

PROJETO HL-174 - ESTUDOS HIDRÁULICOS EM
MODELO REDUZIDO DA USINA
HIDRELÉTRICA BELO MONTE
SÍTIO PIMENTAL

RELATÓRIO N° 04

**ESTUDO DO ESCOAMENTO A JUSANTE
DA CASA DE FORÇA COMPLEMENTAR
PARA FINS DE DEFINIÇÃO DO SISTEMA
DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES**

NOVEMBRO / 2012

TIPO DE DOCUMENTO: Relatório Técnico

PROJETO: Projeto – HL – 174 – Estudos Hidráulicos em Modelo Reduzido da Usina Hidrelétrica Belo Monte – Sítio Pimental

TÍTULO: Relatório N° 4 – Estudo do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar para fins de definição do Sistema de Transposição de Peixes (STP)

CLIENTE: NESA – Norte Energia S. A.

AUTORES: José Rodolfo Machado de Almeida
Carlos Olavo Slota Ovelar
Fernando Ribas Terabe

CONSULTOR DO LACTEC José Junji Ota

COORDENADOR DO LACTEC CEHPAR: Ingrid Illich Müller

PALAVRAS-CHAVE: UHE Belo Monte, Modelo Reduzido, Sistema de Transposição de Peixes

OBSERVAÇÕES:

TIPO DE EDIÇÃO: () Preliminar (X) Final () Revisão

NOVEMBRO/2012

Sumário

| | | |
|-------|---|----|
| I. | Introdução | 5 |
| II. | Estudo do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar para fins de definição do Sistema de Transposição de Peixes (STP)..... | 6 |
| II.1. | Ensaio com a Alternativa Inicial | 9 |
| II.2. | Ensaio Exploratórios..... | 14 |
| II.3. | Ensaio com a Alternativa Final | 14 |
| III. | Considerações Finais | 19 |
| | Anexos | 20 |

RELATÓRIO N° 04

**ESTUDO DO ESCOAMENTO A JUSANTE DA CASA DE FORÇA
COMPLEMENTAR PARA FINS DE DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE
TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES (STP)**

I. Introdução

O presente relatório descreve os trabalhos desenvolvidos no estudo do Sistema de Transposição de Peixes (STP) do Sítio Pimental da UHE Belo Monte. Estes trabalhos fazem parte do escopo de estudos, descrito na proposta do LACTEC/CEHPAR com número de referência AD – 243/2012, contratados pela Norte Energia S. A.

Conforme descrito no Relatório nº3 – *Construção e calibragem do modelo reduzido*, o modelo foi construído na escala geométrica 1:110 e opera segundo o critério de semelhança de Froude. As estruturas do arranjo foram implantadas no modelo conforme descrito no Relatório nº3 – *Construção e calibragem do modelo reduzido*, indicado no Desenho D 1 e no Desenho D 2.

Os ensaios foram realizados em acordo com a programação de ensaios *BM-STP-ET-Modelo Reduzido Tridimensional Geral-rev01_Comentada DC_Lactec*, recebido pelo laboratório no dia 31/08/2012.

Todas as informações apresentadas neste relatório estão em valores de protótipo, salvo clara indicação em contrário.

II. Estudo do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar para fins de definição do Sistema de Transposição de Peixes (STP)

Este estudo buscou caracterizar as condições hidráulicas a jusante da Casa de Força Complementar com o objetivo de subsidiar o posicionamento da entrada do Sistema de Transposição de Peixes (STP), o qual será implantado logo a jusante do canal de fuga, próximo ao aterro da Subestação. Os ensaios basearam-se nas orientações contidas no programa de ensaios *BM-STP-ET-Modelo Reduzido Tridimensional Geral-rev01_Comentada DC_Lactec*, recebido pelo laboratório no dia 31/08/2012.

Os ensaios foram realizados no modelo reduzido tridimensional do Sítio Pimental com o arranjo geral das estruturas conforme o Projeto Básico Consolidado – Revisado, o qual foi implantado no modelo para os estudos descritos no Relatório Nº 3 – Diagnóstico do Arranjo Geral. O leito do canal central foi modelado, desde o final das estruturas do Vertedouro e da Casa de Força Complementar até o remanescente da ensecadeira de jusante da 1ª fase do desvio, reproduzindo a superfície toporochosa, conforme indicado no Desenho D 2, em anexo. Nesses ensaios, o remanescente dessa ensecadeira encontrava-se removida até a elevação 79,00 m.

O programa de ensaios prevê a divisão dos estudos em 3 etapas, sendo que, em cada uma delas deverão ser estudadas diferentes alternativas para a geometria do aterro do lado esquerdo da Casa de Força Complementar. Essas alternativas foram denominadas como Inicial, Intermediária e Final. A caracterização do escoamento foi feita através do estudo de 4 condições de vazão, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização do Arranjo Geral – Condições ensaiadas

| # | Vazão Total (m³/s) | Partição da Vazão Afluente ⁽¹⁾ | | Vazão Turbinada (m³/s) | Vazão pelo Vertedouro (m³/s) | Nível de Jusante (PL 09) (m) |
|---|-----------------------|---|----------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| | | Principal | Secundária | | | |
| 1 | 2.280 | 1.846 m³/s 80,96% | 434 m³/s 19,04% | 2.280 | - | 83,25 |
| 2 | 4.000 | 3.257 m³/s 81,43% | 743 m³/s 18,58% | 2.280 | 1.720 | 83,90 |
| 3 | 8.000 | 6.594 m³/s 82,43% | 1.406 m³/s 17,58% | 2.280 | 5.720 | 84,99 |
| 4 | 12.000 | 10.011 m³/s 83,43% | 1.989 m³/s 16,58% | 2.280 | 9.720 | 85,79 |

OBS: 1 - O canal principal é o localizado à direita da Ilha da Taboca.

Segundo a programação de ensaios, após a análise dos resultados obtidos para a Alternativa Inicial, uma nova geometria do aterro seria proposta (Alternativa Intermediária) e os ensaios deveriam ser refeitos. Caso os resultados obtidos para essa configuração fossem satisfatórios, essa alternativa passaria a ser a Final e a terceira etapa do estudo não necessitaria ser executada.

Na Tabela 1 são encontradas as condições impostas ao início de cada um dos ensaios. Em todos eles, a divisão da vazão afluente entre os canais localizados à direita e à esquerda da Ilha da

Taboca respeitou a regra definida durante a etapa de calibragem do modelo, representada graficamente na Figura 1.

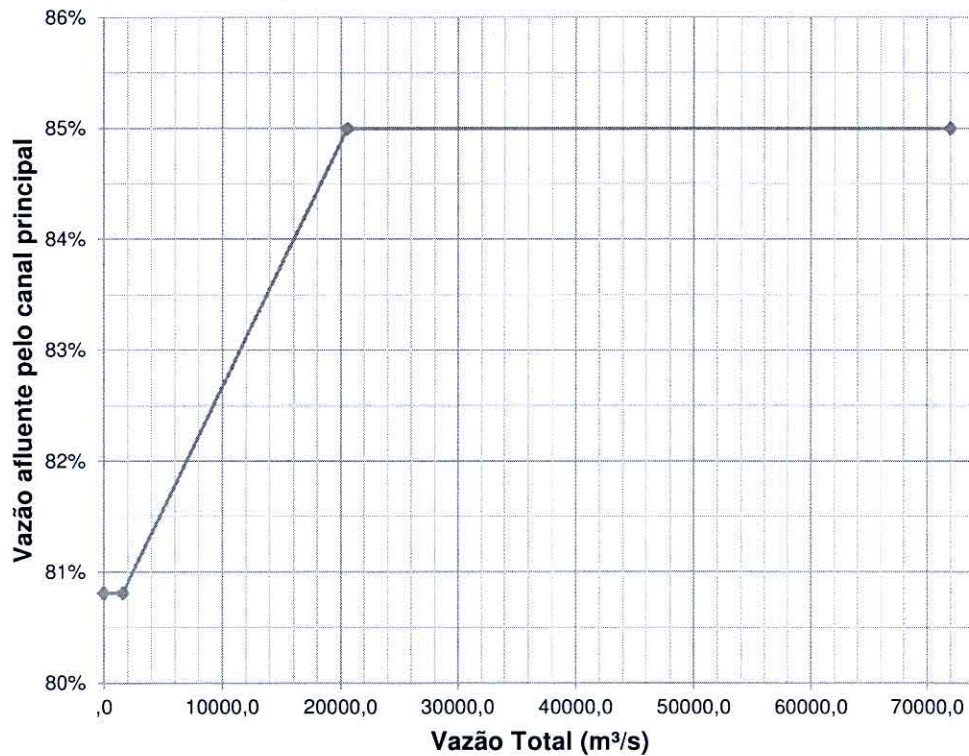


Figura 1 – Distribuição da vazão afluyente entre os canais a esquerda e a direita da ilha da Taboca

Os níveis de água de jusante foram impostos na posição da régua linimétrica PL-09, localizada no limite de jusante do modelo, junto à margem direita. Essa curva chave, apresentada na Figura 2, foi obtida a partir da transferência da curva chave do posto de Mangueiras (PL 08) considerando os canais do rio Xingu localizados entre a margem esquerda e a Ilha Marciana fechados.

A vazão pela Casa de Força Complementar, em todos os ensaios, foi igual a 2.280 m³/s, correspondente à máxima vazão turbinada. O sistema utilizado para imposição das condições hidráulicas (carga e vazão) na Casa de Força Complementar do Sítio Pimental é baseado na transferência de energia gerada pelo esforço imposto ao escoamento ao passar por uma hélice, de forma análoga ao que ocorre no protótipo. O esquema de controle é composto basicamente por duas hélices implantadas em eixos independentes. A primeira delas, posicionada a montante, tem a função de medir a vazão pela unidade. Essa hélice gira livremente ao redor do seu eixo e é equipada com um sensor magnético que registra a frequência de giros. A segunda hélice, posicionada a jusante, é acoplada a um motor elétrico o qual age como um gerador, impondo resistência à rotação. A intensidade da resistência é regulada por um potenciômetro, através do controle da impedância entre os polos do motor. Esse sistema foi calibrado previamente num canal

seccional o que possibilitou estabelecer a relação entre a vazão turbinada em cada uma das unidades e a rotação da hélice 1.

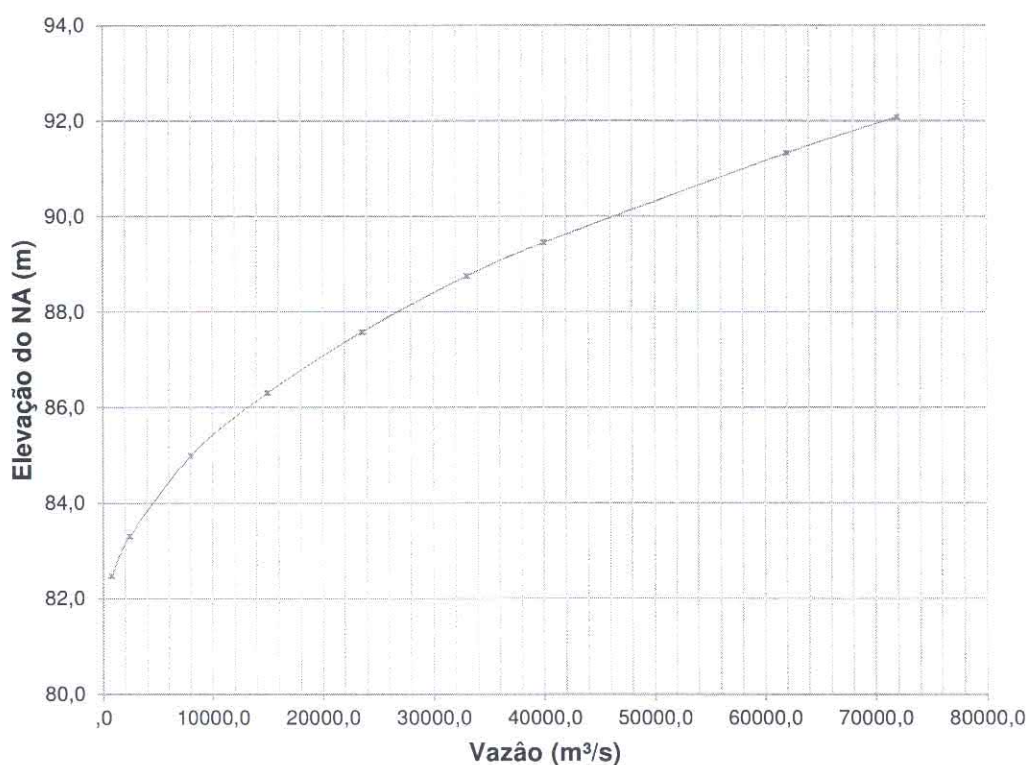


Figura 2 – Curva Chave do limite de jusante do modelo considerando os canais localizados entre a margem esquerda e a Ilha Marciana fechados – Margem Direita

A diferença entre a vazão total do ensaio e a vazão turbinada total ($Q = 2.280 \text{ m}^3/\text{s}$) foi descarregada pelo vertedouro através de sua operação com abertura parcial das comportas, as quais foram determinadas previamente em uma campanha específica de ensaios. O número de vãos que operaram para cada uma das vazões respeitou as orientações da NESA, recebidas pelo laboratório via e-mail no dia 18/09/2012.

A Tabela 2 apresenta as condições de operação do Vertedouro e da Casa de Força Complementar para os ensaios realizados nesse estudo.

Tabela 2 – Condições de operação do Vertedouro e da Casa de Força Complementar

| # | VAZÃO (m^3/s) | | | Nº DE VÃOS | ABERTURA* (m) |
|---|---------------------------------|-----------|---------|------------|---------------|
| | Total | Turbinada | Vertida | | |
| 1 | 2.280 | 2.280 | 0 | - | - |
| 2 | 4.000 | 2.280 | 1.720 | 8 | 1,09 |
| 3 | 8.000 | 2.280 | 5.720 | 16 | 1,89 |
| 4 | 12.000 | 2.280 | 9.720 | 18 | 2,85 |

Obs.: A abertura corresponde à distância vertical entre a borda inferior da comporta e o ponto de apoio da comporta sobre a soleira (El. 75,49 m).

II.1. Ensaio com a Alternativa Inicial

A Alternativa Inicial da geometria do aterro do lado esquerdo da Casa de Força Complementar constitui-se no prolongamento linear do aterro previsto, conforme indicado no Desenho D 3, em anexo. Esse aterro foi reproduzido no modelo com material granular de diâmetro médio correspondente a 1,22 m, conforme pode ser observado na Figura 3.

Nos testes com essa configuração foram feitos os seguintes registros e medições:

- Medições de nível nas pontas limimétricas e nos pontos de interesse, indicados no Desenho D 1. Os resultados dessas medições encontram-se indicados no Quadro I, em anexo;
- Velocidades máximas e médias nos pontos de interesse, descritos no Desenho D 3. Os resultados dessas medições encontram-se indicados no Quadro II;
- Verificação do sentido do fluxo na região próxima aos pontos de medição de velocidade. Os resultados dessas observações encontram-se indicados nos Desenhos D 4 a D 7, em anexo;
- Registros fotográficos e filmagens.

