

SOMINCOR – SOCIEDADE MINEIRA DE NEVES CORVO, S. A.

Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo Observação e Análise do Comportamento

Análise do Comportamento

Março 2013

SOMINCOR. INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO. OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

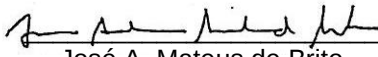
APRESENTAÇÃO

SOMINCOR. INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO. OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

SOMINCOR – SOCIEDADE MINEIRA DE NEVES CORVO
INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO
OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

A **CENOR – Consultores, S.A.** apresenta o relatório anual referente à Análise do Comportamento da Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo.

Lisboa, 22 de Março de 2013


José A. Mateus de Brito
(Engenheiro Civil)

SOMINCOR. INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO. OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

ÍNDICE

ÍNDICE

MEMÓRIA

	Pág.
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - ANÁLISE DOS RESULTADOS DA OBSERVAÇÃO	3
2.1 - INTRODUÇÃO.....	3
2.2 - DADOS METEOROLÓGICOS	4
2.3 - DADOS DA PRODUÇÃO	5
2.4 - NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS NO ATERRO E NA FUNDAÇÃO.....	6
2.4.1 - Considerações gerais	6
2.4.2 - Piezómetros hidráulicos e piezómetros pneumáticos	8
2.4.3 - Piezómetros PCL.....	13
2.5 - CAUDAIS DE PERCOLAÇÃO.....	15
2.6 - DESLOCAMENTOS SUPERFICIAIS	20
2.6.1 - Considerações gerais	20
2.6.2 - Assentamentos (altimetria).....	21
2.6.3 - Deslocamentos horizontais (planimetria)	23
2.7 - DESLOCAMENTOS INTERNOS	24
2.8 - REGISTOS SISMOLÓGICOS.....	26
3 - COMPORTAMENTO DA IRCL	27

FIGURAS

Figura A – Cotas piezométricas nos perfis PO1 e PO2

Figura B – Cotas piezométricas nos perfis PO3 e PO4

Figura C – Cotas piezométricas no perfil PO5

Figura D – Cotas piezométricas no perfil PO6

Figura E – Cotas piezométricas no perfil PO7

Figura F – Cotas piezométricas no perfil PO8

Figura G – Cotas piezométricas no perfil PO9

Figura H – Cotas piezométricas no perfil PO10

ANEXOS

- 1 - Dados meteorológicos da estação do Monte Branco (2 páginas)
- 2 - Dados da produção (2 páginas)
- 3 - Níveis piezométricos no aterro e na fundação (54 páginas)
- 4 - Caudais de percolação (13 páginas)
- 5 - Deslocamentos superficiais – Assentamentos (9 páginas)
- 6 - Deslocamentos superficiais horizontais (14 páginas)
- 7 - Deslocamentos internos (8 páginas)
- 8 - Planta das células de deposição de pasta em Dezembro de 2012 (1 página)

SOMINCOR. INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO. OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

TEXTO

1 - INTRODUÇÃO

No seguimento da inspecção visual de especialidade à Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (IRCL), realizada no dia 30 de Outubro de 2012, e da elaboração do respectivo relatório, e dando cumprimento ao exposto na legislação em vigor, nomeadamente no Decreto-Lei nº 10/2010 de 4 de Fevereiro, que estabelece o regime jurídico da gestão de resíduos de extracção, no Decreto-Lei nº 344/2007 de 15 de Outubro – “Regulamento de Segurança de Barragens” (RSB) – e na Portaria nº 847/93 de 10 de Setembro – “Normas de Observação e Inspeção de Barragens” (NOIB), apresenta-se no presente documento a análise do comportamento e a avaliação da segurança da IRCL.

O relatório da inspecção visual de especialidade, designado por “SOMINCOR. Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Observação Anual e Análise do Comportamento. Inspeção Visual de Especialidade de 2012” foi elaborado, pela Cenor, em Novembro de 2012. Nesse relatório apresentam-se os aspectos relevantes relativos ao comportamento do aterro e respectivos órgãos hidráulicos, observados durante a referida inspecção visual.

A descrição dos dispositivos de observação instalados na IRCL foi apresentada no documento elaborado pela Cenor, em Abril de 2009, intitulado “SOMINCOR. Barragem do Cerro do Lobo. Observação Anual e Análise do Comportamento. Análise dos Elementos Existentes”. Neste documento apresentam-se também os principais resultados dos modelos de previsão que constam do projecto de execução, elaborado pela Hidroprojecto¹.

No presente relatório faz-se a análise dos resultados da observação, nomeadamente dos resultados dos dados meteorológicos, dos dados da produção, dos níveis piezométricos no aterro e na fundação, dos caudais de percolação, dos deslocamentos superficiais, dos deslocamentos internos e dos registos sismológicos. Tecem-se, também, considerações sobre o comportamento do aterro, tendo por base a análise das observações e a sua comparação com os modelos de previsão do comportamento.

¹ Hidroprojecto (2002, Dezembro). SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves Corvo, S.A. Barragem de Cerro do Lobo. 4ª Fase de Construção. Remodelação do Projecto de Alenteamento da Barragem da Cota 252 para a Cota 255. Projecto de Execução

É de salientar que, desde Novembro de 2010, encontra-se em exploração o novo sistema de deposição emersa de rejeitados espessados (pasta). Esta deposição é realizada em células construídas no interior da bacia da IRCL, delimitadas por diques construídos com escombros da mina (Anexo 8).

No entanto, dado que a central de produção de pasta não tinha capacidade para espessar a totalidade dos rejeitados decorrentes do processo de concentração, parte da deposição de rejeitados foi ainda efectuada de forma submersa (polpa), até Agosto de 2012. Esta deposição foi efectuada nas células 1 a 4, 6 e 10 (Anexo 8), que são também utilizadas para deposição emersa de pasta.

Para garantir a segurança dos diques de delimitação das células durante a deposição de polpa e tendo em conta que o coroamento destes está, em média, à cota 254,50 m, a deposição de rejeitados foi efectuada até cerca da cota 252,50 m, garantindo sempre uma cobertura de água mínima de 0,5 m. O NPA das células foi fixado à cota 254,00 m, sendo a descarga dos caudais excedentes efectuada para a bacia da IRCL através de tubagens colocadas nos diques das células.

A partir de Agosto de 2012, a deposição de rejeitados tem sido realizada, exclusivamente, de forma emersa, ou seja, só tem sido depositada pasta (rejeitados espessados).

Importa ainda referir que em Novembro de 2010 foram concluídos os trabalhos de captação e controlo das ressurgências existentes a jusante dos aterros do corpo principal, da portela do corpo principal, da portela ME1 e da Portela ME2.

Estes trabalhos consistiram na execução de tapetes drenantes e de valas drenantes para captação das ressurgências, sendo as águas colectadas encaminhadas para poços de bombagem ligados à bacia da IRCL. A jusante do corpo principal foram ainda executadas valas de drenagem para desvio das águas de escorrência superficial dos sistemas sub-superficiais de captação das ressurgências.

A descrição dos trabalhos efectuados assim como os desenhos com a definição dos sistemas de captação e bombagem, são apresentados num relatório elaborado pela Cenor, em Fevereiro de 2012, intitulado “Somincor. Captação e drenagem das águas de infiltração na Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Fiscalização e controlo dos trabalhos”.

2 - ANÁLISE DOS RESULTADOS DA OBSERVAÇÃO

2.1 - INTRODUÇÃO

No presente capítulo faz-se a análise dos resultados das observações da Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (IRCL) e a sua comparação com os modelos de previsão do comportamento apresentados no projecto de execução.

Os resultados da observação foram fornecidos pela SOMINCOR em Fevereiro de 2013, sendo as últimas leituras referentes às seguintes datas:

- Dezembro de 2012: dados meteorológicos;
- Janeiro de 2013: cota da água na albufeira;
- Dezembro de 2012: dados de produção;
- Janeiro de 2013: níveis piezométricos nos piezómetros hidráulicos e pneumáticos;
- Dezembro de 2012: níveis piezométricos nos piezómetros de controlo ambiental;
- Dezembro de 2012: caudais bombeados nos poços IBR;
- Outubro de 2012: assentamentos e deslocamentos em planimetria;
- Setembro de 2012: deslocamentos internos.

Nos Anexos 1 a 7 apresentam-se as figuras com os gráficos do tratamento de todos os dados da observação considerados relevantes para a análise do comportamento da IRCL.

Foi ainda facultada pela SOMINCOR a planta actualizada dos diques construídos no interior da bacia da IRCL, que se apresenta no Anexo 8.

Adicionalmente, apresentam-se também figuras (A a H) com a representação dos níveis piezométricos nos vários perfis de observação.

2.2 - DADOS METEOROLÓGICOS

Nas instalações do couro mineiro existem duas estações meteorológicas, a estação do Monte Branco, localizada próximo da Barragem de Monte Branco, e a estação de Neves Corvo, localizada próximo das instalações da mina. No presente estudo, dada a proximidade da estação do Monte Branco à IRCL, apenas se consideraram os dados desta estação.

No Anexo 1 apresentam-se os dados meteorológicos registados na estação de Monte Branco entre 2004 e 2012, nomeadamente, a precipitação mensal (Figura 1.1) e a evaporação mensal (Figura 1.2). É ainda apresentada a variação do nível de água na albufeira em função da precipitação mensal (Figura 1.3).

Da análise dos registos da precipitação verifica-se que existe alguma variabilidade ao longo dos anos nas precipitações mensais e que os maiores períodos de precipitação ocorrem entre Outubro e Abril. Durante os meses de Junho e Julho as precipitações são, em geral, muito baixas ou nulas. É de salientar a elevada precipitação ocorrida em Novembro de 2012, de 183 mm, correspondente a um dos registos mais elevados desde 1993.

Relativamente à evaporação, verifica-se que os valores mensais são mais constantes ao longo dos anos, registando-se evaporações mais elevadas entre Junho e Setembro. É, no entanto, de salientar que os valores de evaporação registados entre Julho e Setembro de 2012 são superiores aos normalmente registados nos anos anteriores.

A análise da Figura 1.3 permite verificar que existe uma dependência das variações da cota do nível de água na albufeira com a precipitação, como seria expectável. É, no entanto de referir que, entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2012, o nível de água na bacia da IRCL variou apenas entre as cotas 252,8 m e 253,5 m.

Refere-se que a gestão do nível de água no interior da albufeira tem permitido evitar a descarga de água pelo descarregador de cheias. No entanto, por forma a facilitar esta gestão e dadas as alterações verificadas nas características da albufeira com a construção das células de deposição de pasta, foi autorizado pela Autoridade (DGEG), em Janeiro de 2012, o alteamento da soleira do

descarregador de cheias para a cota 253,90 m (alteamento de 0,40 m relativamente à cota de projecto). Os trabalhos de alteamento da soleira decorreram entre 30 de Janeiro e 12 de Fevereiro de 2012.

2.3 - DADOS DA PRODUÇÃO

Dos dados de produção disponíveis, o mais relevante para o comportamento dos aterros é o volume de rejeitados armazenado na albufeira.

Conforme referido anteriormente a deposição de rejeitados foi realizada, exclusivamente, de forma submersa (rejeitados em polpa) até Novembro de 2010, passando também a ser realizada de forma emersa (rejeitados espessados – polpa), dentro das células construídas para o efeito, a partir dessa data. Desde Agosto de 2012 a deposição de rejeitados é realizada apenas de forma emersa.

Na Figura 2.1 apresenta-se a variação do armazenamento de rejeitados em polpa até 2010, apresentando-se na Figura 2.2 a variação do armazenamento de rejeitados em polpa e em pasta desde Janeiro de 2010 a Dezembro de 2012.

Da análise da Figura 2.1 verifica-se que o volume de rejeitados em polpa armazenado na albufeira, fora das células de armazenamento de pasta, aumentou de uma forma relativamente constante até cessar em 15 de Julho de 2010, verificando-se que o valor do volume anual máximo foi depositado em 2009, atingindo aproximadamente $1,16 \times 10^6 \text{ m}^3$.

O topo dos rejeitados em polpa (obtido no último levantamento hidrográfico realizado em Fevereiro de 2010) depositados junto ao paramento de montante do aterro encontra-se entre cerca das cotas 252,0 m e 252,50 m na zona da portela MD e do corpo principal e entre cerca das cotas 250,0 m e 252,0 m na zona das portelas da margem esquerda.

O volume total de rejeitados em polpa depositado na bacia da IRCL, fora das células, é de cerca de $16,75 \times 10^6 \text{ m}^3$ (a capacidade de armazenamento submerso máxima era de $17 \times 10^6 \text{ m}^3$).

A partir de Junho de 2010 a deposição de rejeitados em polpa foi realizada exclusivamente no interior das células 1 a 4, 6 e 10, construídas para deposição de rejeitados espessados (pasta). Esta deposição foi realizada em simultâneo com a deposição de pasta até cessar em Agosto de 2012.

Actualmente estima-se que o novo sistema de deposição emersa de rejeitados espessados (pasta) em células permita uma capacidade de armazenamento de $16,3 \times 10^6 \text{ m}^3$, o que perfaz um volume total de armazenamento de cerca de $33,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ (uma vez que a capacidade de armazenamento submerso era de $17 \times 10^6 \text{ m}^3$).

