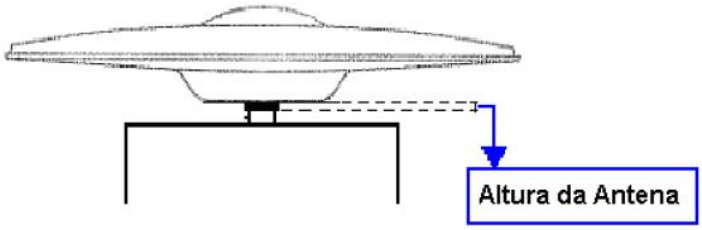
4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR5
Número de Série - 4651K03630
Versão do Firmware - 3.84 (Principal)
Atualização do Firmware - 19/10/2009 às 00:00

4.1.2 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR5
Número de Série - 4651K03630
Versão do Firmware - 3.60 (Principal)
Data de Instalação - 10/05/2007 às 00:00

4.2. Antena

4.2.1 Tipo de Antena - ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (TRM55971.00)
Número de Série - 30318649
Altura da Antena (m) - 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
Data de Instalação - 10/05/2007 às 00:00

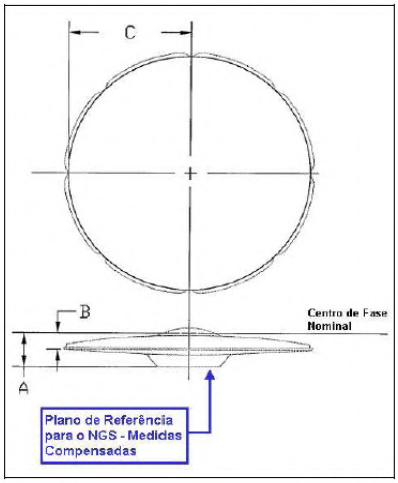
4.3. Esquema da Altura da Antena



4.4. Esquema da Antena

4.4.1. Esquema da Antena: ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (TRM55971.00)

Diagrama do plano de referência da antena ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2
Identificação IGS: TRM 55971.00



Identificação	Dimensão (m)	Distância
A	0,0850	Distância da base da antena ao centro de fase nominal L1.
B	0,0406	Distância do plano da antena ao centro de fase nominal L1.
C	0,1698	Distância do centro radial da antena a extremidade da marca exterior.

5. Informações Complementares

5.1. Para informações técnicas contatar:

Nome: IBGE/DGC/Coordenação de Geodésia
Endereço: Av. Brasil, 15.671, CEP 21.241-051, Rio de Janeiro, RJ
Telefone: (21) 2142-4935
FAX: (21) 2142-4859
Home Page: www.ibge.gov.br
Contato: rbmc@ibge.gov.br

5.2. Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome: Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE
Endereço: Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ
Telefone: 0800-721-8181
Contato: ibge@ibge.gov.br

5.3. Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:

http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/parcerias.shtm

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC
Data: 03/04/2008
Atualização: 28/06/2010 - Atualização da Alt. Orto. (MAPGEO2010)

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: LAGES
Ident. da Estação: SCLA
Inscrição no Monumento: SAT- 94025
Código Internacional: 94025
Informações Adicionais: -

2. Informação sobre a localização

Cidade: Lages
Estado: Santa Catarina
Informações Adicionais: Pilar de concreto de formato cilíndrico com 0,30 m de diâmetro tendo 3,0 m de altura e aflorando cerca de 1,6 m do telhado do prédio da Agronomia, com base quadrada de 1,0 m de lado e 0,20 m de altura. Possui no topo um pino de centragem forçada. Na face oeste do marco foi fixada uma chapa padrão IBGE estampada SAT- 94025. Na laje frontal do prédio da Agronomia do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/CAV). Av. Luiz de Camões.

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	- 27° 47' 34,2084"	Sigma:	0,001 m
Longitude:	- 50° 18' 15,3407"	Sigma:	0,001 m
Alt. Elip.:	940,72 m	Sigma:	0,005 m
Alt. Orto.:	935,04 m	Fonte:	GPS/MAPGEO2010
Coordenadas Cartesianas			
X:	3.606.986,062 m	Sigma:	0,003 m
Y:	-4.345.293,244 m	Sigma:	0,003 m
Z:	-2.956.654,209 m	Sigma:	0,002 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	6.925.551,902 m		
UTM (E):	568.538,121 m		
MC:	-51		

4. Informações do equipamento GNSS

4.1. Receptor

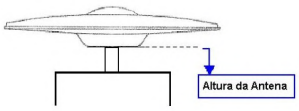
4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR5
Número de Série - 4651K03605
Versão do Firmware - 3.84 (Principal)
Atualização do Firmware - 20/10/2009 às 00:00

4.1.2 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR5
Número de Série - 4651K03605
Versão do Firmware - 3.50 (Principal)
Data de Instalação - 17/08/2007 às 00:00

4.2. Antena

4.2.1 Tipo de Antena - ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (TRM55971.00)
Número de Série - 30336651
Altura da Antena (m) - 0,0000 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
Data de Instalação - 17/08/2007 às 00:00

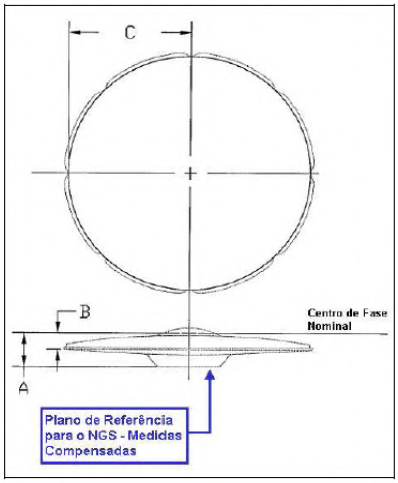
4.3. Esquema da Altura da Antena



4.4. Esquema da Antena

4.4.1. Esquema da Antena: ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (TRM55971.00)

Diagrama do plano de referência da antena ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2
Identificação IGS: TRM 55971.00



Identificação	Dimensão (m)	Distância
A	0,0850	Distância da base da antena ao centro de fase nominal L1.
B	0,0406	Distância do plano da antena ao centro de fase nominal L1.
C	0,1698	Distância do centro radial da antena a extremidade da marca exterior.

5. Informações Complementares

5.1. Para informações técnicas contatar:

Nome: IBGE/DGC/Coordenação de Geodésia
Endereço: Av. Brasil, 15.671, CEP 21.241-051, Rio de Janeiro, RJ
Telefone: (21) 2142-4935
FAX: (21) 2142-4859
Home Page: www.ibge.gov.br
Contato: rbmc@ibge.gov.br