A seguir serão descritas as principais observações feitas durante a realização dos testes.

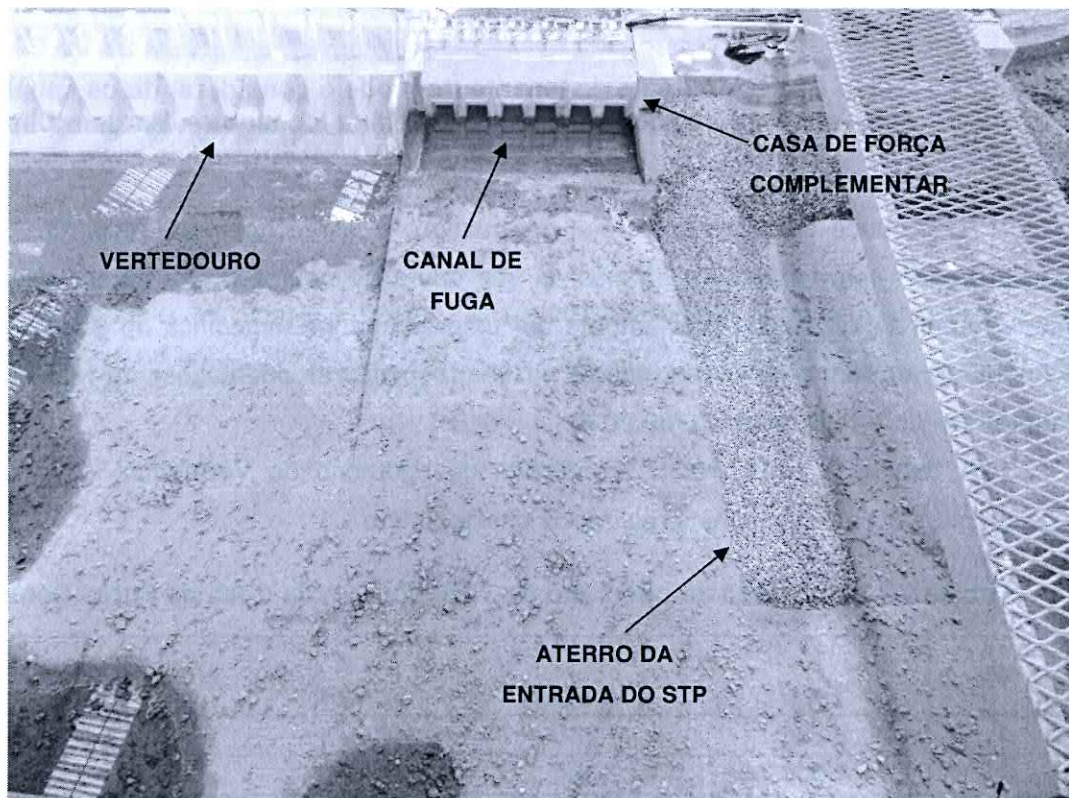


Figura 3 – Alternativa Inicial – Vista de jusante

Teste 1 – Operação isolada da Casa de Força Complementar com a Vazão Máxima Turbinada ($Q = 2.280 \text{ m}^3/\text{s}$)

A configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar para o teste com a vazão máxima turbinada ocorreu conforme indicado na Figura 4. Nessa região, os níveis de água médios foram de 84,18 m no canal de fuga e de 83,93 no ponto B5 (ver posição no Desenho D 3).

Observou-se que, logo a jusante do canal de fuga, o fluxo adere ao talude do aterro do STP permanecendo assim até o seu trecho final, onde ocorre o descolamento com a formação de uma pequena circulação anti-horária.

A maior velocidade registrada foi de 2,6 m/s e ocorreu nas posições A1 e B3, conforme indicado no Quadro II e no Desenho D 4, em anexo.

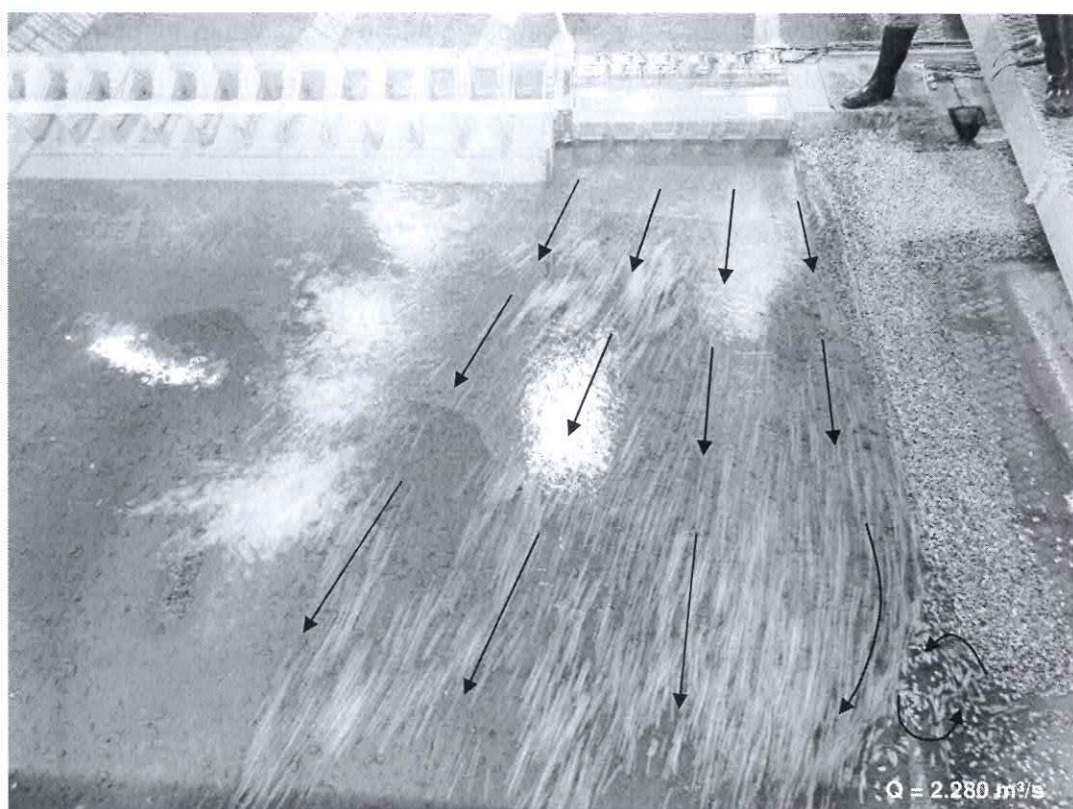


Figura 4 – Alternativa Inicial – $Q = 2.280 \text{ m}^3/\text{s}$ – Configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar

Teste 2 – Operação conjunta entre a Casa de Força Complementar e o Vertedouro com a vazão total de 4.000 m³/s

A configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar para o teste com a vazão total de 4.000 m³/s ocorreu conforme indicado na Figura 5. Nessa região, os níveis de água médios foram de 84,85 m no canal de fuga e de 84,90 no ponto B5 (ver posição no Desenho D 3).

Observou-se que, de maneira semelhante ao ocorrido no ensaio com a vazão máxima turbinada, logo a jusante do canal de fuga, o fluxo adere ao talude do aterro do STP permanecendo assim até o seu trecho final. Nessa região ocorre o descolamento sem, entretanto, a formação de uma circulação bem definida.

A maior velocidade registrada foi de 2,6 m/s e ocorreu na posição A1, conforme indicado no Quadro II e no Desenho D 5. A jusante desse ponto o escoamento foi menos intenso não tendo sido registradas velocidades superiores a 2,1 m/s.

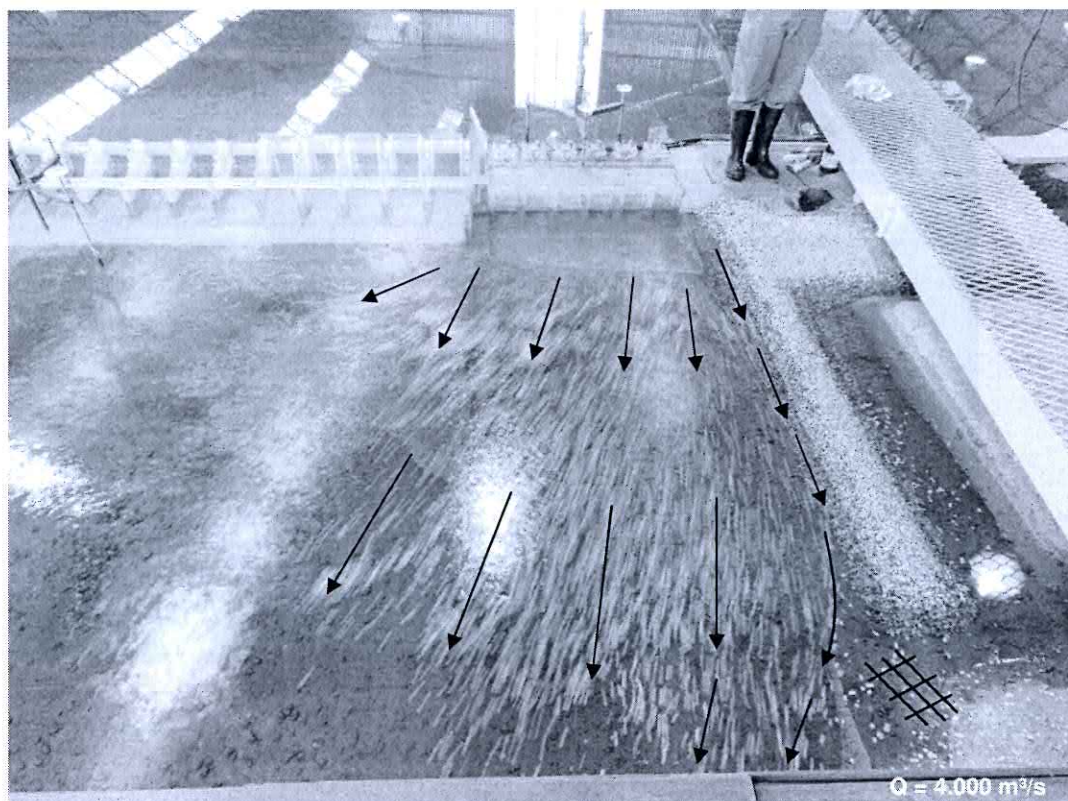


Figura 5 – Alternativa Inicial – $Q = 4.000 \text{ m}^3/\text{s}$ – Configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar

Teste 3 – Operação conjunta entre a Casa de Força Complementar e o Vertedouro com a vazão total de 8.000 m³/s

A configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar para o teste com a vazão total de 8.000 m³/s ocorreu conforme indicado na Figura 6. Nessa região, os níveis de água médios foram de 86,20 m no canal de fuga e de 86,21 m no ponto B5 (ver posição no Desenho D 3).

Neste teste, a operação do vertedouro ocorreu através da abertura parcial de 16 das 18 comportas. Desse modo, verificou-se que o fluxo descarregado pelas comportas localizadas mais à esquerda do vertedouro influenciou o escoamento a jusante do canal de fuga. Essa influência, evidenciada pelo aumento da turbulência do escoamento, conforme indicado na Figura 6, é mais intensa nas regiões próximas ao vertedouro. O fluxo efluente por essa estrutura, aparentemente, não interferiu de maneira significativa no escoamento que ocorre próximo ao talude do STP uma vez que, as linhas de corrente permaneceram semelhantes às observadas nos testes anteriores.

Observou-se que, de maneira semelhante ao ocorrido no ensaio com a vazão total de 4.000 m³/s, logo a jusante do canal de fuga, o fluxo adere ao talude do aterro do STP permanecendo assim até o seu trecho final. Não foi observada a ocorrência de descolamento do escoamento nem a formação de circulações nessa região.

A maior velocidade registrada foi de 2,6 m/s e ocorreu na posição B1, conforme indicado no Quadro II e no Desenho D 6. A jusante desse ponto o escoamento foi menos intenso não tendo sido registradas velocidades superiores a 1,8 m/s.



Figura 6 – Alternativa Inicial – Q = 8.000 m³/s – Configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar

Teste 4 – Operação conjunta entre a Casa de Força Complementar e o Vertedouro com a vazão total de 12.000 m³/s

A configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar para o teste com a vazão total de 12.000 m³/s ocorreu conforme indicado na Figura 7. Nessa região, os níveis de água médios foram de 87,24 m no canal de fuga e de 87,21 no ponto B5 (ver posição no Desenho D 3).

Neste teste, a operação do vertedouro ocorreu através da abertura parcial de todas comportas. Desse modo, de maneira semelhante ao ocorrido no teste anterior, verificou-se que o fluxo descarregado pelas comportas localizadas mais à esquerda do vertedouro influenciou o escoamento a jusante do canal de fuga, aumentando a sua turbulência. Entretanto, o fluxo efluente por essa estrutura, aparentemente, não interferiu de maneira significativa no escoamento que ocorre próximo ao talude do STP, uma vez que, as linhas de corrente permaneceram paralelas ao aterro. Conforme pode ser observado na Figura 7, não ocorreu descolamento do escoamento nem a formação de circulações nessa região.

A maior velocidade registrada foi de 2,3 m/s e ocorreu na posição B1, conforme indicado no Quadro II e no Desenho D 7. Os registros de velocidade indicaram que, em geral, o escoamento próximo ao aterro (alinhamento B – ver posição no Desenho D 3) foi pouco mais intenso quando comparado com o existente nas regiões localizadas mais ao centro do canal central (alinhamento A – ver Desenho D 3).



Figura 7 – Alternativa Inicial – Q = 12.000 m³/s – Configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar

II.2. Ensaio Exploratórios

No dia 27/09/2012 foi realizada, na presença dos engenheiros NESA e seu consultor, uma série de ensaios exploratórios nos quais foram observadas as condições de escoamento e realizadas medições de velocidades junto ao talude da entrada do STP para as Alternativas Inicial e Intermediária. Com base nas condições do escoamento verificadas nesses ensaios, a NESA, em conjunto com seu consultor definiu que a Alternativa Intermediária não necessitaria ser estudada, uma vez que o desempenho hidráulico da segunda configuração seria satisfatório.

II.3. Ensaio com a Alternativa Final

O estudo prosseguiu com a caracterização do escoamento para a Alternativa Final da geometria do aterro do lado esquerdo da Casa de Força Complementar. Essa configuração diferencia-se da Inicial pela deflexão do aterro da entrada do STP em aproximadamente 25°, de maneira que o seu final coincidissem com o final do aterro da Subestação, conforme indicado no Desenho D 8, em anexo. De maneira semelhante à Alternativa Inicial, o aterro foi reproduzido no modelo com material granular de diâmetro médio correspondente a 1,22 m, conforme pode ser observado na Figura 8.