Estima-se, também, que o volume total de rejeitados (em polpa e em pasta) depositados actualmente seja de cerca $20,2 \times 10^6 \text{ m}^3$, pelo que o volume de rejeitados (em polpa e em pasta) depositados no interior das células é de cerca de $3,43 \times 10^6 \text{ m}^3$. Em 2012 foram depositados cerca de $1,28 \times 10^6 \text{ m}^3$ de rejeitados (em polpa e em pasta).

Na Figura 2.2 apresenta-se ainda a quantidade de escombros utilizada na construção dos diques de delimitação das células de deposição, cuja configuração actual em planta é apresentada no Anexo 8. Até Dezembro de 2012 foram utilizadas cerca de $2,7 \times 10^6$ toneladas de escombros (o que deverá corresponder a um volume de cerca de $1,3 \times 10^6 \text{ m}^3$).

Conforme se pode verificar na planta apresentada no Anexo 8, as células actualmente em exploração, para deposição de pasta, localizam-se na zona da albufeira mais afastada dos aterros da IRCL, estando o dique de delimitação mais próximo do coroamento do corpo principal a cerca de 120 m.

2.4 - NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS NO ATERRO E NA FUNDAÇÃO

2.4.1 - Considerações gerais

Nos aterros e na respectiva fundação encontram-se instalados 27 piezómetros hidráulicos (12 no aterro e 15 na fundação) e 35 piezómetros pneumáticos (17 no aterro e 18 na fundação), distribuídos por 10 perfis de observação designados de PO1 a PO10.

A leitura dos piezómetros tem sido feita com uma periodicidade mensal, apresentando-se no Anexo 3 os gráficos com a evolução ao longo do tempo da cota piezométrica nos vários piezómetros. Nos gráficos representa-se também a cota do nível de água na albufeira e a cota da ponteira dos piezómetros.

Nas Figuras A a H representam-se nos vários perfis de observação as cotas piezométricas medidas na última campanha de leituras (cota representada a azul). Nestas figuras são ainda indicados o nível de água na albufeira à data da última campanha de leituras e a cota do topo dos rejeitados determinada no levantamento hidrográfico de Fevereiro de 2010.

A jusante dos aterros da IRCL encontram-se ainda instalados 14 pares de piezómetros hidráulicos para controlo ambiental (piezómetros PCL), onde também são medidas as cotas piezométricas. As câmaras de captação destes piezómetros encontram-se a 10 e 20 m de profundidade para os piezómetros designados com número par e com número impar, respectivamente. É, ainda, de referir que existem mais 8 piezómetros para controlo ambiental (3 a montante da barragem e 5 a jusante da barragem), que dada a sua localização mais afastada da barragem não foram considerados na análise do comportamento da IRCL.

Os gráficos com a variação ao longo do tempo da cota piezométrica dos piezómetros PCL são também apresentados no Anexo 3. Alguns destes piezómetros apresentam artesianismo, sendo que nestes casos se optou, ainda, por representar nos respectivos gráficos a variação da pressão da água.

É de referir que em 25 de Setembro de 2012 foi realizada uma campanha de leituras adicional dos piezómetros, decorrente da ocorrência de um sismo de magnitude 3,6, com epicentro a cerca de 40 km da IRCL. Nesta campanha não foram detectados quaisquer acréscimos da pressão da água nos poros.

2.4.2 - Piezómetros hidráulicos e piezómetros pneumáticos

Da análise global das figuras apresentadas no Anexo 3 (Figuras 3.1 a 3.59), relativas à evolução das cotas piezométricas com o tempo, verifica-se que, em geral, as cotas piezométricas aumentaram gradualmente com a subida do nível de água na albufeira. Desde o final de 2010 verifica-se que, de uma forma geral, não há variações significativas nas cotas piezométricas medidas, dado que as variações do nível de água na albufeira foram muito reduzidas. Este cenário deverá manter-se no futuro, enquanto não se proceder ao enchimento das células localizadas junto aos aterros da IRCL.

Relativamente aos piezómetros localizados sobre os tapetes drenantes e nos maciços estabilizadores de jusante, verifica-se que, de uma forma geral, estes se encontram secos. No perfil PO8, os piezómetros Ph50 e Ph51 indicam que o tapete drenante das fases de construção anteriores está saturado. No entanto, dado que foi construído um novo dreno a jusante deste tapete drenante na 4ª fase de construção, este aspecto não é condicionante para o comportamento do aterro.

No que se refere aos piezómetros instalados na fundação do aterro, verifica-se que em alguns perfis de observação se registam cargas hidráulicas superiores ao expectável. Este aspecto deverá estar na origem das ressurgências existentes a jusante do aterro, nomeadamente a jusante das portelas ME1 e ME2A, ressurgências essas que já se encontram captadas e monitorizadas.

É ainda de referir que, em alguns piezómetros (Pp14, Pp17, Pp22, Pp23, Pp33, Pp34, Pp36 e Pp38), se registaram variações acentuadas das cotas piezométricas, sem que contudo estas pareçam ter significado físico. Estes valores anormais devem estar associados a anomalias de funcionamento dos dispositivos, devendo continuar-se a acompanhar, atentamente, a evolução da cota piezométrica destes piezómetros.

De seguida faz-se a análise detalhada dos níveis piezométricos instalados no aterro e na respectiva fundação, segundo os perfis de observação (Figuras A a H).

Perfil PO1 (portela MD) – o piezómetro Ph1 apresenta uma perda de carga total relativamente à cota da albufeira, tal como previsto no modelo de cálculo do projecto de execução; os piezómetros

Pp2 e Pp3 apresentam uma carga hidráulica reduzida, o que está de acordo com o facto de não terem sido detectadas ressurgências a jusante da portela MD;

Perfil PO2 (corpo principal) – os piezómetros Pp4 e Pp5 têm apresentado leituras muito irregulares, o que deverá estar associado às cargas hidráulicas reduzidas que deverão estar instaladas nesta zona da fundação, decorrentes da reduzida carga hidráulica deste perfil de observação e da presença dos rejeitados na albufeira;

Perfil PO3 (corpo principal) – a cota piezométrica do piezómetro Ph7, instalado na fundação no alinhamento do eixo do aterro, evidencia uma perda de carga, relativamente à cota da albufeira, de cerca de 95%, o que corresponde ao expectável; o piezómetro Ph6, localizado no interior do aterro na vertical do Ph7, próximo do contacto com a fundação, encontra-se seco (apesar de as leituras indicarem uma carga hidráulica inferior a 0,5 m, considera-se que estas leituras estão associadas a humidade no interior do tubo do piezómetro e não a um nível de água instalado); o piezómetro Ph8, localizado na fundação junto ao pé do talude de jusante, evidencia uma perda de carga total, relativamente à cota da albufeira;

Perfil PO4 (corpo principal) – o piezómetro Ph9, localizado no aterro, próximo do contacto com a fundação, no alinhamento de jusante do coroamento, e o piezómetro Ph11, localizado no interior do aterro no alinhamento da banquetta intermédia, encontram-se secos, o que evidencia um comportamento adequado; o piezómetro Ph10, instalado na fundação sob a zona mais alta do aterro, apresenta uma perda de carga de cerca de 95% relativamente à cota da albufeira, o que corresponde ao expectável; o piezómetro Ph12, localizado na fundação junto ao pé do talude de jusante, apresenta uma carga hidráulica mais elevada que o expectável, sem que, contudo, se observem ressurgências junto ao pé do talude; esta situação deverá estar associada às complexas condições hidrogeológicas do maciço rochoso de fundação, sendo de referir que já havia sido reportada nos relatórios de análise do comportamento anteriores, não se tendo verificado qualquer evolução desfavorável;

Perfil PO5 (corpo principal) – os piezómetros instalados no alinhamento de montante do núcleo (Pp14² e Pp15) apresentam perdas de carga, relativamente à cota da albufeira, de cerca de 30% a 35%; os piezómetros Pp16 e Pp17³, instalados no alinhamento de jusante do núcleo, apresentam uma perda de carga de 60%; estes valores estão de acordo com o modelo de previsão do comportamento apresentado no projecto de execução e têm-se mantido constantes desde 2010; os piezómetros pneumáticos instalados a jusante do núcleo acima do tapete drenante, designados Pp20 e Pp23, apresentam cargas hidráulicas de 2,0 e 2,5 m, respectivamente, o que são valores elevados para a zona onde se localizam os piezómetros; no entanto, os valores medidos deverão estar associados a anomalias de funcionamento destes piezómetros por não existir carga hidráulica⁴; o piezómetro Ph29, instalado no maciço estabilizador de jusante no alinhamento da banquetta intermédia, encontra-se seco, como é expectável; ao nível da fundação verifica-se que, sob o núcleo (piezómetros Pp18 e Pp19), a perda de carga relativamente à albufeira é de cerca de 60%, valor este que é da mesma ordem de grandeza do valor obtido no modelo de cálculo apresentado no projecto de execução (65%); 10 m a jusante e na zona mais superficial da fundação (piezómetros Pp21 e Ph28) verifica-se uma perda de carga relativamente à albufeira muito significativa, da ordem de 95%; próximo do pé do talude de jusante (Ph30), verifica-se que a perda de carga, relativamente à cota da albufeira, é total (apesar de no piezómetro Pp24, localizado 10 m a montante do Ph30 se observar a mesma cota piezométrica que nos piezómetros Pp21 e Ph28); na zona mais profunda da fundação (≈ 12,0 m de profundidade), sob o núcleo e sob a zona mais alta do aterro, a perda de carga não é tão significativa como na zona superficial; segundo o modelo de cálculo apresentado no projecto de execução tal não é expectável; isto verifica-se nos piezómetros Pp22 e Ph27; mais a jusante, no piezómetro Pp25 também localizado a maior profundidade, a cota piezométrica é da mesma ordem de grandeza da medida na zona

² O piezómetro Pp14 esteve inoperacional entre Fevereiro de 2010 e Abril de 2011, tendo sido reparado em Abril de 2011. Desde essa data têm-se verificado algumas dificuldades de leitura e oscilações bruscas em leituras consecutivas. No entanto, estas anomalias parecem estar a atenuar-se.

³ O piezómetro Pp17 apresentou leituras anómalas da cota piezométrica entre Fevereiro e Outubro de 2010. Segundo informações dadas pela SOMINCOR, não foi possível efectuar a leitura de Fevereiro de 2010, uma vez que os terminais de medição se encontravam com muita água. Desde essa data até Outubro de 2010 (Figura 3.16), apesar das leituras decorrerem com normalidade, os valores medidos da cota piezométrica foram muito elevados, sem que tenham ocorrido variações significativas da carga hidráulica. A partir de Outubro de 2010 até à presente data as cotas piezométricas medidas têm sido compatíveis com os valores expectáveis.

⁴ Hanna, T. H. (1985) Field Instrumentation in Geotechnical Engineering. Trans Tech Publications

mais superficial da fundação; esta situação não tem consequências negativas no desempenho da obra e tem-se mantido constante ao longo dos últimos anos, devendo estar associada às complexas condições hidrogeológicas do maciço rochoso de fundação; é ainda de referir que neste perfil de observação existem, actualmente, dois piezómetros inoperacionais (Pp13 e Ph26), sendo que o Pp13 já se encontrava inoperacional antes dos trabalhos de construção do 3º alteamento e o Ph26 ficou inoperacional em Janeiro de 2012, não se conseguindo introduzir a sonda de leitura até ao fundo do piezómetro;

Perfil PO6 (corpo principal) – os piezómetros instalados no núcleo apresentam perdas de carga, relativamente à cota da albufeira, de cerca de 15% a 25% e de 55% nos alinhamentos de montante (Pp31 e Pp32) e de jusante (Pp33), respectivamente; estes valores são da mesma ordem de grandeza dos previstos no modelo de cálculo do projecto de execução e têm-se mantido constantes desde 2009; o piezómetro Ph41, localizado próximo do contacto do aterro com a fundação cerca de 15 m a jusante do núcleo, encontra-se seco; no entanto, os piezómetros Pp36 e Pp38, localizados cerca de 4,5 m para montante e para jusante do Ph41, respectivamente, apresentam cargas hidráulicas de aproximadamente 1,5 m a 2,0 m, o que não é realista e deverá estar associado a anomalias de funcionamento⁵; o piezómetro Ph43, localizado no talude de jusante no alinhamento da banquetta intermédia, apresenta-se seco, o que corresponde ao expectável; ao nível da fundação verifica-se uma perda de carga para jusante, de cerca de 65%, sob o núcleo (Pp35), e de cerca de 90% a 95% sob a banquetta inferior (Pp39, Pp40 e Ph44), tal como é expectável; no entanto, o piezómetro Pp34, localizado na fundação sob o núcleo, apresenta uma cota piezométrica elevada, aparentando um comportamento anómalo semelhante ao descrito anteriormente para o piezómetro Pp17 (Perfil PO5);

Perfil PO7 (portela do corpo principal) – o piezómetro existente no interior do aterro no alinhamento do coroamento (Ph46) apresenta-se seco; ao nível da fundação, sob a zona mais alta do aterro (Ph47 e Ph45), a perda de carga em relação ao nível de água na albufeira é de cerca de 80% a 95%, verificando-se que cerca de 6,0 m a jusante (Pp48 e Pp49) a perda de carga é total; apesar destas observações favoráveis, na inspecção visual de 2012 verificou-se que,