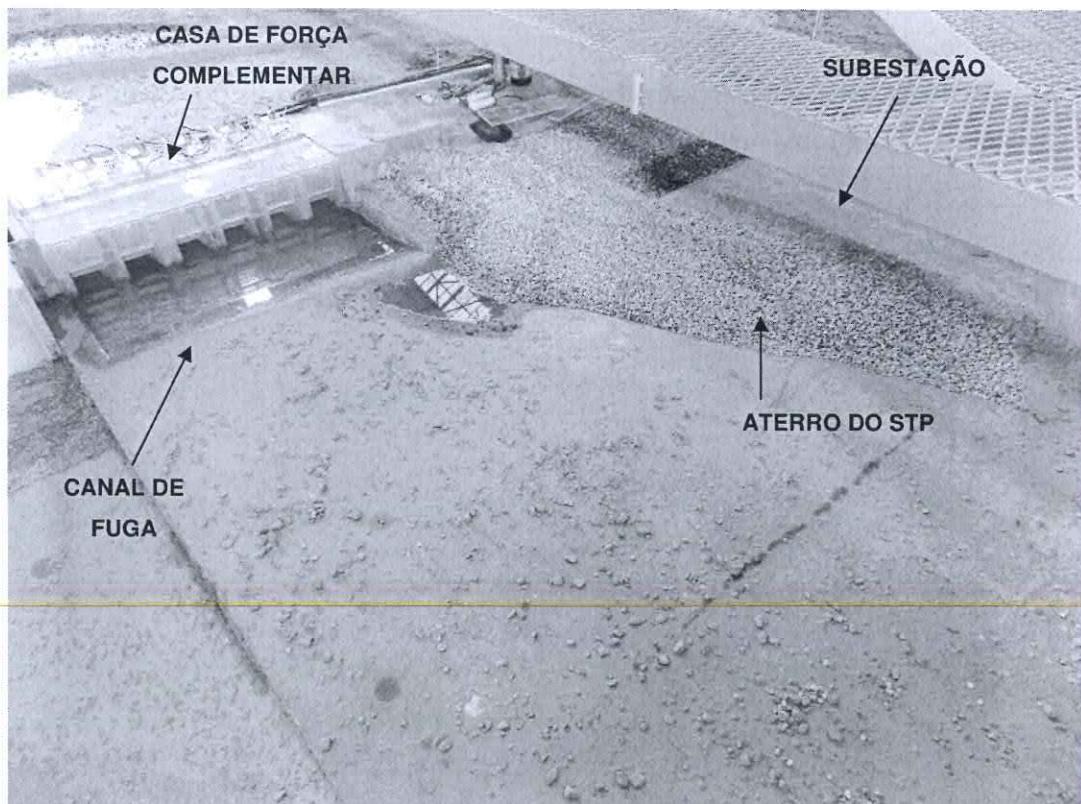


Figura 8 – Alternativa Final – Vista de jusante

Nos testes com essa configuração foram feitos os seguintes registros e medições:

- Medições de níveis nas pontas limimétricas e nos pontos de interesse, indicados no Desenho D 1. Os resultados dessas medições encontram-se indicados no Quadro I, em anexo;

- Velocidades máximas e médias nos pontos de interesse, descritos no Desenho D 8. Os resultados dessas medições encontram-se indicados no Quadro III;
- Verificação do sentido do fluxo na região próxima aos pontos de medição de velocidade. Os resultados dessas observações encontram-se indicados nos Desenhos D 9 a D 12, em anexo;
- Registros fotográficos e filmagens.

A seguir serão descritas as principais observações feitas durante a realização dos testes.

Teste 1 – Operação isolada da Casa de Força Complementar com a Vazão Máxima Turbinada ($Q = 2.280 \text{ m}^3/\text{s}$)

A configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar para o teste com a vazão máxima turbinada ocorreu conforme indicado na Figura 9. Nessa região, os níveis de água médios foram de 84,13 m no canal de fuga e de 84,00 no ponto B5 (ver Desenho D 8).

Verificou-se que, aproximadamente 20 metros após a posição D2, o fluxo descola do talude gerando uma região com uma circulação horária de baixas velocidades, conforme indicado na Figura 9. Nas proximidades do talude foi observada uma pequena corrente de retorno, com baixa velocidade.

A maior velocidade registrada foi de 2,6 m/s e ocorreu nas posições A1, A2 e B3, conforme indicado no Quadro III e no Desenho D 9, em anexo.



Figura 9 – Alternativa Final – $Q = 2.280 \text{ m}^3/\text{s}$ – Configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar

Teste 2 – Operação conjunta entre a Casa de Força Complementar e o Vertedouro com a vazão total de 4.000 m³/s

A configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar para o teste com a vazão total de 4.000 m³/s ocorreu conforme indicado na Figura 10. Nessa região, os níveis de água médios foram de 84,89 m no canal de fuga e de 84,87 no ponto B5 (ver Desenho D 8).

Verificou-se que, o descolamento do fluxo do talude, para essa vazão, ocorreu pouco a montante quando comparada com a vazão de 2.280 m³/s. Da mesma forma que ocorre no ensaio com a vazão máxima turbinada, esse descolamento gera uma região de baixas velocidades e com formação de uma circulação anti-horária, conforme indicado na Figura 10. Nas proximidades do talude foi observado uma pequena corrente de retorno, com baixas velocidades.

A maior velocidade registrada foi de 2,6 m/s e ocorreu na posição A1, conforme indicado no Quadro III e no Desenho D 10, em anexo.



Figura 10 – Alternativa Final – Q = 4.000 m³/s – Configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar

**Teste 3 – Operação conjunta entre a Casa de Força Complementar e o Vertedouro
com a vazão total de 8.000 m³/s**

A configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar para o teste com a vazão total de 8.000 m³/s ocorreu conforme indicado na Figura 11. Nessa região, os níveis de água médios foram de 86,17 m no canal de fuga e de 86,25 no ponto B5 (ver Desenho D 8).

Conforme indicado na Figura 11 e no Desenho D 11, a configuração do escoamento para essa vazão foi muito semelhante à observada no Teste 2, o qual simulou uma vazão de 4.000 m³/s.

A maior velocidade registrada foi de 2,6 m/s e ocorreu na posição A1, conforme indicado no Quadro III e no Desenho D 11, em anexo.



Figura 11 – Alternativa Final – Q = 8.000 m³/s – Configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar

**Teste 4 – Operação conjunta entre a Casa de Força Complementar e o Vertedouro
com a vazão total de 12.000 m³/s**

A configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar para o teste com a vazão total de 12.000 m³/s ocorreu conforme indicado na Figura 12. Nessa região, os níveis de água médios foram de 87,27 m no canal de fuga e de 87,23 no ponto B5 (ver Desenho D 8).

Conforme indicado na Figura 12 e no Desenho D 12, a configuração do escoamento para essa vazão foi muito semelhante às observadas nos Testes 2 e 3, que simularam as vazões de 4.000 m³/s e 8.000 m³/s, respectivamente.

A maior velocidade registrada foi de 1,9 m/s e ocorreu nas posições A1, conforme indicado no Quadro III e no Desenho D 12, em anexo.



Figura 12 – Alternativa Final – $Q = 12.000 \text{ m}^3/\text{s}$ – Configuração do escoamento a jusante da Casa de Força Complementar

III. Considerações Finais

Os resultados obtidos nos ensaios apresentados neste relatório permitem fazer as seguintes considerações finais:

Ensaio com a Alternativa Inicial

- Observou-se que, em todos os testes, logo a jusante do canal de fuga, o fluxo adere ao talude do aterro do STP permanecendo assim até o seu trecho final. Para a vazão de 2.280 m³/s, nessa região ocorre o descolamento com a formação de uma pequena circulação anti-horária de baixa velocidade. Para a vazão de 4.000 m³/s o descolamento ocorre, sem, entretanto ser verificada a formação da circulação. Para as demais vazões, o fluxo permanece aderido ao longo de toda a extensão do talude;
- Os registros efetuados indicam que o escoamento não possui grandes gradientes de velocidades nessa região, tendo, em geral, velocidades médias da ordem de 1,6 m/s. A maior velocidade registrada foi de 2,6 m/s e ocorreu nas proximidades do Canal de Fuga;
- Nos testes com as vazões de 8.000 m³/s e 12.000 m³/s, observou-se que o fluxo descarregado pelas comportas localizadas mais à esquerda do vertedouro influenciou o escoamento a jusante do canal de fuga. Essa influência, evidenciada pelo aumento da turbulência do escoamento, é mais intensa nas regiões próximas ao vertedouro, não interferindo de maneira significativa no escoamento que ocorre próximo ao talude do STP.

Ensaio Exploratórios

- Com base nas condições do escoamento verificadas nos ensaios exploratórios, realizados no dia 27/09/2012, a NESA, em conjunto com seu consultor definiu que a Alternativa Intermediária não necessitaria ser estudada, uma vez que o desempenho hidráulico da segunda configuração seria satisfatório;

Ensaio com a Alternativa Final

- Observou-se que, em todos os testes, ocorre o descolamento do fluxo logo a jusante da deflexão existente na configuração geométrica estudada nessa alternativa. Esse descolamento ocorreu num trecho pouco mais a jusante para a vazão de 2.280 m³/s do que para as demais vazões ensaiadas;
- Em todos os testes, o descolamento do fluxo formou uma circulação anti-horária o qual ocasionou correntes de retorno junto ao talude do aterro da entrada do STP em praticamente todo o trecho a jusante da deflexão.
- A maior velocidade registrada foi de 2,6 m/s e ocorreu nas proximidades do Canal de Fuga, para as vazões de 2.280 m³/s, 4.000 m³/s e 8.000 m³/s. Para o ensaio de 12.000 m³/s, conforme pode ser observado no Quadro III, o escoamento foi sensivelmente mais lento, devido aos níveis de água mais elevados.

Anexos

Quadro I – Níveis de água ao longo do modelo

| # | NÍVEIS DE ÁGUA COM A ALTERNATIVA INICIAL (m) | | | | | | | | | | | | NÍVEIS DE ÁGUA COM A ALTERNATIVA FINAL (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|--|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|
| | Q = 2.280 m³/s | | | | Q = 4.000 m³/s | | | | Q = 8.000 m³/s | | | | Q = 12.000 m³/s | | | | Q = 2.280 m³/s | | | | Q = 4.000 m³/s | | | | Q = 8.000 m³/s | | | | Q = 12.000 m³/s | | | | | | |
| | MIN | MÉD | MAX | | MIN | MÉD | MAX | | MIN | MÉD | MAX | | MIN | MÉD | MAX | | MIN | MÉD | MAX | | MIN | MÉD | MAX | | MIN | MÉD | MAX | | MIN | MÉD | MAX | | MIN | MÉD | MAX |
| PL 8 | - | 83,35 | - | - | 84,03 | - | - | - | 85,23 | - | - | - | 86,20 | - | - | - | 83,33 | - | - | - | 84,00 | - | - | - | 85,24 | - | - | - | 86,16 | - | - | - | | | |
| PL 9 | - | 83,28 | - | - | 83,91 | - | - | - | 84,96 | - | - | - | 85,81 | - | - | - | 83,27 | - | - | - | 83,99 | - | - | - | 85,01 | - | - | - | 85,79 | - | - | - | | | |
| PL 10 | - | 83,50 | - | - | 83,80 | - | - | - | 84,78 | - | - | - | 85,59 | - | - | - | 83,48 | - | - | - | 83,74 | - | - | - | 84,82 | - | - | - | 85,54 | - | - | - | | | |
| NA 01 | 83,89 | 83,92 | 83,95 | 84,77 | 84,80 | 84,83 | 84,83 | 86,13 | 86,20 | 86,26 | 86,26 | 86,95 | 87,05 | 87,14 | 87,14 | 83,86 | 83,91 | 83,95 | 84,74 | 84,79 | 84,79 | 84,83 | 84,83 | 86,09 | 86,15 | 86,20 | 86,20 | 86,89 | 87,07 | 87,10 | 87,10 | 87,24 | | | |
| NA 02 | - | - | - | - | - | - | - | 86,12 | 86,13 | 86,14 | 86,14 | 87,10 | 87,12 | 87,14 | 87,14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 86,13 | - | - | 87,01 | 87,06 | 87,10 | 87,10 | 87,24 | | | |
| NA 03 | - | - | - | - | - | - | - | 85,90 | 85,93 | 85,95 | 85,95 | 86,55 | 86,62 | 86,69 | 86,69 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 85,86 | 85,89 | 85,92 | 86,57 | 86,64 | 86,70 | 86,70 | 87,13 | | | |
| NA 04 | 83,85 | 83,93 | 84,00 | 84,77 | 84,80 | 84,82 | 84,82 | 86,04 | 86,10 | 86,15 | 86,15 | 86,94 | 87,03 | 87,12 | 87,12 | 83,89 | 83,93 | 83,96 | 84,73 | 84,76 | 84,76 | 84,79 | 84,79 | 85,95 | 86,05 | 86,14 | 86,14 | 86,81 | 86,97 | 87,13 | 87,13 | 87,24 | | | |
| NA 05 | 83,85 | 83,93 | 84,00 | - | 84,69 | - | - | 85,18 | 85,55 | 85,92 | 85,92 | 85,83 | 86,13 | 86,42 | 86,42 | 83,84 | 83,92 | 84,00 | 84,41 | 84,58 | 84,58 | 84,74 | 84,74 | 85,25 | 85,56 | 85,87 | 85,87 | 86,37 | 86,04 | 86,70 | 86,70 | 87,13 | | | |
| NA 06 | 83,84 | 84,01 | 84,18 | 84,61 | 84,78 | 84,95 | 84,95 | 85,86 | 86,00 | 86,13 | 86,13 | 86,77 | 86,91 | 87,05 | 87,05 | 83,81 | 83,95 | 84,08 | 84,61 | 84,78 | 84,78 | 84,95 | 84,95 | 85,73 | 85,90 | 86,06 | 86,06 | 86,61 | 86,86 | 87,10 | 87,10 | 87,24 | | | |
| NA 10 | 83,86 | 83,99 | 84,11 | 84,72 | 84,86 | 85,01 | 85,01 | 86,16 | 86,20 | 86,24 | 86,24 | 86,93 | 87,13 | 87,32 | 87,32 | 83,87 | 84,00 | 84,13 | 84,75 | 84,88 | 84,88 | 85,01 | 85,01 | 86,11 | 86,21 | 86,30 | 86,30 | 86,99 | 87,16 | 87,32 | 87,32 | 87,24 | | | |
| CFJ | 83,97 | 84,18 | 84,39 | 84,66 | 84,85 | 85,03 | 85,03 | 86,01 | 86,20 | 86,38 | 86,38 | 87,10 | 87,24 | 87,38 | 87,38 | 83,75 | 84,13 | 84,50 | 84,64 | 84,89 | 84,89 | 85,13 | 85,13 | 85,84 | 86,17 | 86,50 | 86,50 | 87,05 | 87,27 | 87,49 | 87,49 | 87,24 | | | |
| NA _{sec} | 83,88 | 83,97 | 84,05 | 84,83 | 84,90 | 84,97 | 84,97 | 86,19 | 86,22 | 86,25 | 86,25 | 87,14 | 87,20 | 87,25 | 87,25 | 83,84 | 83,95 | 84,05 | 84,79 | 84,91 | 84,91 | 85,02 | 85,02 | 86,15 | 86,20 | 86,24 | 86,24 | 87,10 | 87,18 | 87,26 | 87,26 | 87,24 | | | |
| B5 | 83,83 | 83,93 | 84,03 | 84,83 | 84,90 | 84,93 | 84,93 | 86,11 | 86,21 | 86,31 | 86,31 | 87,10 | 87,21 | 87,32 | 87,32 | 83,93 | 84,00 | 84,07 | 84,80 | 84,87 | 84,87 | 84,93 | 84,93 | 86,16 | 86,25 | 86,33 | 86,33 | 87,11 | 87,23 | 87,34 | 87,34 | 87,24 | | | |

* Obs.: 1 – As posições das pontas limimétricas estão indicadas no Desenho D 1;

2 – As posições dos pontos de medição de nível estão indicadas no Desenho D 2.

Quadro II – Velocidades a jusante da Casa de Força Complementar – Alternativa Inicial

| PTO | POSIÇÃO | Q = 2.280 m ³ /s | | Q = 4.000 m ³ /s | | Q = 8.000 m ³ /s | | Q = 12.000 m ³ /s | |
|-----|------------|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|------------------------------|----------|
| | | MÉD | MAX | MÉD | MAX | MÉD | MAX | MÉD | MAX |
| A1 | Fundo | 1,6 | 2,3 | 1,6 | 2,3 | 1,2 | 1,7 | 0,8 | 1,3 |
| | Meio | 1,9 | 2,6 | 1,6 | 2,6 | 1,4 | 2,1 | 1,0 | 1,5 |
| | Superfície | 1,9 | 2,6 | 1,6 | 2,6 | 1,4 | 2,1 | 1,0 | 1,7 |
| A2 | Fundo | 1,6 | 2,1 | 1,3 | 1,8 | 1,2 | 1,7 | 0,9 | 1,3 |
| | Meio | 1,9 | 2,3 | 1,4 | 2,1 | 1,3 | 1,8 | 1,0 | 1,3 |
| | Superfície | - | - | - | - | - | - | 1,1 | 1,7 |
| A3 | Fundo | 1,9 | 2,3 | 1,3 | 1,9 | 1,2 | 1,5 | 1,0 | 1,5 |
| | Meio | - | - | 1,4 | 2,1 | 1,3 | 1,5 | 1,2 | 2,1 |
| | Superfície | - | - | - | - | - | - | - | - |
| A4 | Fundo | 1,7 | 2,3 | 1,2 | 1,5 | 1,0 | 1,3 | 1,1 | 1,3 |
| | Meio | - | - | 1,3 | 1,7 | 1,1 | 1,4 | 1,1 | 1,4 |
| | Superfície | - | - | - | - | - | - | - | - |
| A5 | Fundo | 1,6 | 2,1 | 1,1 | 1,4 | 0,9 | 1,2 | 1,0 | 1,3 |
| | Meio | - | - | 1,3 | 1,7 | 1,0 | 1,3 | 1,2 | 1,3 |
| | Superfície | - | - | - | - | - | - | - | - |
| B1 | Fundo | 0,5 | 1,0/-0,6 | 0,5 | 1,0/-0,3 | 0,3 | 0,6/-0,4 | 0,4 | 0,8/-0,3 |
| | Meio | 0,8 | 1,4/-0,3 | 0,8 | 1,3 | 0,9 | 1,5 | 1,0 | 1,7 |
| | Superfície | 1,6 | 2,3 | 1,9 | 2,3 | 1,6 | 2,6 | 1,6 | 2,3 |
| B2 | Fundo | 1,4 | 1,9 | 1,3 | 1,7 | 1,0 | 1,3 | 1,1 | 1,4 |
| | Meio | 1,6 | 2,1 | 1,3 | 1,8 | 1,2 | 1,6 | 1,2 | 1,7 |
| | Superfície | - | - | - | - | - | - | 1,4 | 1,9 |
| B3 | Fundo | 2,1 | 2,6 | 1,5 | 1,9 | 1,2 | 1,4 | 1,2 | 1,5 |
| | Meio | - | - | 1,6 | 2,0 | 1,3 | 1,6 | 1,3 | 1,7 |
| | Superfície | - | - | - | - | - | - | - | - |
| B4 | Fundo | 1,6 | 2,1 | 1,3 | 1,7 | 1,0 | 1,3 | 1,2 | 1,5 |
| | Meio | - | - | 1,5 | 1,9 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,7 |
| | Superfície | - | - | - | - | - | - | - | - |
| B5 | Fundo | 1,3 | 1,8 | 1,1 | 1,4 | 0,8 | 1,1 | 0,9 | 1,2 |
| | Meio | - | - | 1,3 | 1,6 | 1,1 | 1,3 | 1,3 | 1,5 |
| | Superfície | - | - | - | - | - | - | - | - |

Obs.: 1 – As posições dos pontos de medição de velocidades estão indicadas no Desenho D 3;

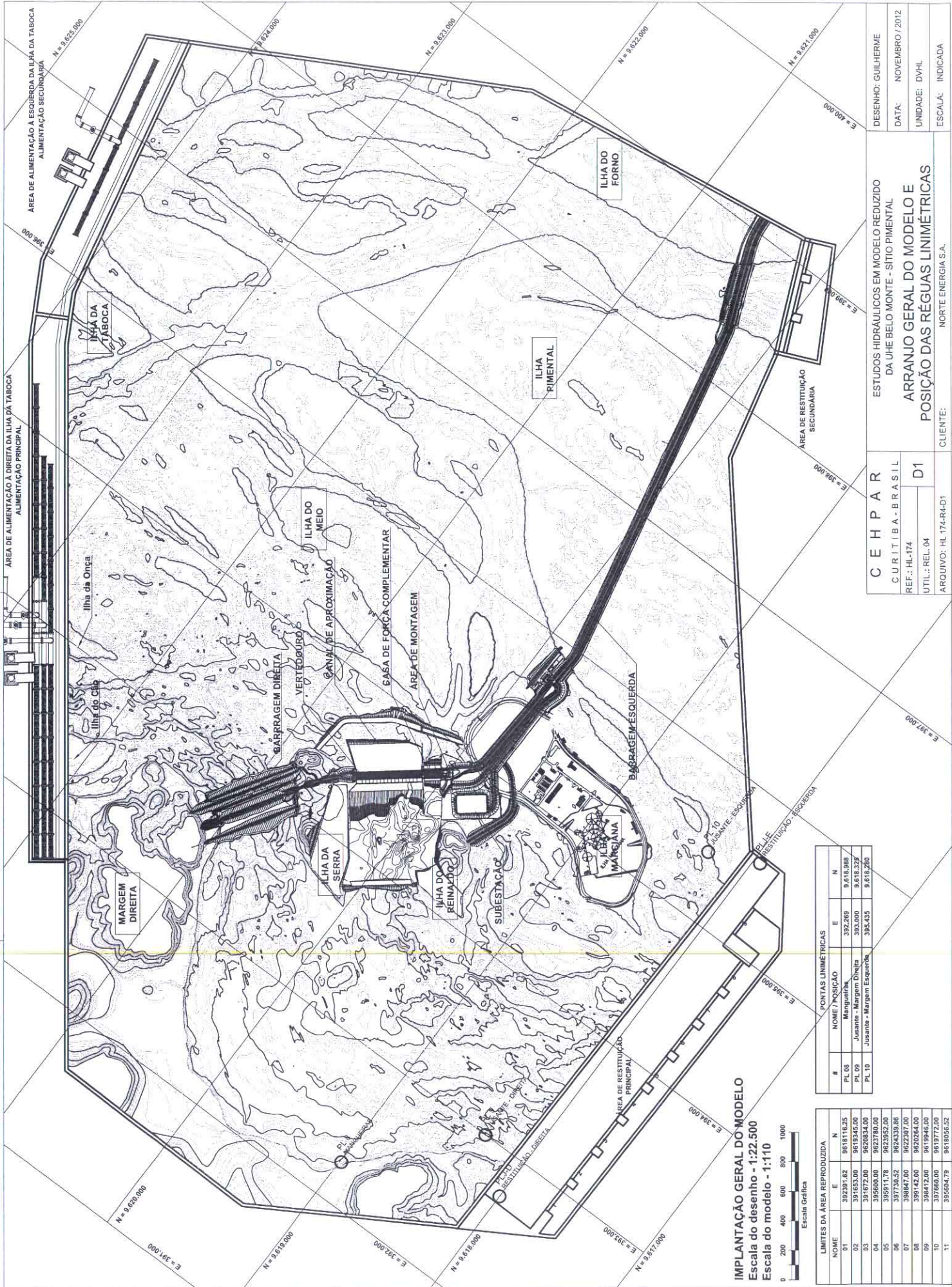
2 – As linhas de corrente observadas durante os ensaios estão indicadas nos Desenhos D 4 a D 7.

Quadro III – Velocidades a jusante da Casa de Força Complementar – Alternativa Final

| PTO | Q = 2.280 m³/s | | | Q = 4.000 m³/s | | | Q = 8.000 m³/s | | | Q = 12.000 m³/s | | | PTO | Q = 2.280 m³/s | | | Q = 4.000 m³/s | | | Q = 8.000 m³/s | | | Q = 12.000 m³/s | | | | | |
|-----|----------------|-----|-----|----------------|----------|-----|----------------|-----|-----|-----------------|-----|----------|------|----------------|------|------|----------------|------|-------|----------------|----------|------|-----------------|------|------|------|------|-----|
| | Posição | MÉD | MAX | MÉD | MAX | MED | MAX | MÉD | MAX | MÉD | MAX | MÉD | | MAX | MÉD | MAX | MÉD | MAX | MÉD | MAX | MÉD | MAX | MÉD | MAX | | | | |
| A1 | Fundo | 1,6 | 2,3 | 1,9 | 2,3 | 1,2 | 2,1 | 1,1 | 1,6 | Fundo | 1,2 | 1,5 | 1,2 | 1,6 | 0,7 | 1,0 | 0,8 | 1,2 | Fundo | 1,2 | 1,5 | 1,2 | 1,6 | 0,7 | 1,0 | 0,8 | 1,2 | |
| | Meio | 1,9 | 2,6 | 1,9 | 2,6 | 1,4 | 2,3 | 1,2 | 1,9 | Meio | - | - | 1,2 | 1,7 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 1,1 | Meio | - | - | 1,2 | 1,7 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 1,1 | 1,1 |
| | Sup. | 1,9 | 2,6 | 1,9 | 2,6 | 1,6 | 2,6 | 1,2 | 1,8 | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| A2 | Fundo | 1,7 | 2,2 | 1,6 | 2,3 | 1,3 | 1,7 | 1,1 | 1,6 | Fundo | 0,5 | 0,6 | ≈ 0 | ±0,4 | ≈ 0 | ≈ 0 | ≈ 0 | ±0,3 | Fundo | 0,5 | 0,6 | ≈ 0 | ±0,4 | ≈ 0 | ≈ 0 | ≈ 0 | ±0,3 | |
| | Meio | 1,9 | 2,6 | 1,6 | 2,3 | 1,3 | 1,9 | 1,2 | 1,5 | Meio | - | - | ≈ 0 | ±0,4 | ≈ 0 | ≈ 0 | ±0,4 | ±0,4 | Meio | - | - | ≈ 0 | ±0,4 | ≈ 0 | ≈ 0 | ±0,4 | ±0,4 | |
| | Sup. | - | - | - | - | - | - | 1,3 | 1,6 | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| A3 | Fundo | 2,1 | 2,3 | 1,6 | 2,1 | 1,3 | 1,7 | 1,1 | 1,3 | Fundo | 1,3 | 1,9 | 1,3 | 1,8 | 0,9 | 1,3 | 0,8 | 1,3 | Fundo | 1,3 | 1,9 | 1,3 | 1,8 | 0,9 | 1,3 | 0,8 | 1,3 | |
| | Meio | - | - | 1,7 | 2,1 | 1,4 | 0,4 | 1,2 | 1,5 | Meio | 1,6 | 2,1 | 1,4 | 2,0 | 1,1 | 1,5 | 0,8 | 1,3 | Meio | 1,6 | 2,1 | 1,4 | 2,0 | 1,1 | 1,5 | 0,8 | 1,3 | |
| | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| A4 | Fundo | 1,9 | 2,3 | 1,3 | 1,7 | 1,1 | 1,3 | 1,0 | 1,4 | Fundo | 1,3 | 1,7 | 1,3 | 1,8 | 1,1 | 1,5 | 1,0 | 1,3 | Fundo | 1,3 | 1,7 | 1,3 | 1,8 | 1,1 | 1,5 | 1,0 | 1,3 | |
| | Meio | - | - | 1,4 | 2,0 | 1,2 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | Meio | 1,5 | 2,1 | 1,5 | 2,1 | 1,1 | 1,5 | 1,1 | 1,5 | Meio | 1,5 | 2,1 | 1,5 | 2,1 | 1,1 | 1,5 | 1,1 | 1,5 | |
| | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| A5 | Fundo | 1,6 | 2,1 | 1,3 | 1,6 | 1,0 | 1,3 | 1,0 | 1,3 | Fundo | 1,3 | 1,7 | 1,3 | 1,8 | 0,7 | 1,1 | 1,0 | 1,3 | Fundo | 1,3 | 1,7 | 1,3 | 1,8 | 0,7 | 1,1 | 1,0 | 1,3 | |
| | Meio | - | - | 1,2 | 1,6 | 1,2 | 1,6 | 1,1 | 1,3 | Meio | 1,4 | 1,9 | 1,4 | 1,9 | 0,4 | 0,8 | 0,7 | 1,2 | Meio | 1,4 | 1,9 | 0,8 | 1,3 | 0,4 | 0,8 | 0,7 | 1,2 | |
| | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| B1 | Fundo | 1,3 | 1,8 | 0,5 | 1,0/-0,6 | 0,7 | 1,2 | 0,7 | 1,0 | Fundo | ≈ 0 | ±0,5 | -0,4 | 0,4/-0,6 | -0,4 | -0,5 | -0,4 | -0,5 | Fundo | ≈ 0 | ±0,5 | -0,4 | 0,4/-0,6 | -0,4 | -0,5 | -0,4 | -0,5 | |
| | Meio | 1,9 | 2,6 | 1,4 | 2,0 | 1,2 | 1,9 | 1,2 | 1,8 | Meio | - | - | - | - | - | - | - | - | Meio | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Sup. | - | - | 1,9 | 2,3 | 1,3 | 1,9 | 1,4 | 1,8 | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| B2 | Fundo | 1,4 | 2,0 | 1,2 | 1,7 | 0,9 | 1,3 | 1,0 | 1,4 | Fundo | 0,3 | 0,6/-0,4 | ≈ 0 | -0,3 | ≈ 0 | ≈ 0 | ≈ 0 | ±0,3 | Fundo | 0,3 | 0,6/-0,4 | ≈ 0 | -0,3 | ≈ 0 | ≈ 0 | ≈ 0 | ±0,3 | |
| | Meio | 1,6 | 2,3 | 1,3 | 2,0 | 1,2 | 1,6 | 1,2 | 1,5 | Meio | - | - | ≈ 0 | ±0,4 | ≈ 0 | ≈ 0 | ±4,0 | -0,5 | Meio | - | - | ≈ 0 | ±0,4 | ≈ 0 | ≈ 0 | ±4,0 | -0,5 | |
| | Sup. | - | - | - | - | - | - | 1,3 | 1,7 | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| B3 | Fundo | 1,6 | 2,1 | 1,2 | 1,7 | 1,0 | 1,3 | 1,1 | 1,5 | Fundo | ≈ 0 | ±0,7 | -0,3 | -0,5 | ≈ 0 | ≈ 0 | ≈ 0 | -0,4 | Fundo | ≈ 0 | ±0,7 | -0,3 | -0,5 | ≈ 0 | ≈ 0 | ≈ 0 | -0,4 | |
| | Meio | - | - | 1,4 | 1,9 | 1,1 | 1,4 | 1,3 | 1,5 | Meio | - | - | -0,3 | -0,4 | -0,3 | -0,4 | -0,3 | -0,4 | Meio | - | - | -0,3 | -0,4 | -0,3 | -0,4 | -0,3 | -0,4 | |
| | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| B4 | Fundo | 1,5 | 2,1 | 1,1 | 1,5 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 1,3 | Fundo | 1,3 | 1,9 | 1,3 | 1,8 | 1,1 | 1,5 | 1,0 | 1,3 | Fundo | 1,3 | 1,9 | 1,3 | 1,8 | 1,1 | 1,5 | 1,0 | 1,3 | |
| | Meio | - | - | 1,3 | 1,7 | 1,0 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | Meio | - | - | - | - | - | - | - | - | Meio | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| B5 | Fundo | 1,3 | 1,8 | 1,1 | 1,5 | 0,9 | 1,3 | 0,7 | 1,1 | Fundo | 1,3 | 1,7 | 1,3 | 1,8 | 1,1 | 1,5 | 1,0 | 1,3 | Fundo | 1,3 | 1,7 | 1,3 | 1,8 | 1,1 | 1,5 | 1,0 | 1,3 | |
| | Meio | - | - | 1,1 | 1,4 | 0,9 | 1,2 | 1,0 | 1,3 | Meio | - | - | - | - | - | - | - | - | Meio | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | Sup. | - | - | - | - | - | - | - | - | |