⁵ Nos piezómetros Pp36 e Pp38, entre Agosto de 2009 e Março de 2010, foram registadas variações significativas da cota piezométrica (Figuras 3.35 e 3.38), sendo de referir que no caso do piezómetro Pp36 houve grandes dificuldades de leitura entre Outubro de 2008 e Julho de 2010.

pontualmente, o terreno imediatamente a jusante do pé do talude junto ao poço IBR16 se encontrava saturado, apesar de terem sido realizados trabalhos de captação das ressurgências existentes nessa zona;

Perfil PO8 (portela do corpo principal) – os piezómetros Ph50 e Ph51, localizados na proximidade do tapete drenante das fases anteriores, evidenciam a saturação, ou eventual colmatção, deste órgão de drenagem, dado que o nível de água se encontra coincidente com o topo do tapete drenante; salienta-se que esta situação já havia sido reportada nos relatórios de análise do comportamento anteriores, sem que se tenha verificado uma evolução desfavorável; por outro lado, dado que foi construído um novo órgão de drenagem a jusante não se considera que este aspecto seja gravoso para o comportamento do aterro; os piezómetros instalados a maior profundidade (Pp53, Pp54 e Ph52), segundo o alinhamento de jusante do coroamento, apresentam perdas de carga, relativamente ao nível de água na albufeira, entre 85% e 100%;

Perfil PO9 (portela ME1) – o piezómetro existente no aterro (Ph56) apresenta-se seco, o que corresponde ao expectável; ao nível da fundação, apesar dos piezómetros mais superficiais (Ph57 e Pp58) apresentarem cargas hidráulicas reduzidas, a cerca de 5,0 m de profundidade (Ph55 e Pp59) as cotas piezométricas são elevadas, verificando-se perdas de carga, em relação ao nível de água na albufeira, de cerca de 35% (Ph55) e 45% (Pp59), enquanto que segundo os modelos de previsão do comportamento a perda de carga deveria ser de 95%; no entanto, esta situação verifica-se desde 2009 sem qualquer evolução desfavorável; é, ainda, de referir que nestes dois piezómetros se verifica uma grande correlação entre o nível de água na albufeira e a cota piezométrica; este facto deverá estar associado à orientação da fracturação do maciço rochoso de fundação, o que também deverá ter estado na origem das ressurgências que se observavam a jusante da portela ME1 e que actualmente já se encontram captadas (estas captações encontram-se ligadas ao novo poço IBR34); este aspecto parece estar de acordo com as observações dos piezómetros PCL (Capítulo 2.4.3), existentes a jusante do aterro da portela ME1, onde se registam cargas hidráulicas semelhantes às medidas sob o aterro;

Perfil PO10 (portela ME2A) – os piezómetros existentes na zona superficial da fundação, sob a zona mais alta do aterro, evidenciam perdas de carga totais, em relação ao nível de água na albufeira; no entanto, verifica-se que imediatamente a jusante do aterro (piezómetros PCL -

Capítulo 2.4.3) as cargas hidráulicas mantêm-se iguais às registadas sob o aterro, o que deverá estar na origem das ressurgências existentes a jusante da portela ME2 (estas ressurgências já se encontram captadas e encaminhadas para os novos poços IBR35 e IBR36).

Do exposto anteriormente considera-se que o comportamento hidráulico do aterro, quer do núcleo e da geomembrana, quer do maciço estabilizador de jusante, é adequado. Ao nível da fundação verifica-se que, em algumas zonas, as cargas hidráulicas são um pouco elevadas, o que deverá estar associado às condições de fracturação do maciço rochoso de fundação e que deverá estar na origem das ressurgências que se observavam a jusante do aterro e que, actualmente, já se encontram captadas.

2.4.3 - Piezómetros PCL

As figuras apresentadas no Anexo 3 (Figuras 3.60 a 3.87) permitem analisar a evolução no tempo das cargas hidráulicas na fundação a jusante dos aterros, medidas nos piezómetros de controlo ambiental (PCL). Para além desta análise foi ainda avaliada a relação da variação da carga hidráulica medida nestes piezómetros com a variação do nível de água na albufeira.

É de referir que a partir do final de 2010, não foi possível medir a pressão da água nos piezómetros PCL7, PCL9, PCL11, PCL12, PCL17 e PCL18, onde se verificam fenómenos de artesianismo, uma vez que existem fugas de água na cabeça dos piezómetros, que não permitem efectuar uma leitura rigorosa. Mais recentemente, pelos mesmos motivos, também nos piezómetros PCL5, PCL8 e PCL10 deixou de ser possível medir pressão da água.

Da análise das cotas piezométricas medidas nos piezómetros localizados a jusante do corpo principal verifica-se que em seis piezómetros (PCL6 a PCL9, PCL11 e PCL 12) ocorrem fenómenos persistentes de artesianismo, sendo a cota piezométrica máxima 6,0 m superior à cota do terreno natural (PCL6). É de salientar que este fenómeno de artesianismo já se verificava antes da 4ª fase de construção.

Destes piezómetros, apenas nos piezómetros PCL7 e PCL8 existe uma relação evidente entre a variação da cota piezométrica com a cota da albufeira. No entanto, no caso do piezómetro PCL8, verificou-se uma redução brusca da pressão da água, em Janeiro de 2011, mantendo-se a pressão relativamente constante a partir dessa data. Este fenómeno deverá estar associado a uma alteração do regime hidrogeológico da zona mais superficial do maciço.

Nos piezómetros localizados a jusante da portela ME1 (PCL13 a PCL20) verificam-se fenómenos de artesianismo nos piezómetros PCL15 a PCL18, sendo de referir nos piezómetros PCL17 e PCL18 estes fenómenos só se começaram a verificar para níveis de água na albufeira superiores à cota 252,5 m.

Nesta zona da fundação verifica-se que a variação da cota piezométrica dos piezómetros PCL13 e PCL14 é dependente do nível de água na albufeira. Verifica-se, ainda, que, quer nos piezómetros localizados sob o aterro, quer nos piezómetros localizados a jusante, a cota piezométrica é elevada, podendo este facto estar na origem das ressurgências existentes a jusante da portela ME1, ressurgências estas que já se encontram captadas e encaminhadas para o novo poço IBR34.

Nos piezómetros localizados a jusante da portela ME2A (PCL21 a PCL28) não se verificam fenómenos de artesianismo. À excepção do piezómetro PCL22, os restantes piezómetros exibem uma influência significativa do nível de água na albufeira com a cota piezométrica instalada. Este facto pode estar associado à natureza do maciço rochoso de fundação, que potencia a passagem de água pela fundação.

Igual fenómeno deverá justificar as ressurgências ocorrentes a jusante da portela ME2A, que tal como as ressurgências a jusante da portela ME1 já foram captadas e encaminhadas para os novos poços IBR35 e IBR36.

É de referir que nos piezómetros PCL instalados a profundidades superiores (20 m), verifica-se que, quer na zona do corpo principal, quer na zona portela ME1, as cotas piezométricas são, em geral, ligeiramente superiores às observadas a 10 m de profundidade. Na zona da portela ME2A as cotas piezométricas a 20 m de profundidade são muito próximas das registadas a 10 m de profundidade.

2.5 - CAUDAIS DE PERCOLAÇÃO

Por forma a controlar os caudais captados nos sistemas de drenagem interna dos aterros e bombeá-los para a albufeira, existem 14 poços de bombagem, designados de poços IBR, construídos durante as obras do 3º alteamento da IRCL. Os poços associados ao sistema de drenagem interna dos aterros são os seguintes:

- portela MD: IBR25;
- corpo principal: IBR32, IBR5A e IBR5;
- portela do corpo principal: IBR16, IBR18 e IBR27;
- portela ME1: IBR17;
- portela ME2A: IBR15 e IBR19;
- portela ME2B/2C: IBR26, IBR29 e IBR30;
- barragem do Monte Branco: IBR31.

Existem ainda mais cinco pontos de controlo de caudais (poço de bombagem IBR5B, IBR20, IBR18A, poço de bombagem IBR27A e IBR29A) inseridos no maciço rochoso de fundação que captam escorrências de água localizadas identificadas durante as obras da 4ª fase de construção (3º alteamento).

No documento elaborado pela Cenor, em Abril de 2009, referente à análise dos elementos existentes sobre a IRCL, apresentam-se, de forma detalhada, as áreas de influência de cada poço IBR.

Decorrente dos trabalhos de captação das ressurgências existentes a jusante dos aterros, foram construídos seis novos poços, entre Novembro de 2009 e Novembro 2010: IBR5C e IBR6 a jusante do corpo principal; IBR33 a jusante da portela do corpo principal (no alinhamento do IBR18); IBR34 a jusante da portela ME1; IBR35 e IBR36 a jusante da portela ME2A.

No documento elaborado pela Cenor, em Fevereiro de 2012, referente à fiscalização e controlo dos trabalhos de execução dos novos sistemas de captação e drenagem das ressurgências, apresentam-se as valas de captação associadas a cada poço de bombagem.

No Anexo 4 apresentam-se os gráficos da evolução dos caudais bombeados nos poços IBR, representando-se nos mesmos gráficos a variação do nível de água na albufeira. Nestes gráficos apresenta-se, ainda, a estimativa dos caudais bombeados, determinada com base nos modelos de cálculo apresentados no projecto de execução, ajustando para tal os comprimentos de influência de cada poço.

Da análise das figuras apresentadas no Anexo 4 pode verificar-se o seguinte:

IBR25 (portela MD): não se verifica dependência do caudal bombeado com o aumento do nível de água na albufeira, devendo os picos de caudal estarem associados às águas infiltradas no paramento de jusante nos períodos de chuva; o caudal bombeado reduziu-se gradualmente de 2,5 m³/s para cerca de 0,5 m³/s até Julho de 2006 tendo-se mantido aproximadamente constante a partir daquela data; o valor do caudal bombeado actualmente é de cerca de 0,5 m³/h, valor este muito inferior à estimativa dos modelos de previsão do comportamento (9,3 m³/h); esta redução dos caudais poderá estar associada à deposição de rejeitados na albufeira;

IBR32 (corpo principal): os caudais captados neste poço são muito reduzidos, sendo sempre inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento;

IBR5A (corpo principal): não se verifica dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira, devendo os picos de caudal estarem associados às águas infiltradas na sua envolvente nos períodos de chuva; o caudal bombeado tem-se mantido aproximadamente constante ao longo do tempo; o valor do caudal bombeado é de cerca de 1,0 m³/h;

IBR5 (corpo principal): verifica-se que existe grande dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira; após o caudal bombeado ter aumentado gradualmente até Dezembro de 2008, tem-se verificado uma redução do caudal bombeado neste poço, com excepção dos períodos de precipitação mais intensa; na última leitura o caudal bombeado era ligeiramente superior a 8,0 m³/h;

IBR5C (corpo principal): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Junho de 2011, sendo em geral da ordem de $1\text{ m}^3/\text{h}$; em Novembro de 2012 verificou-se um acréscimo significativo do caudal bombeado, para cerca de $4\text{ m}^3/\text{h}$, que se deve a um período de elevada precipitação;

IBR6 (corpo principal): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Junho de 2011, sendo em geral da ordem de $0,5\text{ m}^3/\text{h}$; em Outubro e Novembro de 2012 verificou-se um acréscimo significativo do caudal bombeado, para cerca de $5,5\text{ m}^3/\text{h}$, sendo que em Dezembro de 2012 se verificou um decréscimo do caudal para $4,5\text{ m}^3/\text{h}$; apesar do acréscimo de caudal bombeado dever estar associado a um período de elevada precipitação, verifica-se que em Dezembro, apesar da precipitação ter sido baixa, o caudal bombeado continua a ser elevado;

IBR16 (portela do corpo principal): verifica-se que não existe dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira, devendo os picos de caudal estarem associados às águas infiltradas no paramento de jusante e na envoltória do poço nos períodos de chuva; o caudal bombeado tem-se mantido aproximadamente constante ao longo do tempo, apesar de terem sido ligadas a este poço duas novas valas drenantes, executadas junto ao pé do talude de jusante do aterro para captação de ressurgências; o caudal médio bombeado é de cerca de $5,5\text{ m}^3/\text{h}$, valor este que é inferior à estimativa dos modelos de previsão do comportamento ($12,6\text{ m}^3/\text{h}$); refira-se, no entanto, que na zona próxima deste poço tem-se verificado alguma acumulação de água;

IBR18 (portela do corpo principal): verifica-se que existe alguma dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira; o caudal bombeado tinha vindo a aumentar gradualmente desde a conclusão do último alteamento, mas o caudal máximo bombeado no final de 2009 foi inferior ao caudal máximo bombeado em Dezembro de 2008, embora na primeira data o nível de água na albufeira estar muito próximo do NPA; apesar de em Novembro de 2008 o caudal bombeado ter sido igual à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento, de $6,0\text{ m}^3/\text{h}$, é expectável que este valor não seja ultrapassado uma vez que se tem verificado uma redução dos caudais bombeados mesmo para níveis de água na albufeira superiores, sendo actualmente de cerca de $5,0\text{ m}^3/\text{h}$;

IBR33 (portela do corpo principal): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, sendo sempre inferiores a $0,5\text{ m}^3/\text{h}$;