Obs.: 1 – As posições dos pontos de medição de velocidades estão indicadas no Desenho D 8;

2 – As linhas de corrente observadas durante os ensaios estão indicadas nos Desenhos D 9 a D 12.



IMPLANTAÇÃO GERAL DO MODELO
 Escala do desenho - 1:22.500
 Escala do modelo - 1:110

| LIMITES DA ÁREA REPRODUZIDA | | | |
|-----------------------------|-----------|------------|--|
| NOME | E | N | |
| 01 | 392397,62 | 9618176,25 | |
| 02 | 391653,00 | 9618345,00 | |
| 03 | 391672,00 | 9620834,00 | |
| 04 | 392600,00 | 9622700,00 | |
| 05 | 39317,78 | 962392,00 | |
| 06 | 39739,52 | 9624339,86 | |
| 07 | 398847,00 | 962307,00 | |
| 08 | 399142,00 | 9620264,00 | |
| 09 | 397625,00 | 9618942,00 | |
| 10 | 397625,00 | 9618765,25 | |
| 11 | 395604,73 | 9618656,52 | |

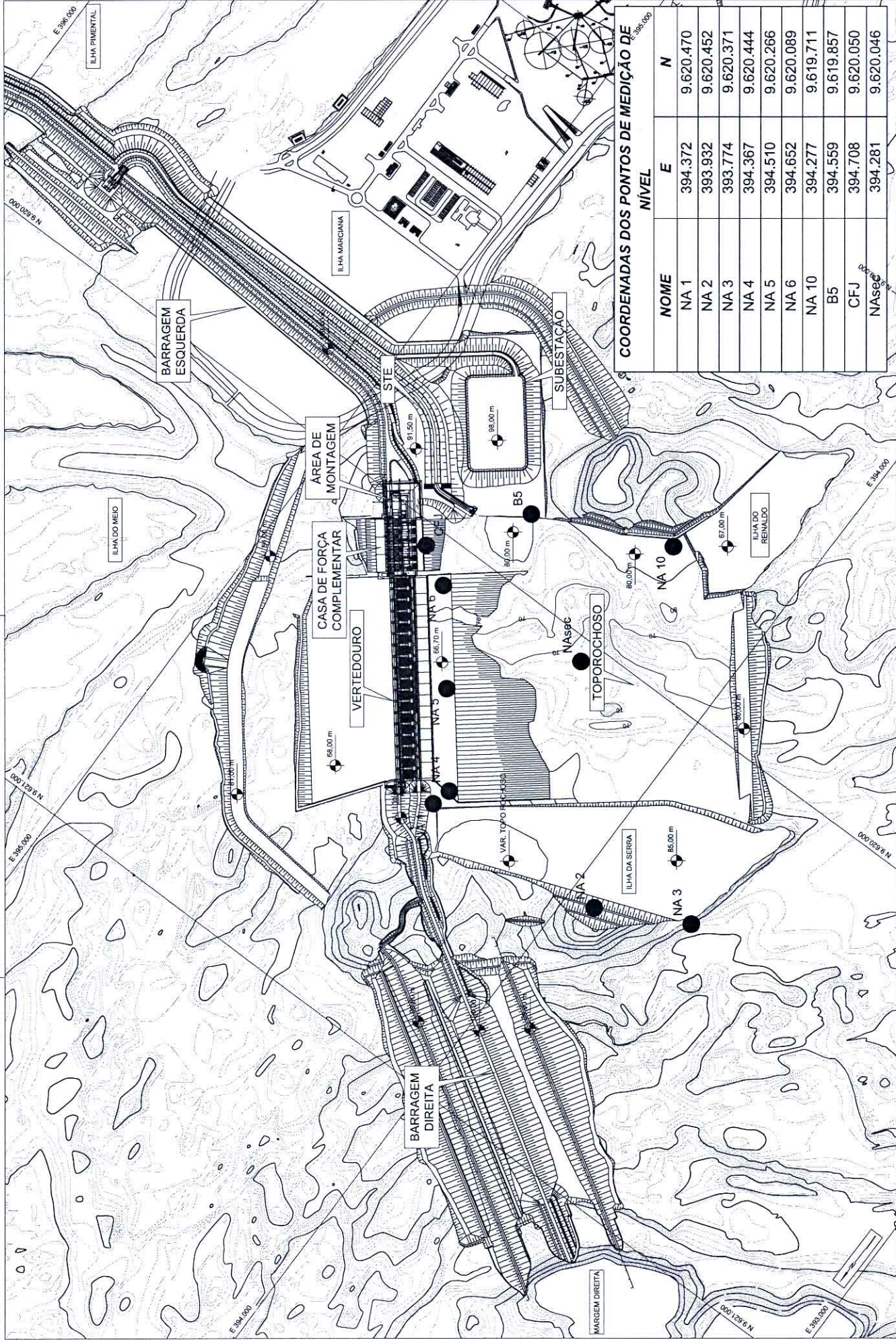
| PONTAS LINIMÉTRICAS | | | |
|---------------------|---------------------------|---------|-----------|
| # | NOME / POSIÇÃO | E | N |
| PL 08 | Marginalizante | 392.260 | 9.618.988 |
| PL 09 | Jusante - Margem Direita | 393.000 | 9.618.329 |
| PL 10 | Jusante - Margem Esquerda | 395.435 | 9.617.280 |

C E H P A R
 CURITIBA - BRASIL
 UTIL.: REL. 04
 ARQUIVO: HL 174-R4-D1

ESTUDOS HIDRÁULICOS EM MODELO REDUZIDO
 DA UHE BELO MONTE - SÍTIOS PIMENTAL
**ARRANJO GERAL DO MODELO E
 POSIÇÃO DAS RÉGUAS LINIMÉTRICAS**

DESENHO: GUILHERME
 DATA: NOVENO / 2012
 UNIDADE: DVHL
 ESCALA: INDICADA

CLIENTE: NORTE ENERGIA S.A.



COORDENADAS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL

| NOME | E | N |
|-------|---------|-----------|
| NA 1 | 394.372 | 9.620.470 |
| NA 2 | 393.932 | 9.620.452 |
| NA 3 | 393.774 | 9.620.371 |
| NA 4 | 394.367 | 9.620.444 |
| NA 5 | 394.510 | 9.620.266 |
| NA 6 | 394.652 | 9.620.089 |
| NA 10 | 394.277 | 9.619.711 |
| B5 | 394.559 | 9.619.857 |
| CFJ | 394.708 | 9.620.050 |
| NAspc | 394.281 | 9.620.046 |

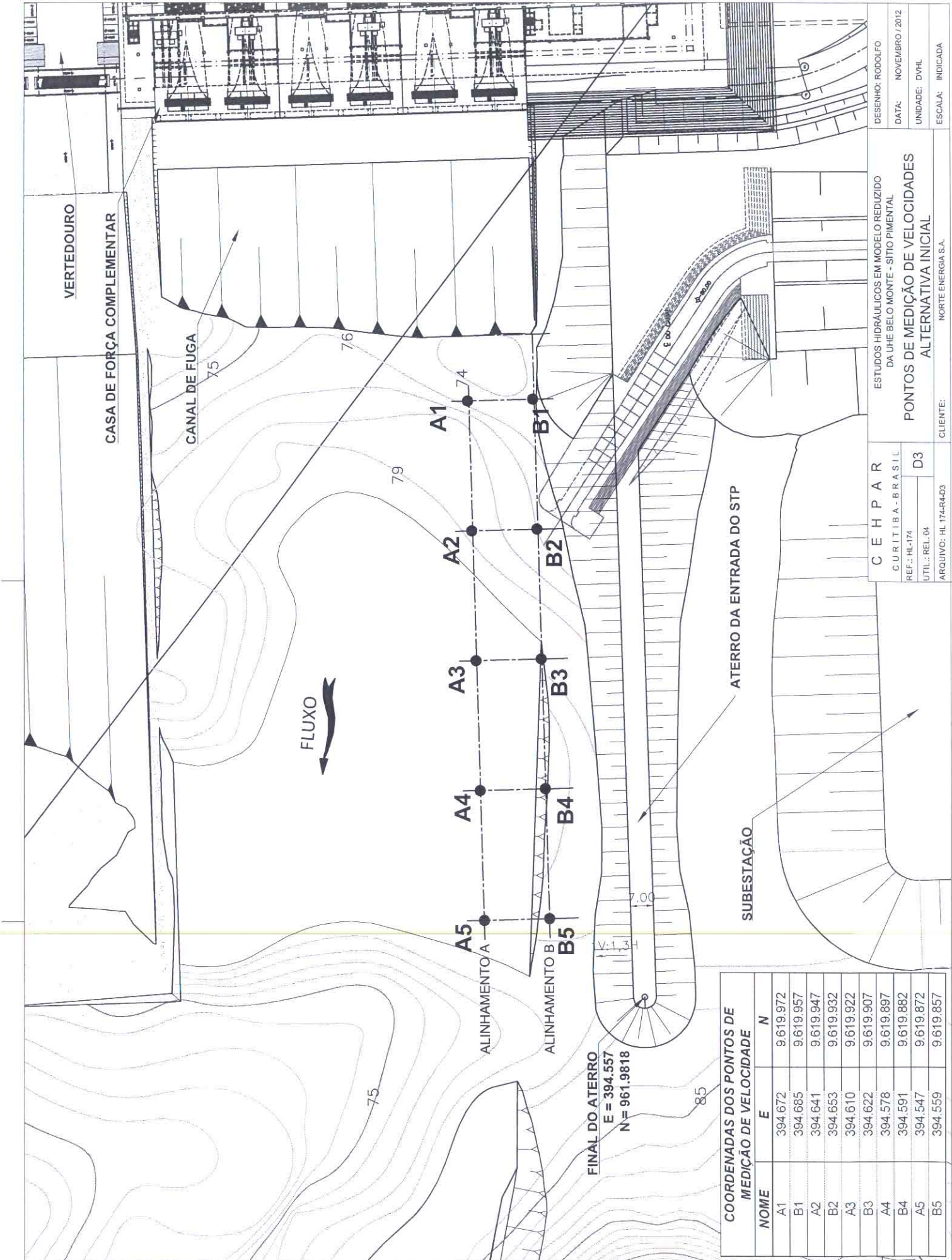
IMPLANTAÇÃO GERAL DO MODELO
 Escala do desenho - 1:7500
 Escala do modelo - 1:110

Escala Gráfica

C E H P A R
 CURITIBA - BRASIL
 REF.: HL-174
 UTIL.: REL.04
 ARQUIVO: HL 174-R4-D2

ESTUDOS HIDRÁULICOS EM MODELO REDUZIDO
 DA UHE BELO MONTE - SÍTIO PIMENTAL
IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS
ARRANJO GERAL - SÍTIO PIMENTAL
 CLIENTE: NORTE ENERGIA S.A.

DESENHO: RODOLFO
 DATA: NOVEMBRO / 2012
 UNIDADE: DVHL
 ESCALA: INDICADA



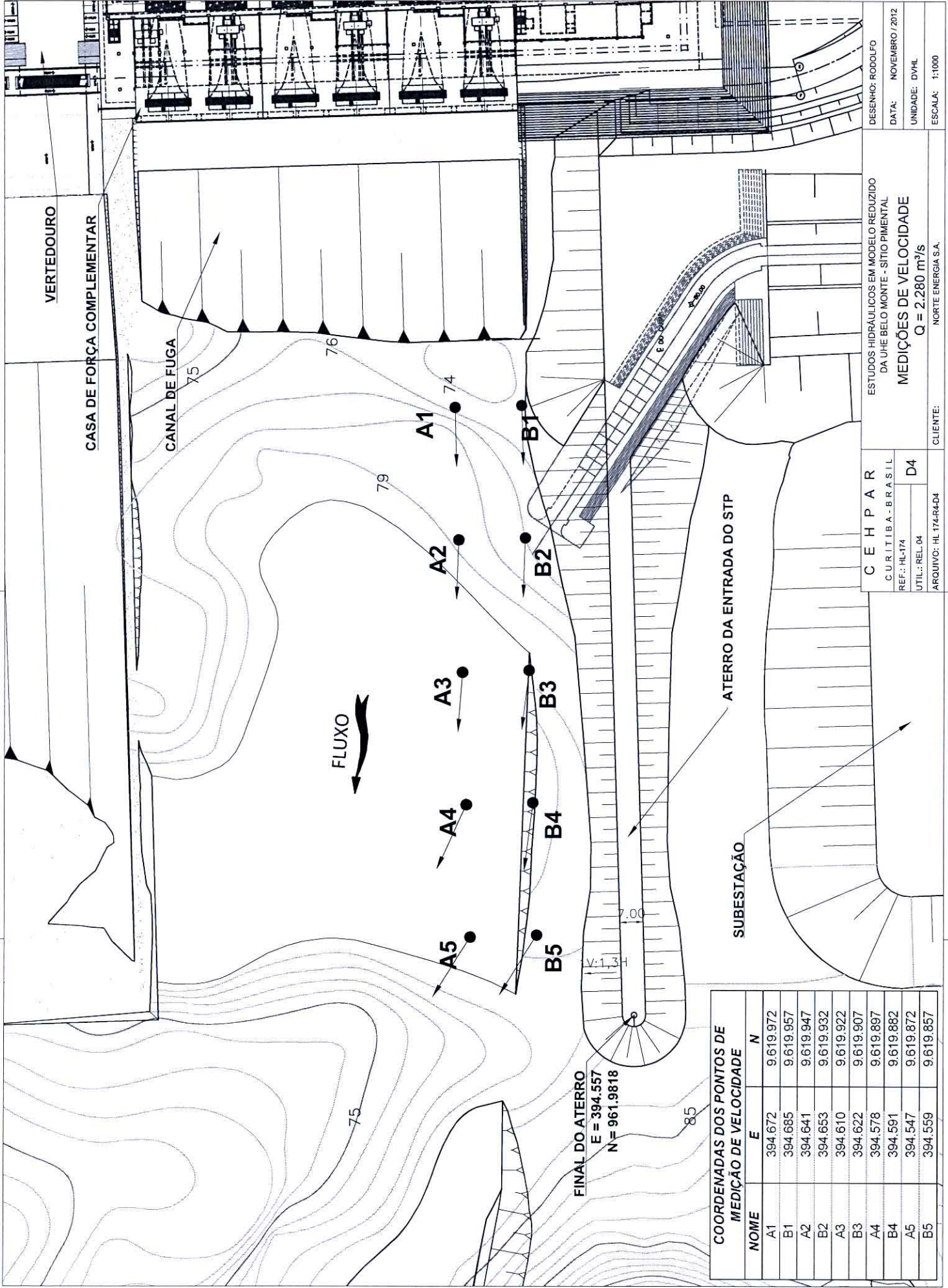
| COORDENADAS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE | | |
|---|---------|-----------|
| NOME | E | N |
| A1 | 394.672 | 9.619.972 |
| B1 | 394.685 | 9.619.957 |
| A2 | 394.641 | 9.619.947 |
| B2 | 394.653 | 9.619.932 |
| A3 | 394.610 | 9.619.922 |
| B3 | 394.622 | 9.619.907 |
| A4 | 394.578 | 9.619.897 |
| B4 | 394.591 | 9.619.882 |
| A5 | 394.547 | 9.619.872 |
| B5 | 394.559 | 9.619.857 |

C E H P A R
 CURITIBA - BRASIL
 REF.: HL-174
 UTIL.: REL. 04
 ARQUIVO: HL 174-R4-D3

ESTUDOS HIDRÁULICOS EM MODELO REDUZIDO
 DA UHE BELO MONTE - SÍTIO PIMENTAL
**PONTOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADES
 ALTERNATIVA INICIAL**

DESENHO: RODOLFO
 DATA: NOVENEMBRO / 2012
 UNIDADE: DVHL
 ESCALA: INDICADA

CLIENTE: NORTE ENERGIA S.A.



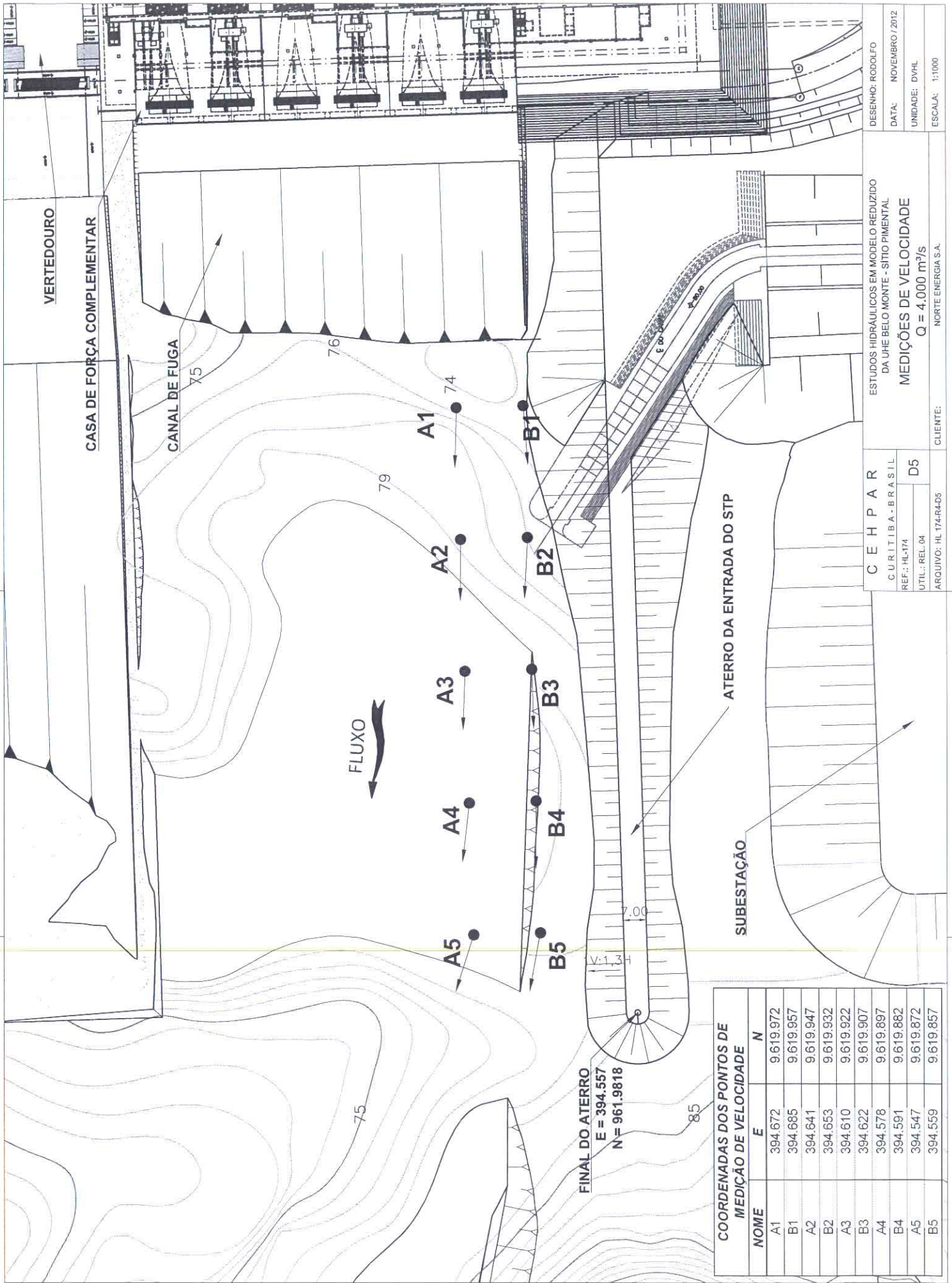
| COORDENADAS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE | | | |
|---|---------|-----------|--|
| NOME | E | N | |
| A1 | 394.672 | 9.619.972 | |
| B1 | 394.685 | 9.619.957 | |
| A2 | 394.641 | 9.619.947 | |
| B2 | 394.653 | 9.619.932 | |
| A3 | 394.610 | 9.619.922 | |
| B3 | 394.622 | 9.619.907 | |
| A4 | 394.578 | 9.619.897 | |
| B4 | 394.591 | 9.619.882 | |
| A5 | 394.547 | 9.619.872 | |
| B5 | 394.559 | 9.619.857 | |

C E H P A R
 CURITIBA - BRASIL
 REF.: HL-174
 UTIL.: REL 04
 ARQUIVO: HL 174-R4-D4

ESTUDOS HIDRÁULICOS EM MODELO REDUZIDO
 DA UHE BELO MONTE - SÍTIO PIMENTAL
MEDIÇÕES DE VELOCIDADE
 $Q = 2.280 \text{ m}^3/\text{s}$

DESENHO: RODOLFO
 DATA: NOVEMBRO, 2012
 UNIDADE: DVHL
 ESCALA: 1:1000

CLIENTE: NORTE ENERGIA S.A.



| COORDENADAS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE | | |
|---|---------|-----------|
| NOME | E | N |
| A1 | 394.672 | 9.619.972 |
| B1 | 394.685 | 9.619.957 |
| A2 | 394.641 | 9.619.947 |
| B2 | 394.653 | 9.619.932 |
| A3 | 394.610 | 9.619.922 |
| B3 | 394.622 | 9.619.907 |
| A4 | 394.578 | 9.619.897 |
| B4 | 394.591 | 9.619.882 |
| A5 | 394.547 | 9.619.872 |
| B5 | 394.559 | 9.619.857 |

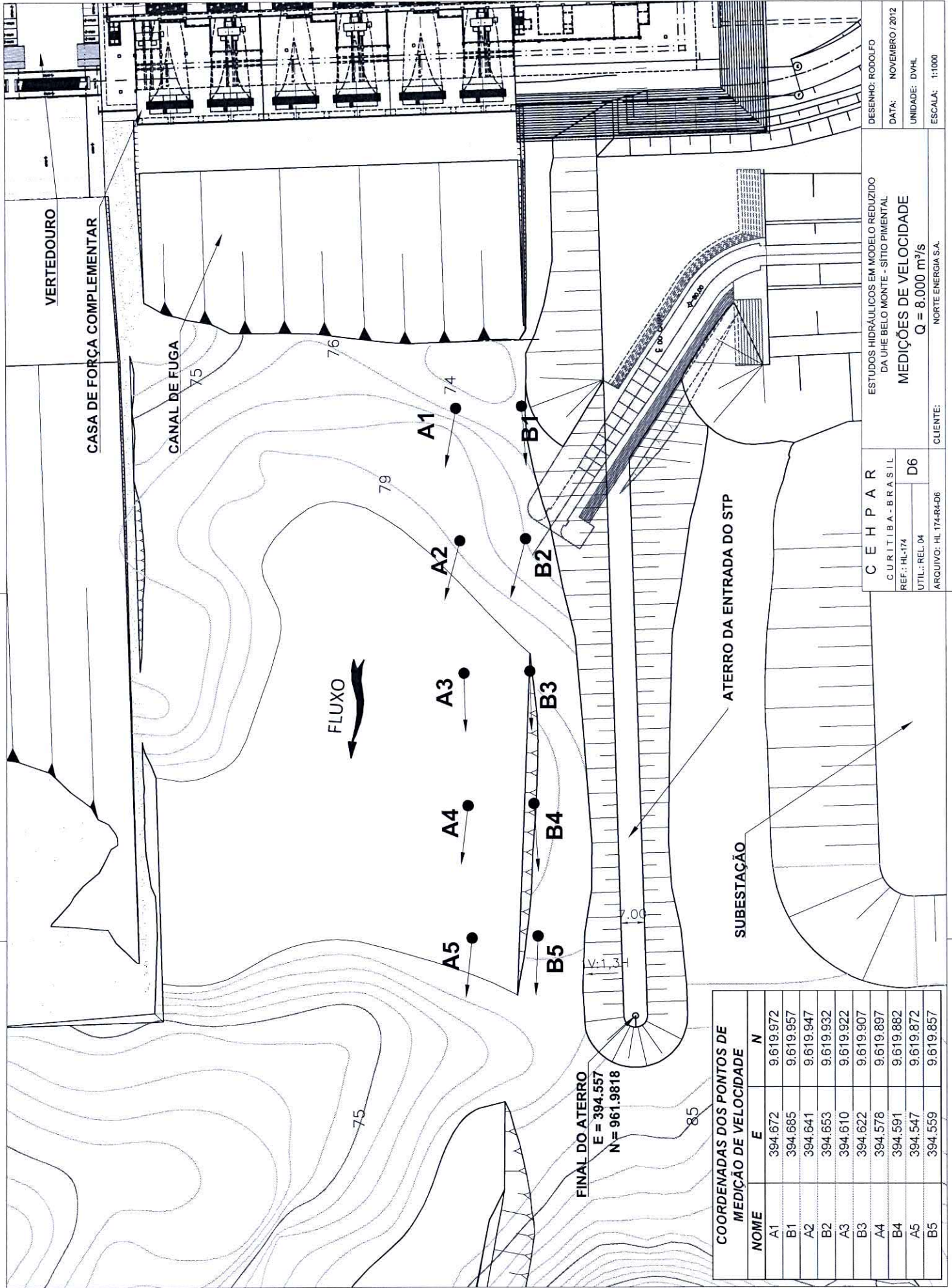
C E H P A R
 CURITIBA - BRASIL
 REF.: HL-174
 UTIL.: REL. 04
 ARQUIVO: HL-174-R4-05

ESTUDOS HIDRÁULICOS EM MODELO REDUZIDO
 DA UHE BELO MONTE - SÍTIO PIMENTAL
MEDIÇÕES DE VELOCIDADE
 $Q = 4.000 \text{ m}^3/\text{s}$

DESENHO: RODOLFO
 DATA: NOVENBRO / 2012
 UNIDADE: DVHL
 ESCALA: 1:1000

CLIENTE: NORTE ENERGIA S.A.

FINAL DO ATERRO
 E = 394.557
 N = 961.9818



COORDENADAS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE

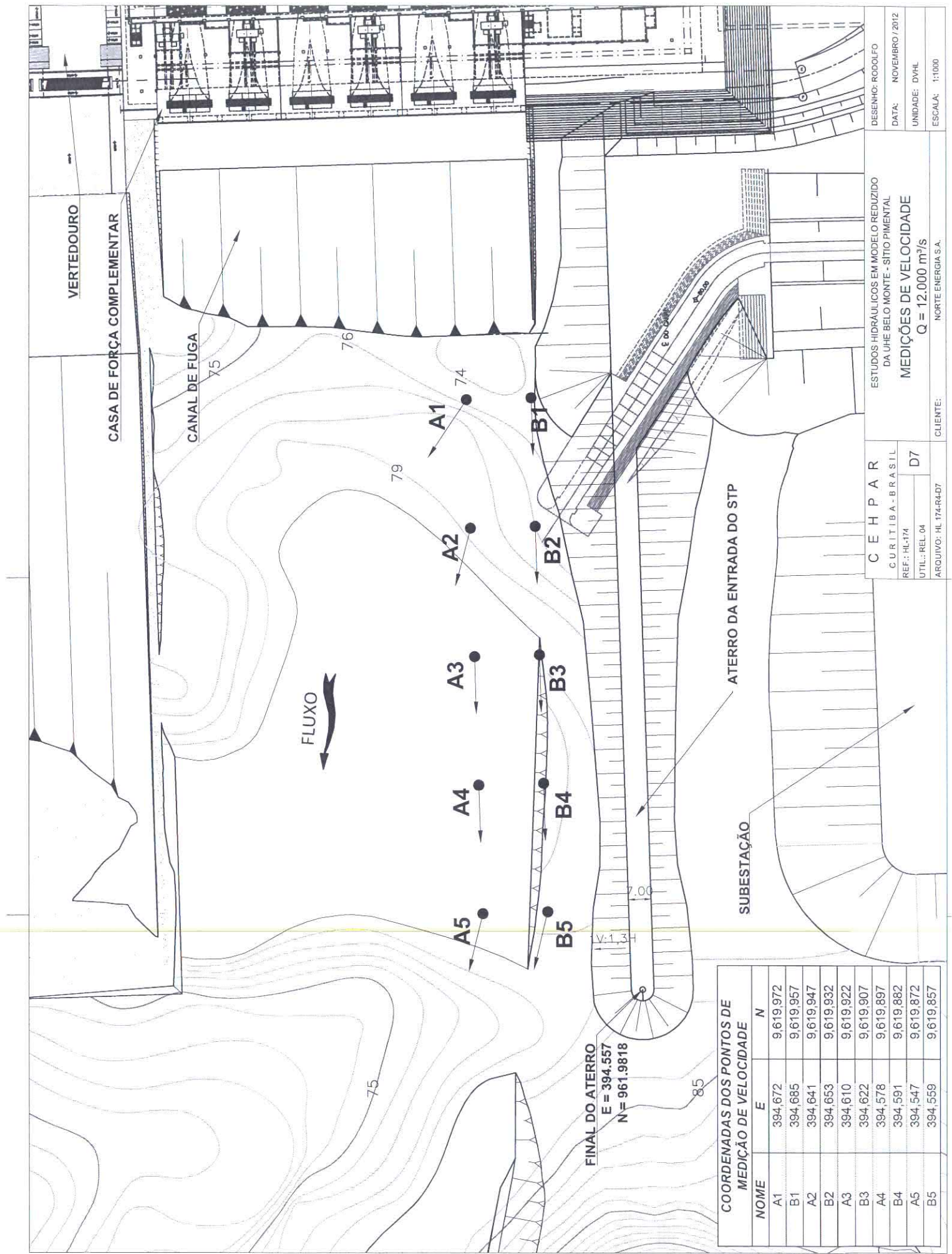
| NOME | E | N |
|------|---------|-----------|
| A1 | 394.672 | 9.619.972 |
| B1 | 394.685 | 9.619.957 |
| A2 | 394.641 | 9.619.947 |
| B2 | 394.653 | 9.619.932 |
| A3 | 394.610 | 9.619.922 |
| B3 | 394.622 | 9.619.907 |
| A4 | 394.578 | 9.619.897 |
| B4 | 394.591 | 9.619.882 |
| A5 | 394.547 | 9.619.872 |
| B5 | 394.559 | 9.619.857 |