IBR27 (portela do corpo principal): o caudal bombeado é praticamente nulo, situação que já havia sido verificada logo após a conclusão dos trabalhos da 4ª fase de construção; no poço IBR27A, situado a jusante do poço IBR27, e ao qual está associado um conjunto de esporões drenantes, também se verifica um caudal muito reduzido;

IBR17 (portela ME1): desde a conclusão do último alteamento, em Outubro de 2005, até Fevereiro de 2009 verificava-se alguma dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira; no entanto, desde essa data até Outubro de 2010, o caudal médio bombeado manteve-se relativamente constante e da ordem de 3,0 m³/h; em Novembro de 2010 houve um aumento do caudal bombeado, para cerca de 4 m³/h mantendo-se aproximadamente constante até Dezembro de 2011; em Janeiro de 2012 verificou-se um decréscimo significativo do caudal bombeado, para cerca de 2,3 m³/h, sem que a esta redução esteja associada a qualquer anomalia de comportamento do aterro; os valores observados são inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento (9,4 m³/h);

IBR34 (portela ME1): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, sendo sempre inferiores a 0,5 m³/h; as ressurgências existentes na zona desapareceram após os trabalhos de captação realizados;

IBR15 (portela ME2A): entre o início de 2006 e até Setembro de 2009 verificou-se uma dependência acentuada do caudal bombeado com o nível de água na albufeira, passando de cerca de 4,0 m³/h, em meados de 2006, para cerca de 8 m³/h, em meados de 2009; desde essa data houve uma redução do caudal bombeado para cerca de 6,0 m³/h, mantendo-se aproximadamente constante até Outubro de 2010; a partir de Novembro de 2010 houve um acréscimo significativo do caudal bombeado, atingindo um valor máximo de cerca de 10,4 m³/h, em Abril de 2012, valor este que é superior à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento, de 8,4 m³/h; no entanto, em Julho de 2012, verificou-se um decréscimo significativo dos caudais bombeados, para cerca de 6,5 m³/h, sem que a esta redução esteja associada qualquer anomalia de comportamento do aterro;

IBR19 (portela ME2A): o caudal bombeado é muito reduzido e tem-se mantido sensivelmente constante ao longo do tempo;

IBR35 (portela ME2A): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, sendo sempre inferiores a $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$; as ressurgências existentes na zona desapareceram após os trabalhos de captação realizados;

IBR36 (portela ME2A): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, sendo sempre inferiores a $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$; as ressurgências existentes na zona desapareceram após os trabalhos de captação realizados;

IBR26, IBR29, IBR29A e IBR30 (portelas ME2B e ME2C): os caudais bombeados são muito reduzidos (inferiores a $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$) e pouco influenciados pela variação do nível de água na albufeira; verifica-se, no entanto, que na zona envolvente do poço IBR30 ocorrem duas ressurgências, uma a cerca de 20 m para a direita do poço e outra imediatamente a jusante do poço; a água da ressurgência ocorrente á direita do poço IBR3 apresenta uma coloração avermelhada que deverá resultar da percolação através do escombros utilizado na construção do aterro a montante da portela;

IBR31 (barragem do Monte Branco): os caudais bombeados neste poço são reduzidos (inferiores a $1,0 \text{ m}^3/\text{h}$) e muito inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento ($5,4 \text{ m}^3/\text{h}$).

Nos restantes poços os caudais bombeados são relativamente reduzidos e não têm apresentado variações significativas ao longo do tempo.

É de referir que, em Dezembro de 2012, o caudal percolado através do corpo principal (IBR5, IBR5A e IBR5B, IBR5C e IBR6) era de cerca de $16,3 \text{ m}^3/\text{h}$, que é muito inferior à estimativa dos modelos de previsão do comportamento ($36,4 \text{ m}^3/\text{h}$).

Com base no exposto anteriormente verifica-se que, em geral, os caudais percolados através dos aterros da portela MD, do corpo principal e da portela do corpo principal têm-se mantido constantes ou diminuído nos últimos três anos, sendo sempre inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento. Este facto poderá estar associado, quer ao aumento do caminho de

percolação, quer à possível colmatção de algumas fracturas do maciço de fundação, devidos à presença de rejeitados na albufera.

Por outro lado, não se verificam afluições de água nos taludes de jusante do aterro, o que indica que os sistemas de impermeabilização e de drenagem interna dos aterros têm apresentado um funcionamento adequado. É, no entanto, de salientar a existência de duas ressurgências junto ao poço IBR 30, que deverão estar associadas a percolação pela zona superficial da fundação, ou pelo contacto aterro fundação associado a uma possível fissuração do betão do plinto. O caudal das ressurgências aparenta ser reduzido.

É, ainda, de salientar que, no último ano, na zona das portelas ME1 (IBR17) e ME2A (IBR15) onde, em 2011, se tinha verificado um acréscimo dos caudais bombeados, houve um decréscimo significativo dos caudais, sem que daí tenha resultado qualquer anomalia no aterro ou o aparecimento de novas ressurgências.

Perante o exposto anteriormente considera-se que o sistema de captação e bombagem das águas percoladas apresenta um comportamento adequado, não se verificando, de uma forma geral, anomalias no aterro ou no terreno a jusante deste. É, no entanto, de referir que nas imediações dos poços IBR16 e IBR30 os terrenos têm-se apresentado saturados apesar das bombas instaladas nestes poços estarem a funcionar adequadamente.

2.6 - DESLOCAMENTOS SUPERFICIAS

2.6.1 - Considerações gerais

Ao longo do aterro encontram-se instaladas 41 marcas superficiais para medição dos deslocamentos em planimetria e em altimetria, com a seguinte distribuição:

- 3 marcas no coroamento da portela MD;
- 30 marcas no corpo principal e portela do corpo principal do aterro, sendo 18 marcas no coroamento, 7 marcas na banquetta superior, à cota 245,0 m, e 5 marcas na banquetta intermédia, à cota 235,0 m;
- 3 marcas no coroamento da portela ME1;
- 5 marcas no coroamento da portela ME2A.

Desde a leitura inicial, realizada em Novembro de 2005, foram efectuadas sete campanhas de leitura, contemplando os deslocamentos em planimetria e altimetria, com uma periodicidade aproximadamente semestral em 2006 e 2007 e com uma periodicidade anual entre 2008 e 2010.

A campanha de leituras de 2011 contemplou os deslocamentos em altimetria de todas as marcas e os deslocamentos em planimetria das marcas localizadas nas banquetas do corpo principal. Nas marcas superficiais localizadas no coroamento dos aterros não foi possível efectuar leituras dos deslocamentos em planimetria, dado que os diques existentes no interior da albufeira impediam a observação das marcas superficiais a partir dos pontos estação.

Por forma a ser possível a observação das marcas instaladas no coroamento do aterro foram instalados novos pontos estação, tendo sido realizada uma leitura de zeragem de todas as marcas em Abril de 2012. Em Maio e Outubro de 2012 foram realizadas campanhas de leituras dos deslocamentos (nas três direcções) de todas as marcas instaladas no coroamento dos aterros.

No Anexo 5 apresentam-se os gráficos com a evolução ao longo do tempo dos assentamentos observados em cada marca superficial e os assentamentos no tempo ao longo dos alinhamentos de marcas superficiais existentes nos vários corpos do aterro.

No Anexo 6 apresentam-se os gráficos com a evolução ao longo do tempo dos deslocamentos horizontais, quer para os alinhamentos de marcas superficiais, quer para cada marca individualmente.

Dada a mudança das coordenadas de referência das marcas superficiais é expectável que tenha sido perdida alguma informação relativa aos deslocamentos em planimetria. Assim, no Anexo 6, os deslocamentos em planimetria medidos a partir de Abril de 2012 são apresentados separadamente dos medidos até 2010 e 2011.

2.6.2 - Assentamentos (altimetria)

Da análise dos gráficos com a evolução dos assentamentos (Anexo 5) verifica-se que os assentamentos observados nas portelas são reduzidos, sendo sempre inferiores a 7 mm. No corpo

principal do aterro registaram-se os maiores assentamentos, com um valor máximo de 37 mm, apresentando-se, no entanto, estabilizados.

No Quadro 1 apresentam-se os assentamentos máximos observados nas várias zonas do aterro.

Quadro 1 – Assentamentos máximos

Zona do aterro		Assentamento máximo (mm)
Portela MD		3,5 (MS1)
Corpo principal e portela do corpo principal	Coroamento	37 (MS13)
	Banqueta superior	20 (MS14)
	Banqueta inferior	12 (MS15)
Portela ME1		7 (MS35)
Portela ME2		6,5 (MS38)

De acordo com as figuras apresentadas no Anexo 5, verifica-se que os assentamentos cessaram em todas as zonas do aterro, tendo-se obtido pelo menos três leituras consecutivas sem acréscimo de assentamentos.

É de salientar que o assentamento máximo de 37 mm, obtido no coroamento do corpo principal, corresponde a cerca de 1,3% da altura do último alteamento do aterro (3,0 m), o que ainda se considera aceitável.

No modelo de previsão do comportamento apresentado no projecto de execução, estimaram-se assentamentos máximos de cerca de 90 mm, na zona de ligação das 3ª e 4ª fases de construção ao nível da banquetta superior. No coroamento e da banquetta intermédia o valor máximo dos assentamentos estimados é de cerca de 20 mm, enquanto que na banquetta superior é de cerca de 30 mm. Comparativamente com o modelo de cálculo apenas a marca MS13 ultrapassou significativamente as previsões do projecto, sem que no entanto, se considere que esse aspecto seja revelador de um comportamento anómalo, acrescendo o facto dos assentamentos nesta marca já terem cessado.

Com base na análise das figuras apresentadas no Anexo 5 e tendo em conta o exposto anteriormente, considera-se que as deformações verticais observadas no aterro são indicadoras do bom comportamento deste.

2.6.3 - Deslocamentos horizontais (planimetria)

Conforme referido anteriormente, dada a mudança dos pontos de referência para leitura dos deslocamentos em planimetria das marcas superficiais, foi necessário apresentar (Anexo 6) separadamente os resultados das observações realizadas antes e após Abril de 2012.

Da análise das figuras apresentadas no Anexo 6 verifica-se que as deformações em planimetria medidas antes da mudança dos pontos de referência são, em geral, inferiores a 10 mm, registando-se um valor máximo de 16 mm. Após Abril de 2012 as deformações são muito reduzidas, apresentando um valor máximo de 4 mm.

No Quadro 2 apresentam-se os deslocamentos horizontais máximos observados nas várias zonas do aterro.

Quadro 2 - Deslocamentos horizontais máximos

Zona do aterro		Observações antes da mudança dos pontos de referência		Observações após a mudança dos pontos de referência	
		Deslocamento máximo (mm)	Sentido	Deslocamento máximo (mm)	Sentido
Portela MD		5 (*)	Jusante	4	Montante
Corpo principal e portela do corpo principal	Coroamento	10 (*)	Jusante	3	Jusante
	Banqueta superior	10 (**)	Jusante	2	Montante
	Banqueta inferior	9 (**)	Jusante	1,5	Montante
Portela ME1		8 (*)	Montante	≈0	-
Portela ME2		16 (*)	Montante	2	Montante

(*) Valor correspondente à campanha de leituras de 2010

(**) Valor correspondente à campanha de leituras de 2011

Tal como se pode verificar nos gráficos dos deslocamentos das várias marcas, apesar dos deslocamentos serem reduzidos, existe, em geral, uma grande variabilidade na direcção dos deslocamentos das marcas, devendo este facto estar associado a erros de leitura.

Da mesma forma, verifica-se que o movimento de algumas marcas é no sentido de montante, o que não é realista e, também, deverá estar associado a erros de leitura.

Considera-se, no entanto, que dada a reduzida magnitude dos deslocamentos horizontais, o aterro exhibe um bom comportamento.

2.7 - DESLOCAMENTOS INTERNOS

No corpo principal do aterro estão instalados 4 inclinómetros, distribuídos por três perfis de observação (PO4, PO5 e PO6), estando três no coroamento (I1, I2 e I4) e um na banquetta superior (I3).

Desde a primeira leitura realizada em Março de 2006 já foram realizadas onze campanhas de leituras, com uma periodicidade anual entre 2006 e 2008 e em 2010 e 2012 (em 2006 foram realizadas duas campanhas com intervalo de tempo reduzido), sendo que em 2009 e 2011 foram realizadas campanhas com uma periodicidade semestral.

No Anexo 7 apresentam-se os gráficos com a evolução dos deslocamentos acumulados e dos deslocamentos incrementais.

Os deslocamentos horizontais registados nos inclinómetros são reduzidos, sendo, em geral, de maior magnitude na direcção transversal (montante-jusante), como é expectável.

Os deslocamentos mais significativos foram registados na leitura de Outubro de 2009, verificando-se que em geral até à leitura de 04-06-2008 os deslocamentos máximos eram de cerca de 4 mm. Da leitura de Outubro de 2009 para a última leitura registaram-se pequenos acréscimos de deformação,

com um valor máximo de cerca de 4 mm, sendo que, à excepção do inclinómetro I3, não houve praticamente acréscimo de deformação nas últimas duas leituras.

No Quadro 3 resumem-se os deslocamentos máximos nos vários inclinómetros.

Quadro 3 - Deslocamentos internos máximos

Inclinómetro	Deslocamentos (mm)	
	Direcção transversal	Direcção longitudinal
I1	+ 8 (20 m de profundidade)	10 (coroamento)
I2	-14 (coroamento) + 11 (17 m de profundidade)	2 (coroamento)
I3	+ 14 (12 m de profundidade)	≈ 0
I4	+ 6 (25 m de profundidade)	5 (coroamento)

Nota: deslocamentos positivos na direcção transversal referem-se ao sentido montante-jusante

É de referir que, no inclinómetro I3, a cerca de 22 m de profundidade, ocorre um deslocamento localizado de cerca de 23 mm, que pela análise dos deslocamentos incrementais parece estar associado a uma anomalia na união das calhas inclinométricas.

Os modelos de cálculo apresentados no projecto de execução estimaram deslocamentos máximos na direcção transversal de cerca de +15 mm, a cerca de 5 m de profundidade, e de -5 mm, no coroamento, para inclinómetros instalados no coroamento. Para inclinómetros instalados na banquetta superior a estimativa era de cerca de +15 mm e de -5 mm a cerca de 8 m de profundidade e no coroamento, respectivamente.

Comparando os resultados das observações com o modelo de previsão verifica-se que os deslocamentos máximos observados são, em geral, inferiores aos estimados, numa fase em que, quer o nível da água na albufeira, quer o nível de rejeitados submersos, atingiram os valores máximos.

As diferenças entre as estimativas dos deslocamentos e as observações poderão estar associadas às dificuldades de modelação do comportamento do aterro, dada a variabilidade das propriedades dos materiais de aterro, devidas às diferentes fases de execução do aterro.

No entanto, a análise dos deslocamentos totais do aterro e da sua evolução permite verificar que não existem evidências de comportamentos anómalos no aterro, não se verificando, nomeadamente, indícios de existência de superfícies de deslizamento nos contactos entre as várias fases construtivas do aterro.

2.8 - REGISTOS SISMOLÓGICOS

No período decorrido desde a elaboração do último relatório de análise do comportamento da IRCL até ao final de 2012, há a registar a ocorrência de um sismo de magnitude 3,6, com epicentro localizado a cerca de 40 km para Oeste do local da IRCL, no dia 24 de Setembro de 2012.

Dada a proximidade do epicentro ao local da IRCL foi realizada uma campanha de leituras adicionais dos piezómetros, não tendo sido detectado qualquer acréscimo da pressão da água nos poros. Também na inspecção visual de especialidade, realizada a 30 de Outubro de 2012, não foram detectadas anomalias resultantes deste evento sísmico.

É de referir que apesar do acelerógrafo localizado na fundação do aterro do corpo principal estar operacional ainda não se dispõe da análise do registo deste sismo. O acelerógrafo localizado no coroamento do aterro do corpo principal encontra-se inoperacional.

3 - COMPORTAMENTO DA IRCL

No presente relatório são apresentados e analisados todos os resultados da observação disponíveis, até Dezembro de 2012, numa fase em que os rejeitados são depositados exclusivamente de forma emersa (pasta), no interior das células construídas para o efeito no interior da bacia da IRCL.

Com base na análise efectuada não se verificam anomalias no comportamento do aterro, quando já se atingiu o nível máximo de água na albufeira e a capacidade de armazenamento imersa de rejeitados na albufeira da IRCL se encontra esgotada.

Com efeito, a resposta do aterro ao último alteamento e ao consequente aumento de carga hidráulica foi adequada como mostra a análise dos resultados da observação do aterro e a sua comparação com os modelos de previsão do comportamento do projecto de execução, traduzida pelas conclusões que se apresentam a seguir.

A análise global dos resultados relativos aos níveis piezométricos no aterro e na fundação, mostra que, em geral, as cotas piezométricas aumentaram gradualmente com a subida do nível de água na albufeira, estando actualmente estabilizadas. É de referir que, desde o início de 2010, têm-se medido valores anómalos em alguns piezómetros (Capítulo 2.4.2), que contudo deverão estar associados a anomalias de funcionamento dos piezómetros. Esta consideração é também suportada pela redução dos caudais bombeados nos poços IBR, que evidencia um comportamento adequado do aterro e da fundação.

De uma forma geral, verifica-se um adequado comportamento hidráulico do núcleo, uma vez que as perdas de carga registadas são as expectáveis. Por outro lado, no maciço estabilizador de jusante não há praticamente registo de níveis piezométricos, o que mostra que, quer os sistemas de impermeabilização (núcleo argiloso e geomembrana), quer os sistemas de drenagem interna, estão a funcionar adequadamente.

No que respeita à fundação, tal como já havia sido reportado nos relatórios de análise do comportamento anteriores, verifica-se que, no corpo principal e nas portelas ME1 e ME2A, as cargas hidráulicas para profundidades mais significativas (da ordem de 10 m), são elevadas em relação ao

previsto nos modelos de cálculo, o que deverá ser reflexo das condições de fracturação do maciço rochoso, e que se traduz em afluições de água a jusante do aterro.

Estas afluições de água foram entretanto captadas com recurso a valas drenantes, às quais foram associados poços de bombagem que permitem restituir a água captada à albufeira e quantificar o caudal bombeado.

Há, no entanto, a referir a existência de duas ressurgências junto ao pé do talude do aterro da portela ME2C, na zona do poço IBR30. Estas ressurgências apresentam um caudal reduzido e deverão ser captadas e encaminhadas para o poço IBR30.

Os caudais percolados através dos sistemas drenantes dos aterros, captados nos poços a jusante, revelam, em geral, uma tendência para a redução e estabilização, sendo inferiores aos estimados pelos modelos de comportamento. É de salientar que nos poços IBR17 (portela ME1) e IBR15 (portela ME2A), onde em 2011 se tinham verificado acréscimos de cerca de 35% e 50% do caudal bombeado, verificou-se em 2012 uma redução significativa dos caudais bombeados, sem que a esta redução estivesse associada qualquer anomalia no aterro ou o aparecimento de novas ressurgências a jusante.

Nos poços inseridos no maciço rochoso de fundação, que captam ressurgências de água localizadas, verificam-se afluições de água reduzidas sem variação significativa ao longo do tempo. Também nos novos poços de bombagem (IBR5C, IBR6, IBR33, IBR34 e IBR35) os caudais são reduzidos.

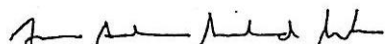
Com a instalação dos novos pontos estação foi possível retomar a medição dos deslocamentos horizontais das marcas superficiais, que havia sido interrompida em 2011 devido à construção dos diques no interior da albufeira. Da análise das novas leituras verifica-se que as deformações horizontais do aterro são reduzidas, apesar de apenas corresponderem a um intervalo de tempo de 6 meses, apresentando também alguma aleatoriedade no sentido dos deslocamentos.

No que se refere aos assentamentos observados no coroamento e nas banquetas, estes apresentam valores inferiores aos previstos nos modelos de cálculo, revelando um bom comportamento dos aterros. É de referir que, de uma forma geral, os assentamentos cessaram.

Os deslocamentos internos não mostram evidências de comportamentos anómalos, verificando-se que, apesar de na leitura de 2009 se ter registado um acréscimo mais significativo dos deslocamentos, desde essa leitura a taxa de deformação diminuiu, sendo, actualmente, praticamente nula.

Em súmula, e de acordo com o exposto anteriormente, considera-se que a Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo apresenta, do ponto de vista estrutural e hidráulico, um adequado comportamento, correspondendo, de uma forma geral, ao previsto nos modelos de comportamento apresentados no projecto de execução.

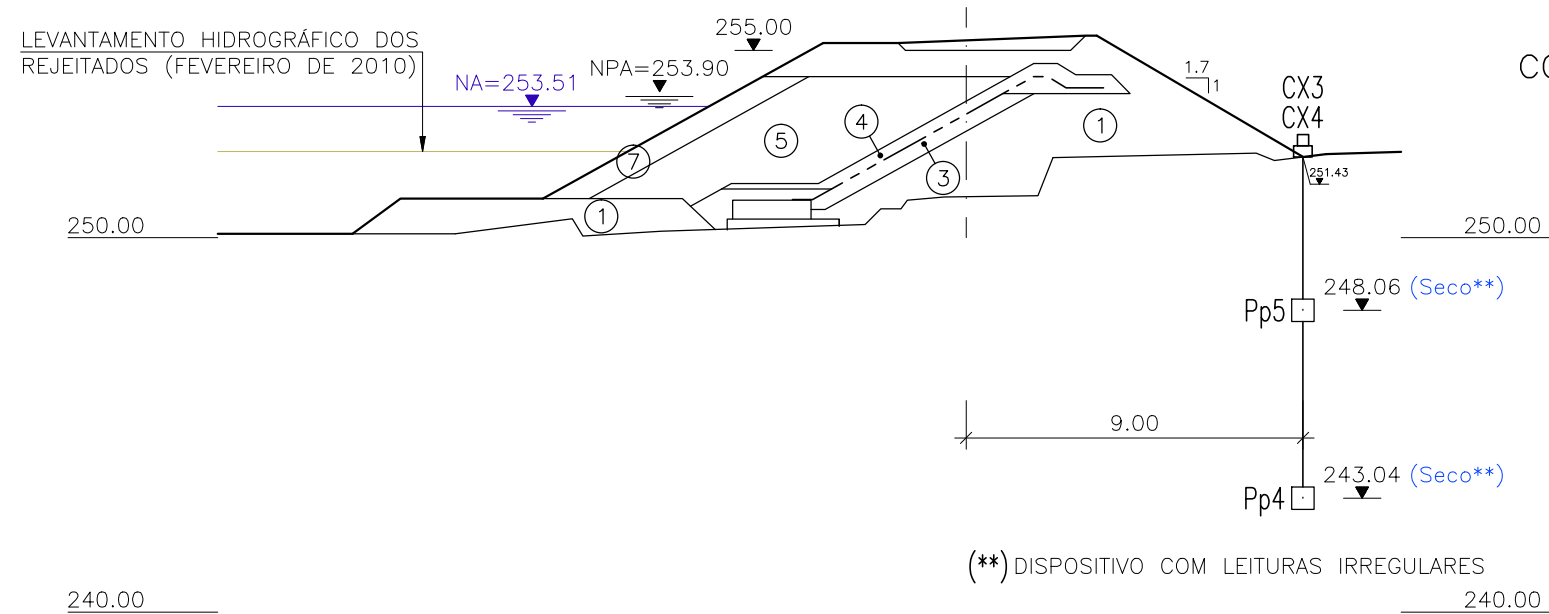
Lisboa, 22 de Março de 2013


José A. Mateus de Brito
(Engenheiro Civil)
(Especialista em Geotecnia O.E.)
(Insc. na O.E. sob o nº 10425)
Gonçalo N. dos Santos Tavares
(Engenheiro Civil)
(Insc. na O.E. sob o nº 59573)

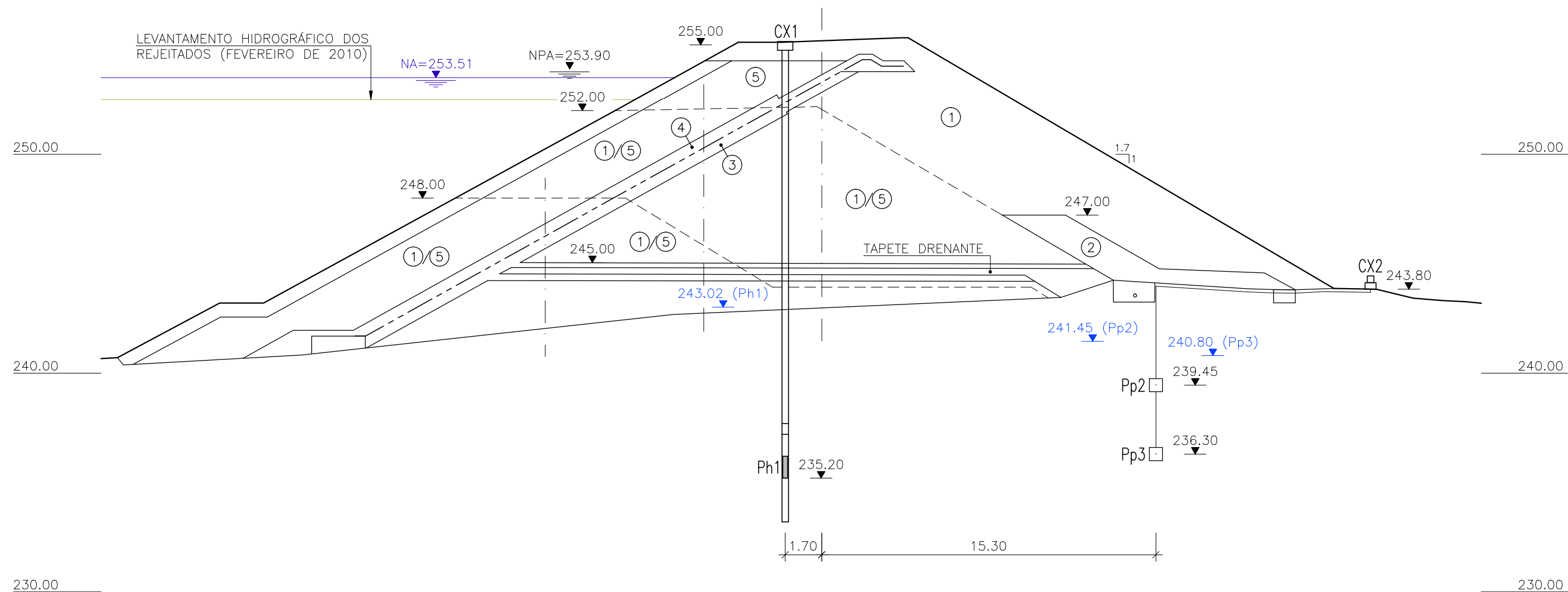
SOMINCOR. INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO. OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