DESENHO: RODOLFO
 DATA: NOVENBRO / 2012
 UNIDADE: DVHL
 ESCALA: 1:1000

ESTUDIOS HIDRÁULICOS EM MODELO REDUZIDO
 DA UHE BELO MONTE - SÍTIO PIMENTAL
MEDIÇÕES DE VELOCIDADE
 Q = 8.000 m³/s

C E H P A R
 CURITIBA - BRASIL
 REF.: HL-174
 UTIL.: REL.04
 D6

CLIENTE: NORTE ENERGIA S.A.
 ARQUIVO: HL-174-R4-D6

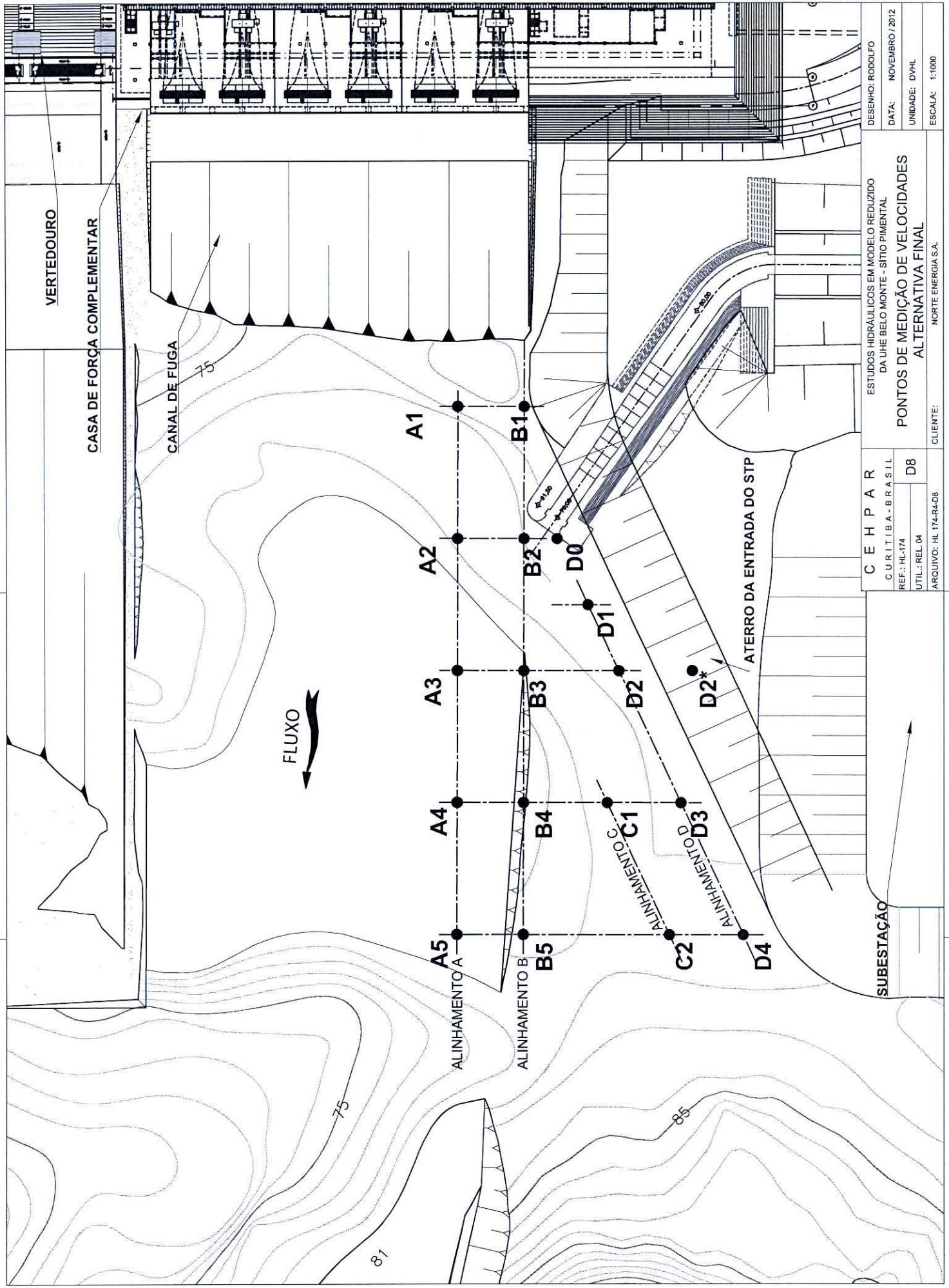


| COORDENADAS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE | | |
|---|---------|-----------|
| NOME | E | N |
| A1 | 394,672 | 9,619,972 |
| B1 | 394,685 | 9,619,957 |
| A2 | 394,641 | 9,619,947 |
| B2 | 394,653 | 9,619,932 |
| A3 | 394,610 | 9,619,922 |
| B3 | 394,622 | 9,619,907 |
| A4 | 394,578 | 9,619,897 |
| B4 | 394,591 | 9,619,882 |
| A5 | 394,547 | 9,619,872 |
| B5 | 394,559 | 9,619,857 |

C E H P A R
 CURITIBA - BRASIL
 REF.: HL-174
 UTIL.: REL. 04
 ARQUIVO: HL-174-R4-D7

DESENHO: RODOLFO
 DATA: NOVEMBRO / 2012
 UNIDADE: DVHL
 ESCALA: 1:1000

ESTUDOS HIDRÁULICOS EM MODELO REDUZIDO
 DA UHE BELO MONTE - SÍTIO PIMENTAL
MEDIÇÕES DE VELOCIDADE
 $Q = 12.000 \text{ m}^3/\text{s}$
 NORTE ENERGIA S.A.
 CLIENTE:

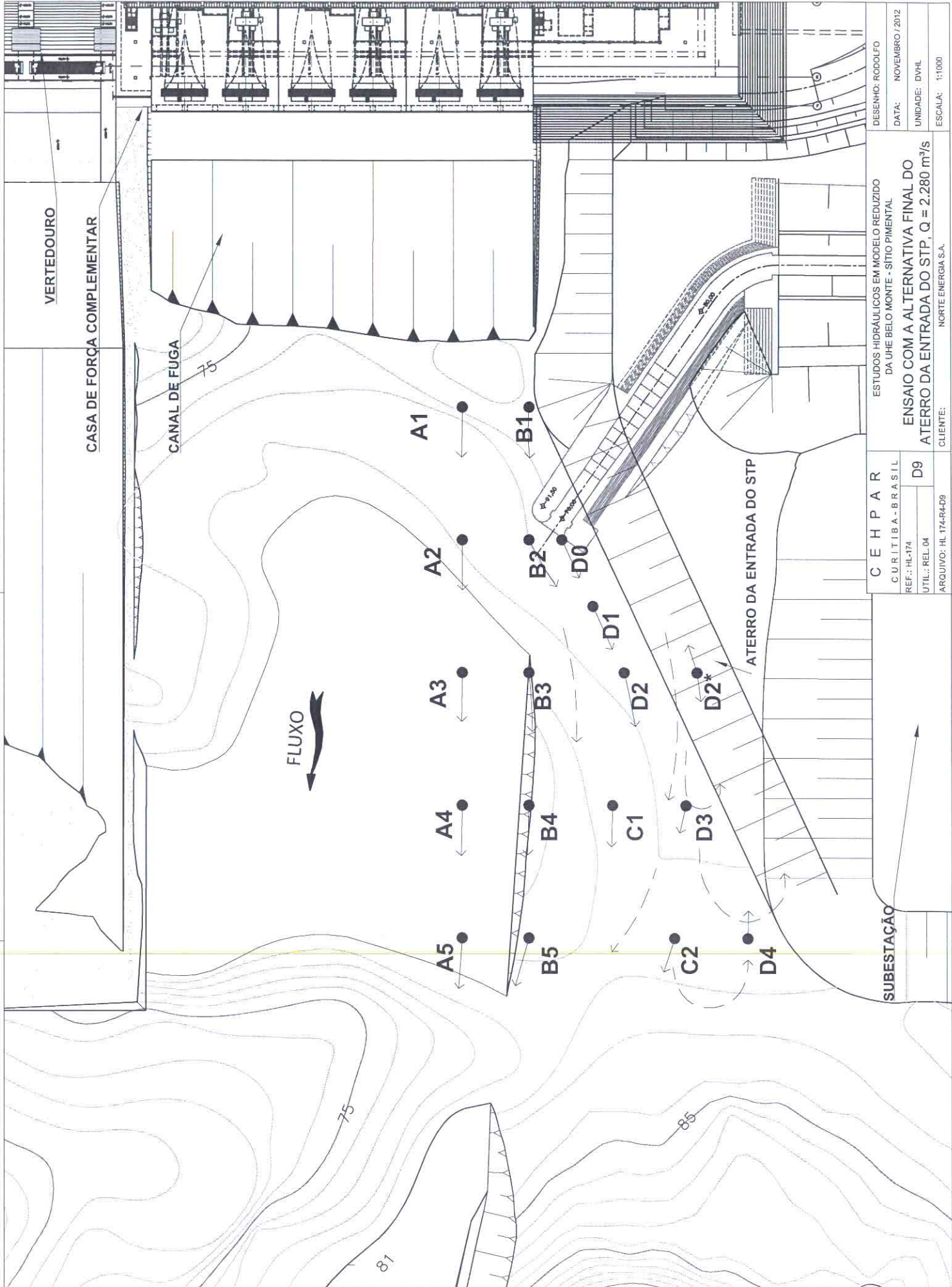


DESENHO: RODOLFO
 DATA: NOVENBRO / 2012
 UNIDADE: DVHL
 ESCALA: 1:1000

ESTUDOS HIDRÁULICOS EM MODELO REDUZIDO
 DA UHE BELO MONTE - SÍTIO PIMENTAL
**PONTOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADES
 ALTERNATIVA FINAL**
 CLIENTE: NORTE ENERGIA S.A.

C E H P A R
 CURITIBA - BRASIL
 REF.: HL-174
 UTIL.: REL.04
 ARQUIVO: HL 174-R4-08

D8



VERTEDOURO

CASA DE FORÇA COMPLEMENTAR

CANAL DE FUGA

FLUXO

A1

A2

A3

A4

A5

B1

B2

B3

B4

B5

D0

D1

D2

D2*

D3

C2

C1

ATERRO DA ENTRADA DO STP

SUBESTAÇÃO

C E H P A R

CURITIBA - BRASIL

REF.: HL-174

UTIL.: REL.04

ARQUIVO: HL 174-R4-D9

ESTUDOS HIDRÁULICOS EM MODELO REDUZIDO DA UHE BELO MONTE - SÍTIO PIMENTAL

ENSAIO COM A ALTERNATIVA FINAL DO ATERRO DA ENTRADA DO STP, Q = 2.280 m³/s

CLIENTE: NORTE ENERGIA S.A.