FIGURAS

SOMINCOR. INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO. OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

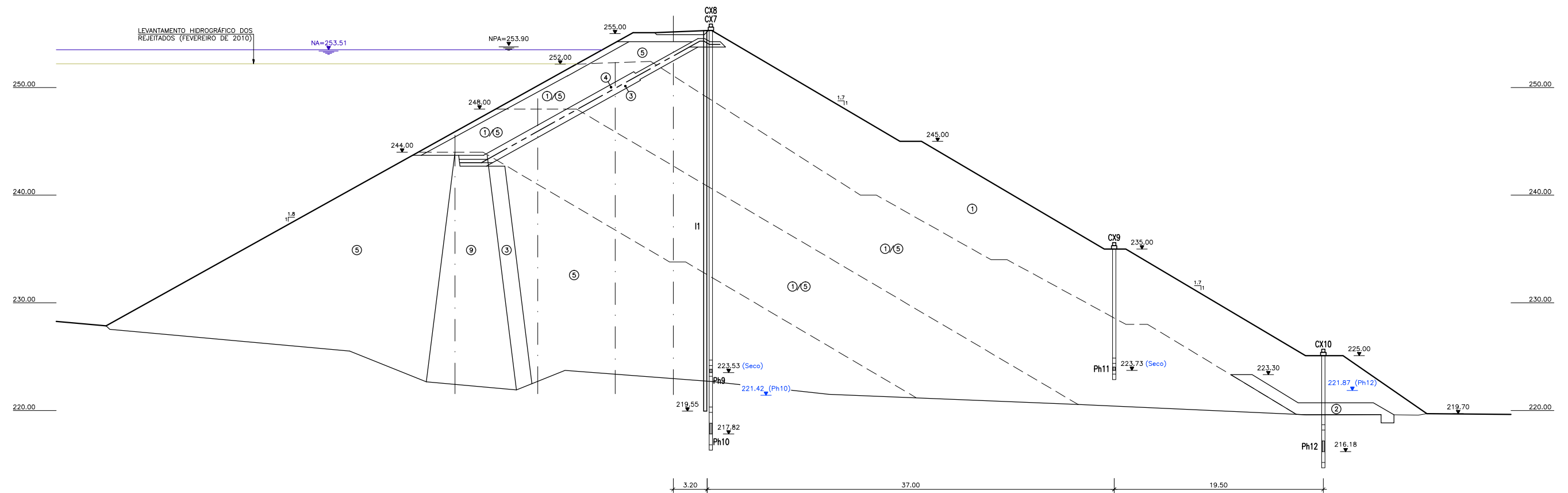


PERFIL P02 – PK0+497 (CORPO PRINCIPAL)
1/200

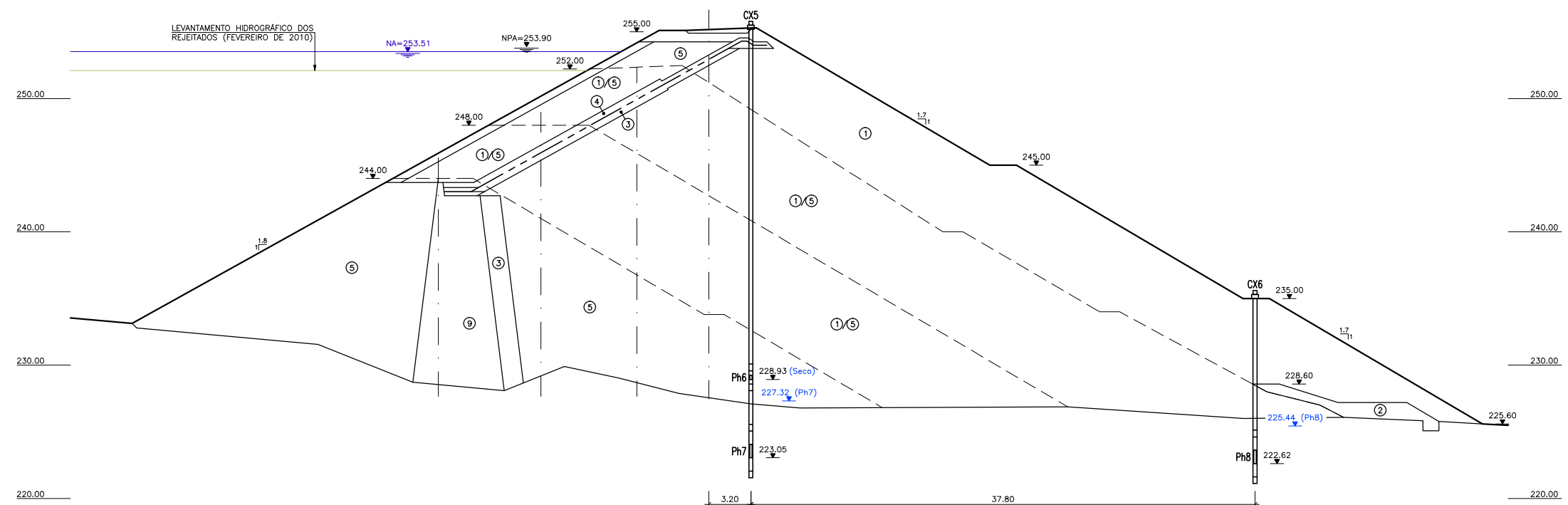


239.30 (Pp3) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp3

FIGURA B
COTAS PIEZOMÉTRICAS NOS PERFIS P03 E P04



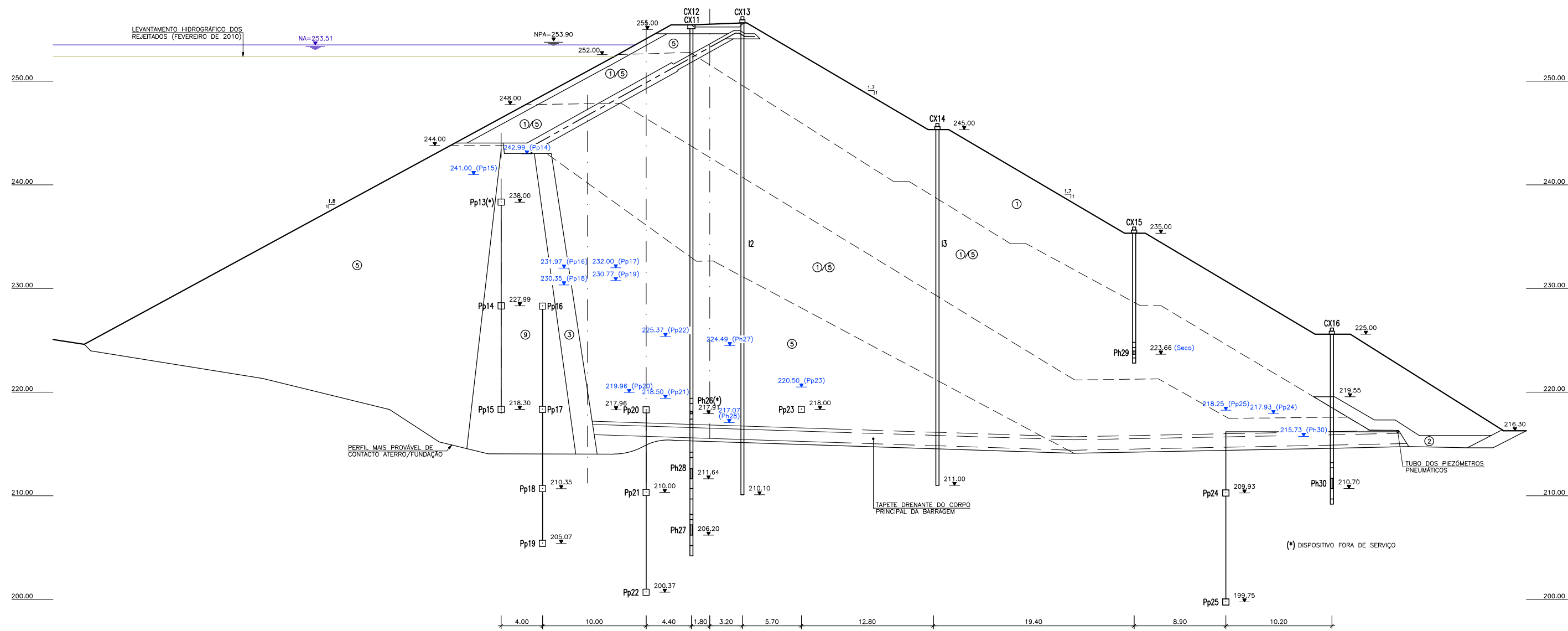
PERFIL P04 – PK0+795 (CORPO PRINCIPAL)
1/400



PERFIL P03 – PK0+750 (CORPO PRINCIPAL)
1/400

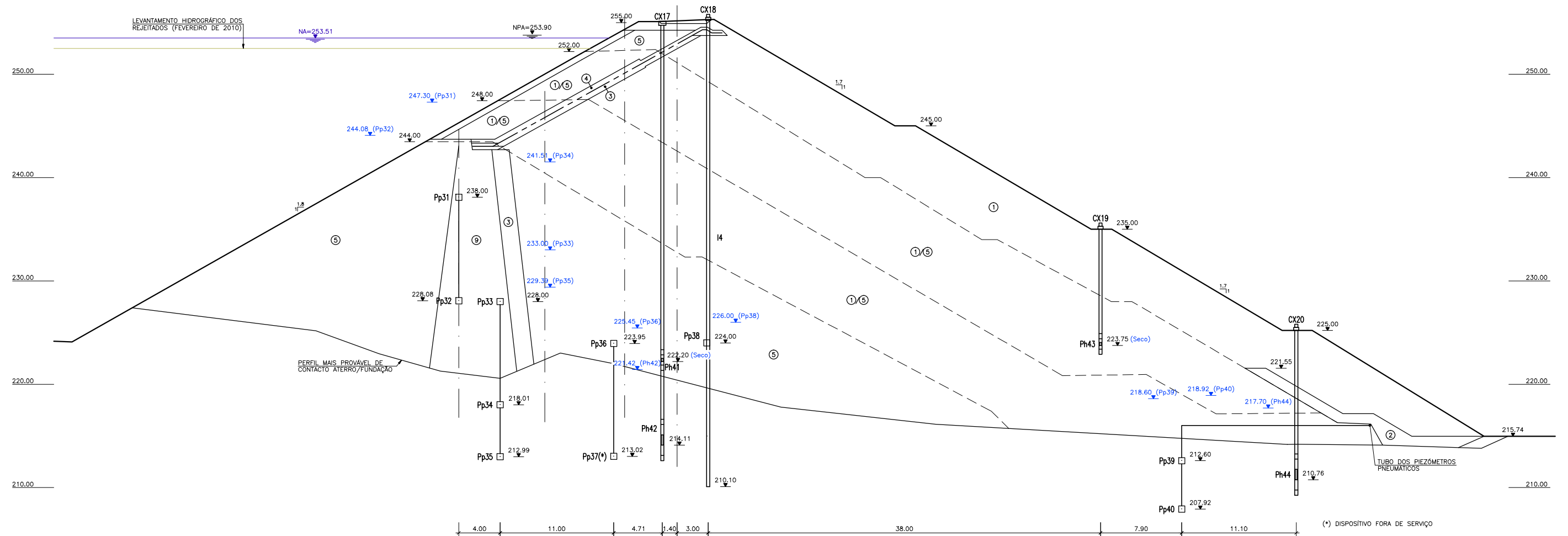
225.71 (Ph8) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Ph8