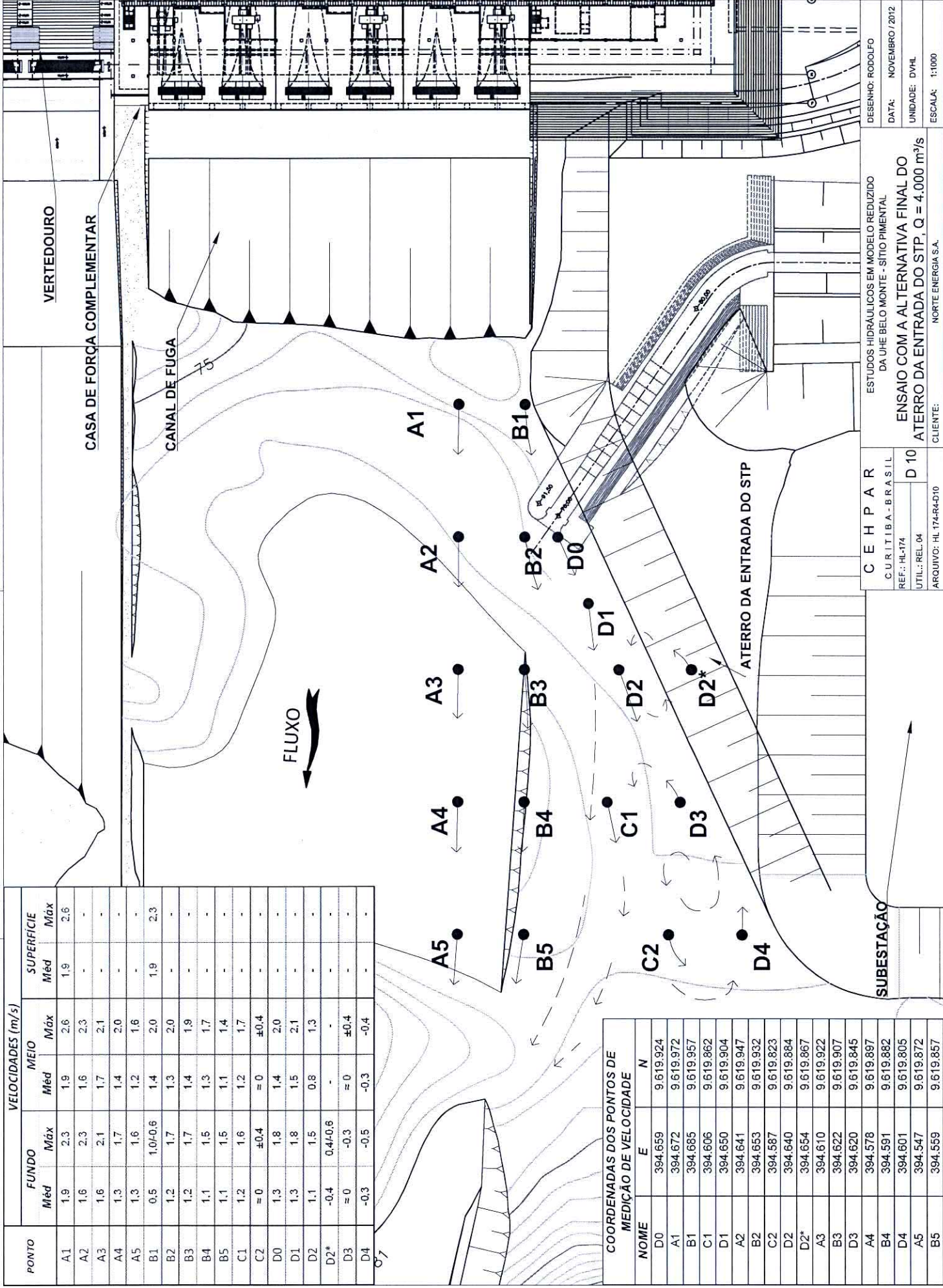
DESENHO: RODOLFO

DATA: NOVEMBRO / 2012

UNIDADE: DVHL

ESCALA: 1:1000

| PONTO | VELOCIDADES (m/s) | | | | | |
|-------|-------------------|---------|------|------|------------|-----|
| | FUNDO | | MEIO | | SUPERFÍCIE | |
| | Méd | Máx | Méd | Máx | Méd | Máx |
| A1 | 1,9 | 2,3 | 1,9 | 2,6 | 1,9 | 2,6 |
| A2 | 1,6 | 2,3 | 1,6 | 2,3 | - | - |
| A3 | 1,6 | 2,1 | 1,7 | 2,1 | - | - |
| A4 | 1,3 | 1,7 | 1,4 | 2,0 | - | - |
| A5 | 1,3 | 1,6 | 1,2 | 1,8 | - | - |
| B1 | 0,5 | 1,0+0,6 | 1,4 | 2,0 | 1,9 | 2,3 |
| B2 | 1,2 | 1,7 | 1,3 | 2,0 | - | - |
| B3 | 1,2 | 1,7 | 1,4 | 1,9 | - | - |
| B4 | 1,1 | 1,5 | 1,3 | 1,7 | - | - |
| B5 | 1,1 | 1,5 | 1,1 | 1,4 | - | - |
| C1 | 1,2 | 1,6 | 1,2 | 1,7 | - | - |
| C2 | = 0 | ±0,4 | = 0 | ±0,4 | - | - |
| D0 | 1,3 | 1,8 | 1,4 | 2,0 | - | - |
| D1 | 1,3 | 1,8 | 1,5 | 2,1 | - | - |
| D2 | 1,1 | 1,5 | 0,8 | 1,3 | - | - |
| D2* | -0,4 | 0,4+0,6 | - | - | - | - |
| D3 | = 0 | -0,3 | = 0 | ±0,4 | - | - |
| D4 | -0,3 | -0,5 | -0,3 | -0,4 | - | - |

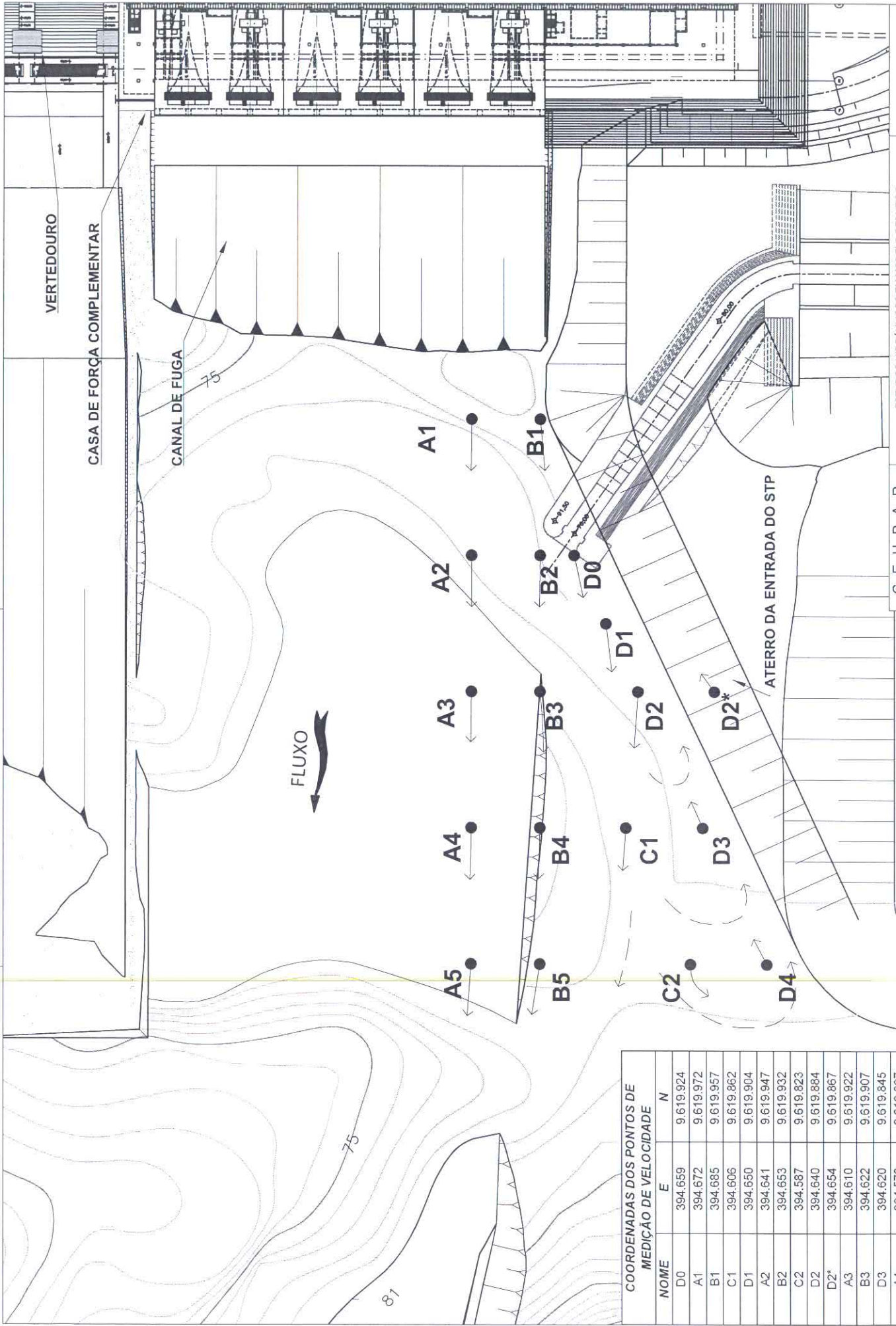


| COORDENADAS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE | | | |
|---|---------|-----------|--|
| NOME | E | N | |
| D0 | 394.659 | 9.619.924 | |
| A1 | 394.672 | 9.619.972 | |
| B1 | 394.685 | 9.619.957 | |
| C1 | 394.606 | 9.619.862 | |
| D1 | 394.650 | 9.619.904 | |
| A2 | 394.641 | 9.619.947 | |
| B2 | 394.653 | 9.619.932 | |
| C2 | 394.587 | 9.619.823 | |
| D2 | 394.640 | 9.619.884 | |
| D2* | 394.654 | 9.619.867 | |
| A3 | 394.610 | 9.619.922 | |
| B3 | 394.622 | 9.619.907 | |
| D3 | 394.620 | 9.619.845 | |
| A4 | 394.578 | 9.619.897 | |
| B4 | 394.591 | 9.619.882 | |
| D4 | 394.601 | 9.619.805 | |
| A5 | 394.547 | 9.619.872 | |
| B5 | 394.559 | 9.619.857 | |

ESTUDOS HIDRAULICOS EM MODELO REDUZIDO
 DA UHE BELO MONTE - SITO PIMENTAL
**ENSAIO COM A ALTERNATIVA FINAL DO
 ATERRO DA ENTRADA DO STP, Q = 4.000 m³/s**
 CLIENTE: NORTE ENERGIA S.A.
 DESENHO: RODOLFO
 DATA: NOVENBRO/2012
 UNIDADE: DVHL
 ESCALA: 1:1000

C E H P A R
 CURITIBA - BRASIL
 REF.: HL-174
 UTIL.: REL-04
 ARQUIVO: HL-174-R4-D10

D 10
 SUBESTAÇÃO



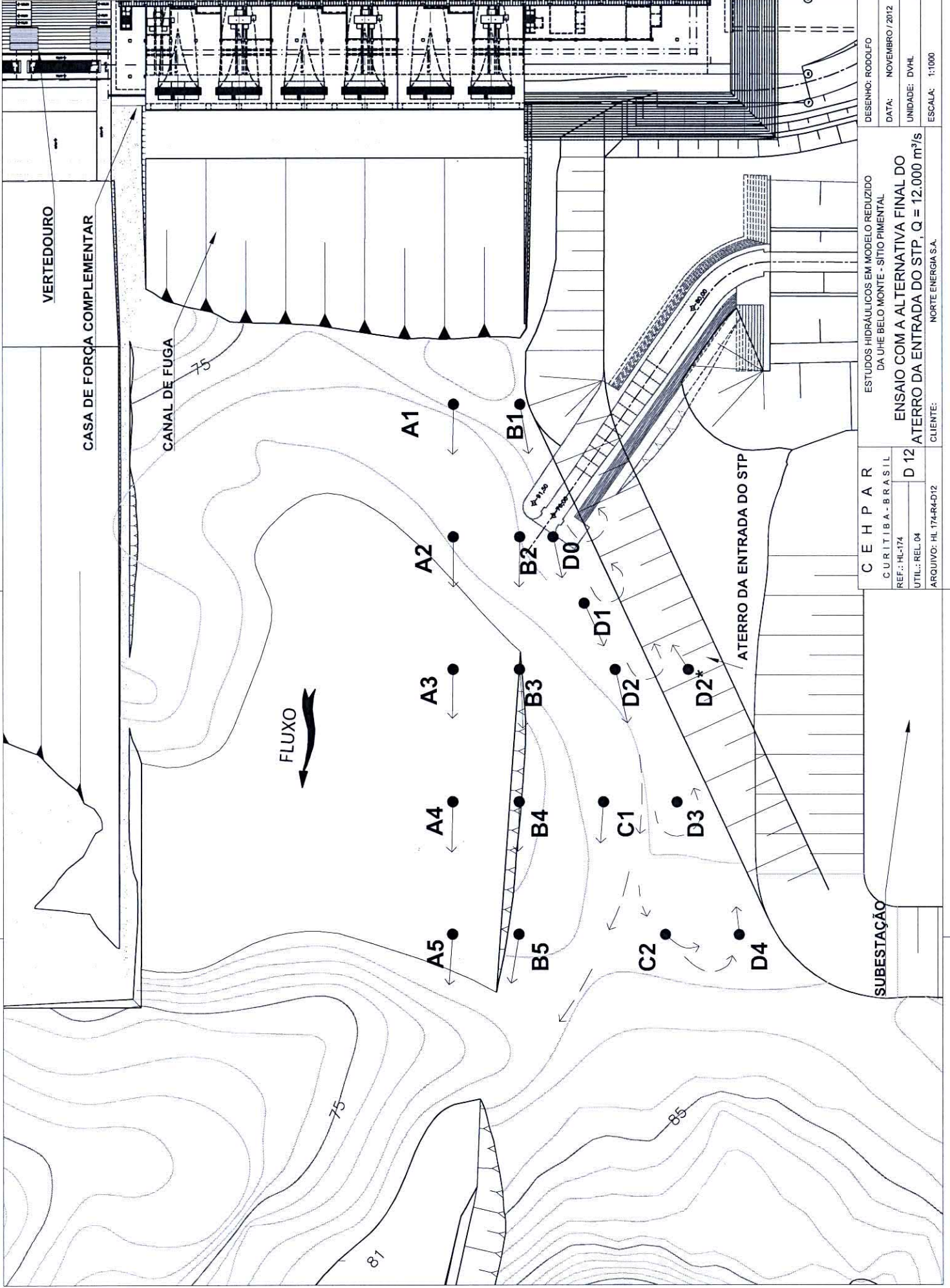
DESENHO: RODOLFO
 DATA: NOVENBRO / 2012
 UNIDADE: DVHL
 ESCALA: 1:1000

ESTUDOS HIDRÁULICOS EM MODELO REDUZIDO
 DA UHE BELO MONTE - SÍTI0 PIMENTAL
ENSAIO COM A ALTERNATIVA FINAL DO
ATERRO DA ENTRADA DO STP, Q = 8.000 m³/s
 CLIENTE: NORTE ENERGIA S.A.

C E H P A R
 CURITIBA - BRASIL
 REF.: HL-174
 UTIL.: REL. 04
 ARQUIVO: HL174-R4-011

D 11
SUBESTAÇÃO

| COORDENADAS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE | | | |
|---|---------|-----------|--|
| NOME | E | N | |
| D0 | 394.659 | 9.619.924 | |
| A1 | 394.672 | 9.619.972 | |
| B1 | 394.685 | 9.619.957 | |
| C1 | 394.606 | 9.619.862 | |
| D1 | 394.650 | 9.619.904 | |
| A2 | 394.641 | 9.619.947 | |
| B2 | 394.653 | 9.619.932 | |
| C2 | 394.587 | 9.619.823 | |
| D2 | 394.640 | 9.619.884 | |
| D2* | 394.654 | 9.619.867 | |
| A3 | 394.610 | 9.619.922 | |
| B3 | 394.622 | 9.619.907 | |
| D3 | 394.620 | 9.619.845 | |
| A4 | 394.578 | 9.619.897 | |
| B4 | 394.591 | 9.619.882 | |
| D4 | 394.601 | 9.619.805 | |
| A5 | 394.547 | 9.619.872 | |
| B5 | 394.559 | 9.619.857 | |



DESENHO: RODOLFO
 DATA: NOVENO/2012
 UNIDADE: DVHL
 ESCALA: 1:1000

ESTUDIOS HIDRAULICOS EM MODELO REDUZIDO
 DA UHE BELO MONTE - SITIO PIMENTAL
**ENSAIO COM A ALTERNATIVA FINAL DO
 ATERRO DA ENTRADA DO STP, Q = 12.000 m³/s**
 CLIENTE: NORTE ENERGIA S.A.

C E H P A R
 CURTIBA - BRASIL
 REF.: HL-174
 UTIL.: REL.04
 ARQUIVO: HL 174-R4-D12

SUBESTAÇÃO