FIGURA C
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P05



219.25 (Pp25) — COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp25

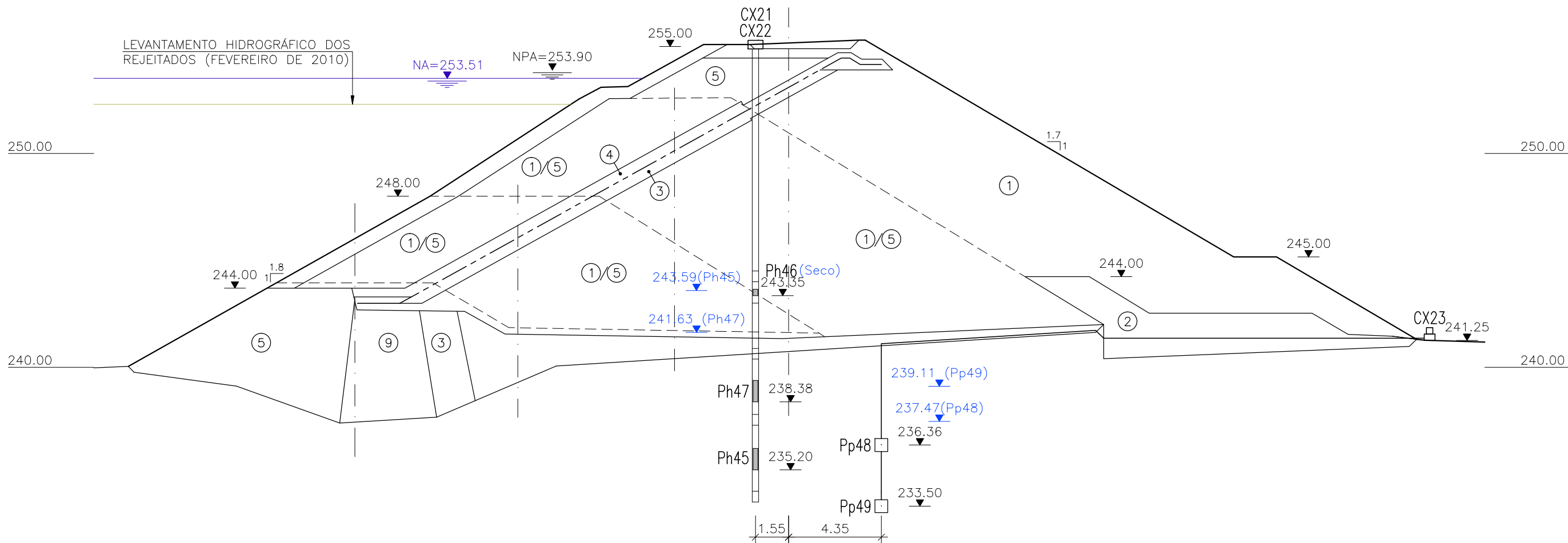
FIGURA D
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL PO6



PERFIL P06 - PK0+910 (CORPO PRINCIPAL)
1/400

225.50 (Pp38) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp38

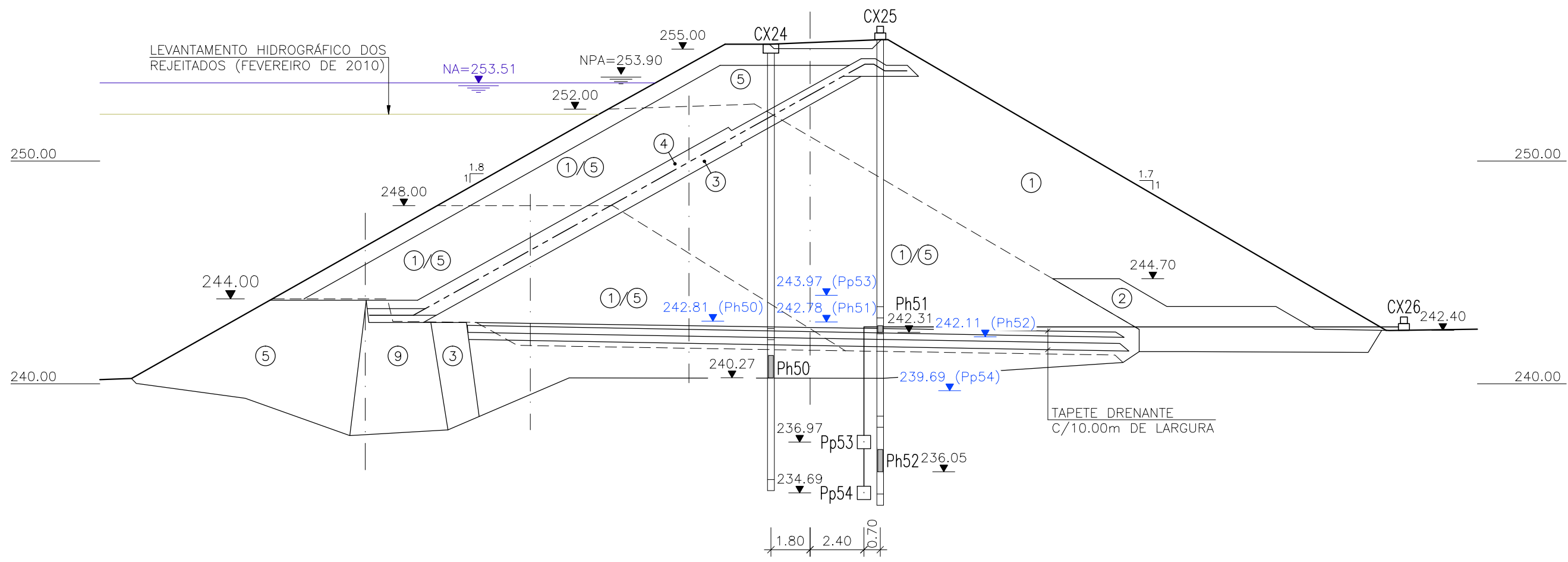
FIGURA E
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P07



PERFIL P07 – PK1+159 (PORTELA DO CORPO PRINCIPAL)
1/200

237.97(Pp48) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp48

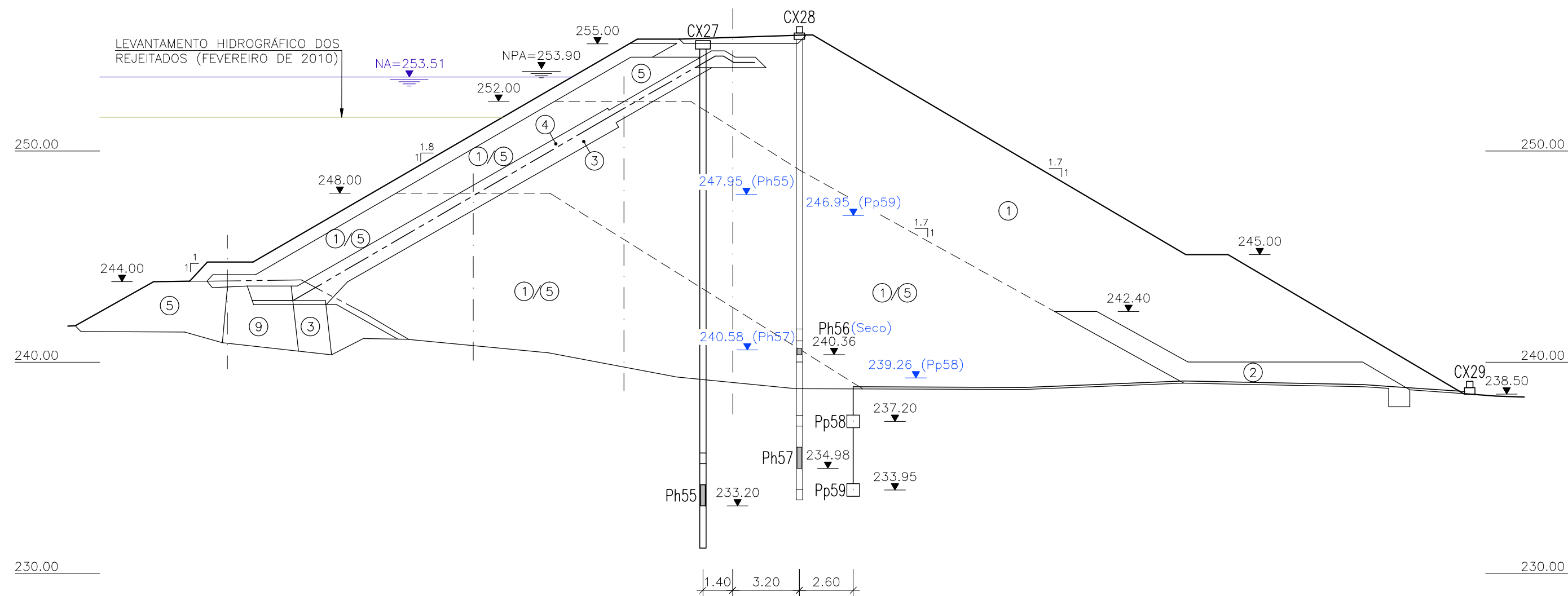
FIGURA F
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P08



PERFIL P08 – PK1+445 (PORTELA DO CORPO PRINCIPAL)
1/200

242.62 (Ph52) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Ph52

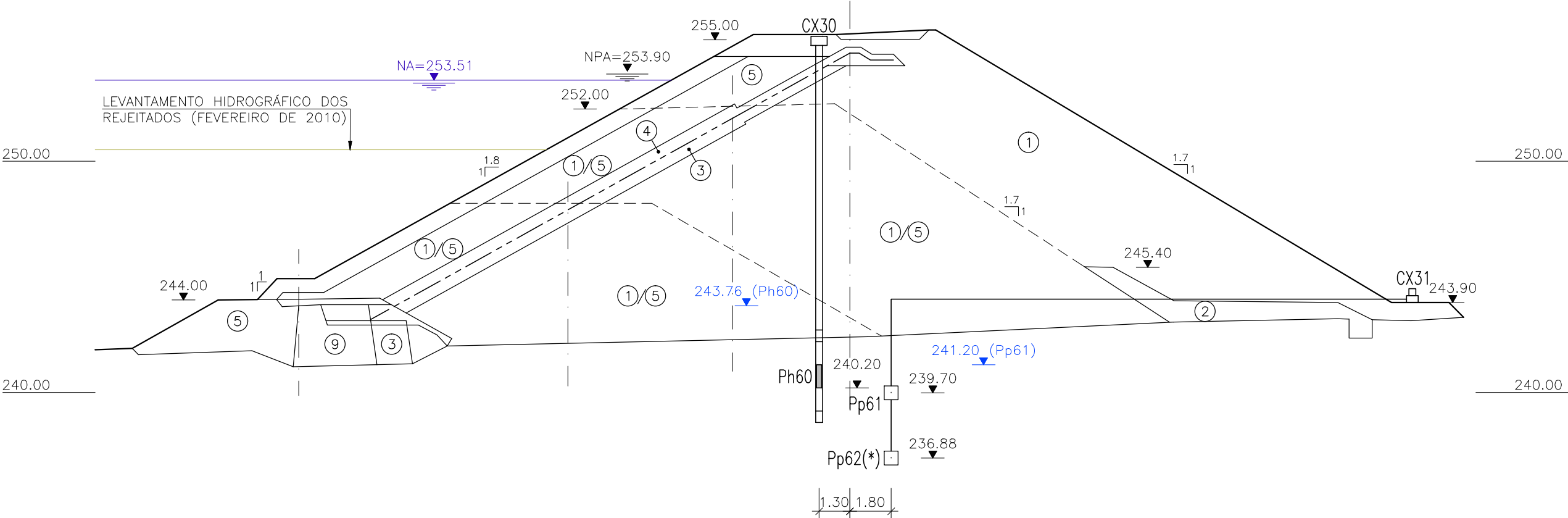
FIGURA G
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P09



PERFIL P09 – PK1+862 (PORTELA ME1)
1/200

240.49 (Ph57) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Ph57

FIGURA H
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P010



PERFIL P10 – PK2+335 (PORTELA ME2A)
1/200

241.20 (Pp61) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp61

SOMINCOR. INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO. OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

ANEXOS

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO MONTE BRANCO

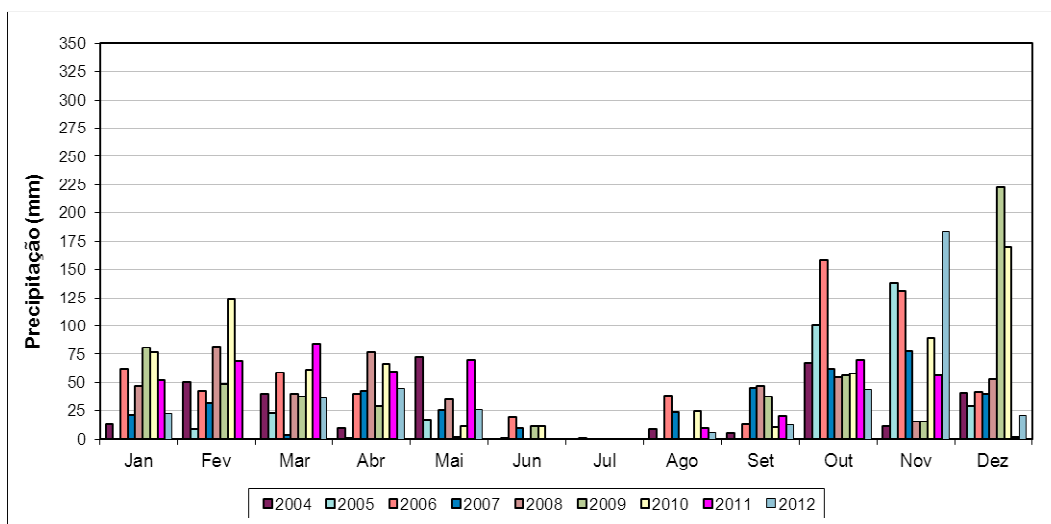


Figura 1.1 – Precipitação mensal

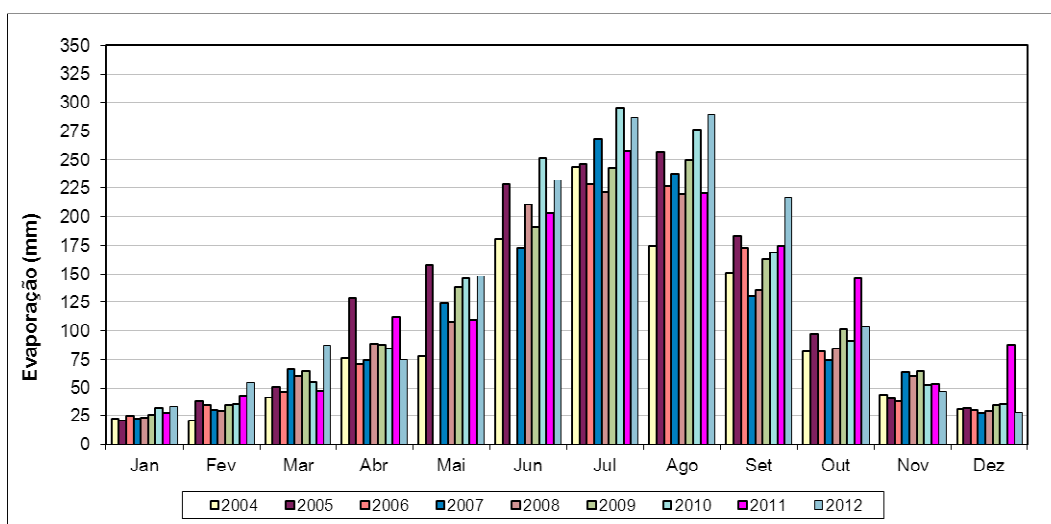


Figura 1.2 – Evaporação mensal

NOTA: Nos meses de Maio e Junho de 2006 não foram medidos os valores de evaporação devido a uma avaria no equipamento

ANEXO 1 (2/2)

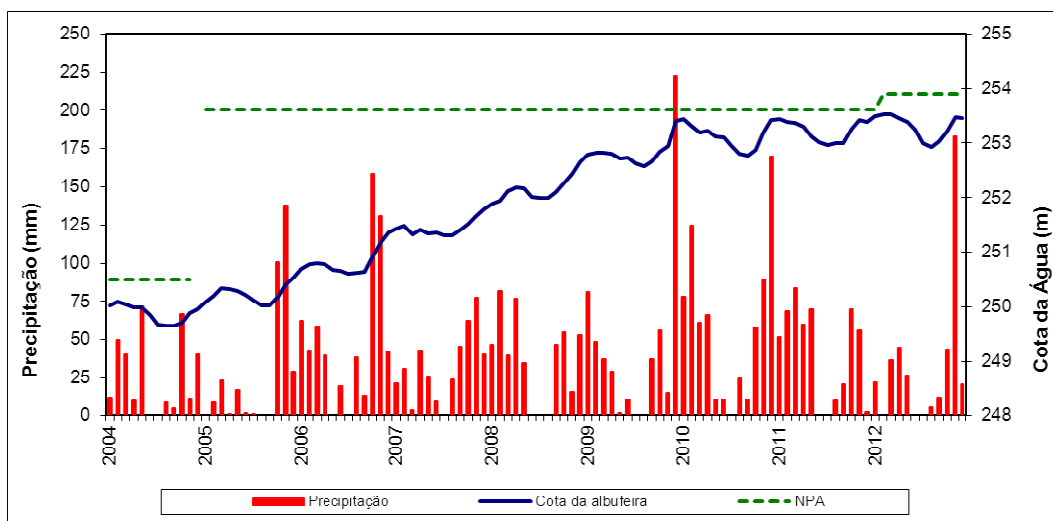


Figura 1.3 – Cota do nível de água na albufeira e precipitação mensal

NOTA: A linha a tracejado verde indica a cota nível de pleno armazenamento (3ª fase – 250,5 m; 4ª fase – 253,62 m/253,90 m)

DADOS DA PRODUÇÃO

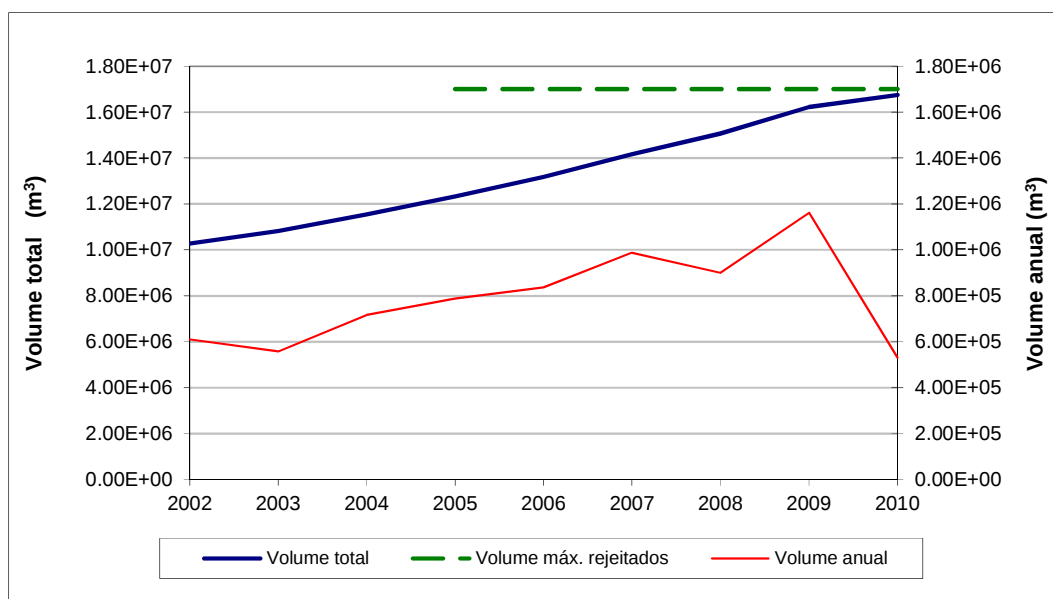


Figura 2.1 – Evolução do volume de rejeitados em polpa armazenado na albufeira e do volume anual depositado na albufeira

NOTAS:

- A linha a tracejado verde indica a capacidade máxima de armazenamento de rejeitados na albufeira;
- A partir de Junho de 2010 a deposição de rejeitados em polpa foi apenas realizada no interior das células construídas para a deposição de rejeitados em pasta (ver gráfico seguinte).

ANEXO 2 (2/2)

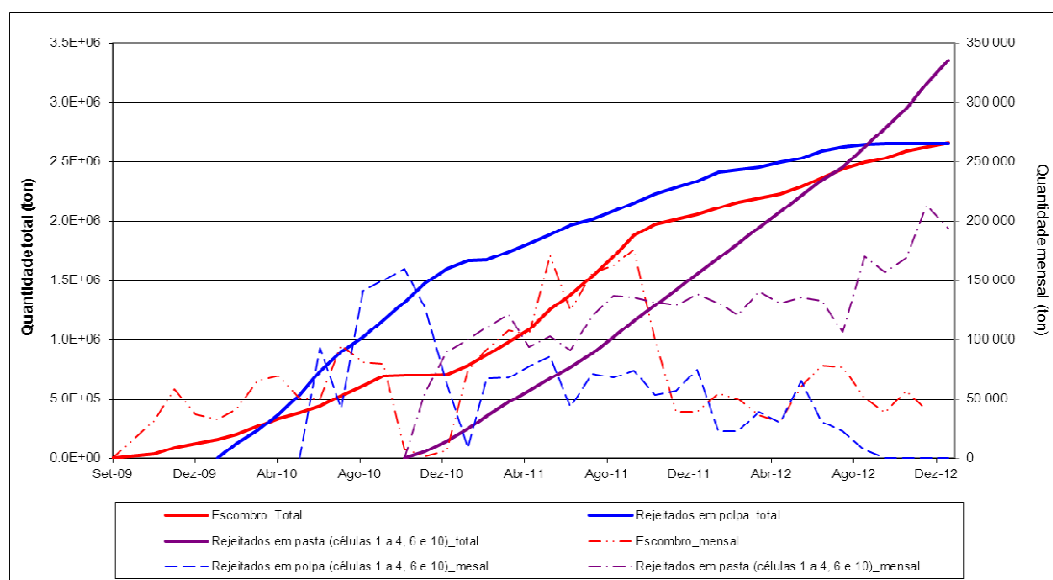


Figura 2.2 – Evolução da quantidade de escombro utilizada na construção dos diques de delimitação das células e da quantidade de rejeitados, em polpa e em pasta, depositados no interior das células

NOTAS:

- Actualmente estima-se que com o novo sistema de deposição emersa de rejeitados espessados (pasta) em células permita uma capacidade de armazenamento de $16,3 \times 10^6 \text{ m}^3$, o que perfaz um volume total de armazenamento de cerca de $33,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ (uma vez que a capacidade de armazenamento submerso era de $17 \times 10^6 \text{ m}^3$);
- Estima-se que o volume de total de rejeitados (em polpa e em pasta) depositados actualmente seja de cerca $20,2 \times 10^6 \text{ m}^3$. Tendo em conta que o volume de rejeitados em polpa depositados no interior da albufeira é de cerca de $16,75 \times 10^6 \text{ m}^3$, o volume de rejeitados (em polpa e em pasta) depositados no interior das células é de cerca de $3,43 \times 10^6 \text{ m}^3$,
- Durante o ano de 2012 estima-se que tenham sido depositados cerca de $1,28 \times 10^6 \text{ m}^3$ de rejeitados (em polpa e em pasta).

NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS NO ATERRO E NA FUNDAÇÃO

1 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO1 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

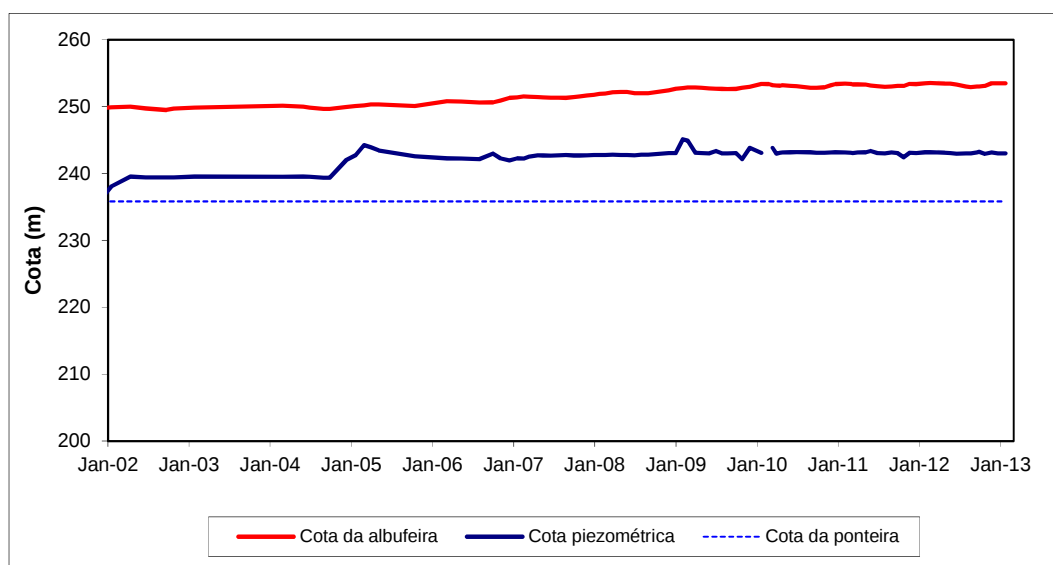


Figura 3.1 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph1

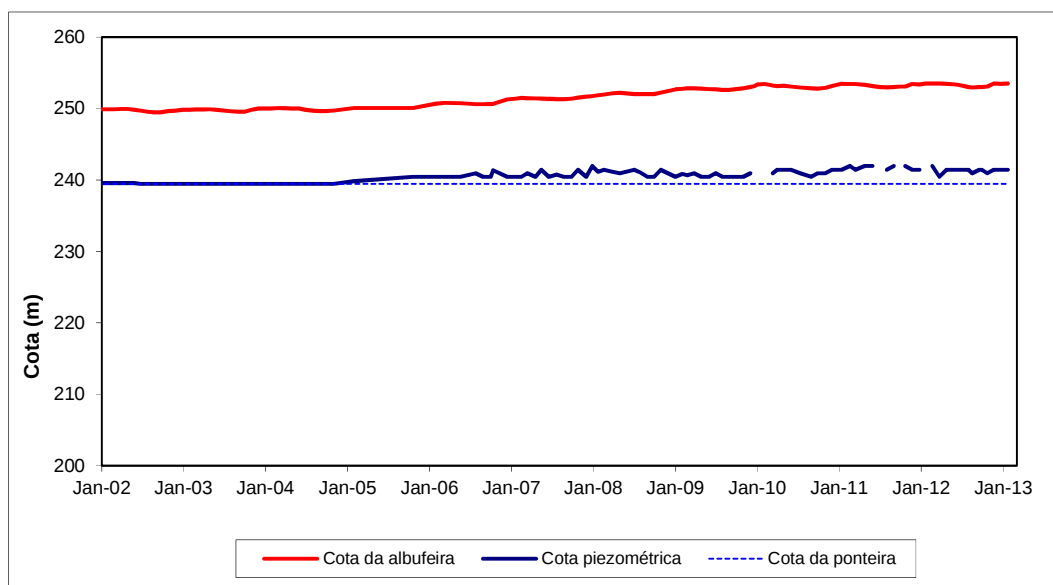


Figura 3.2 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp2

ANEXO 3 (2/54)

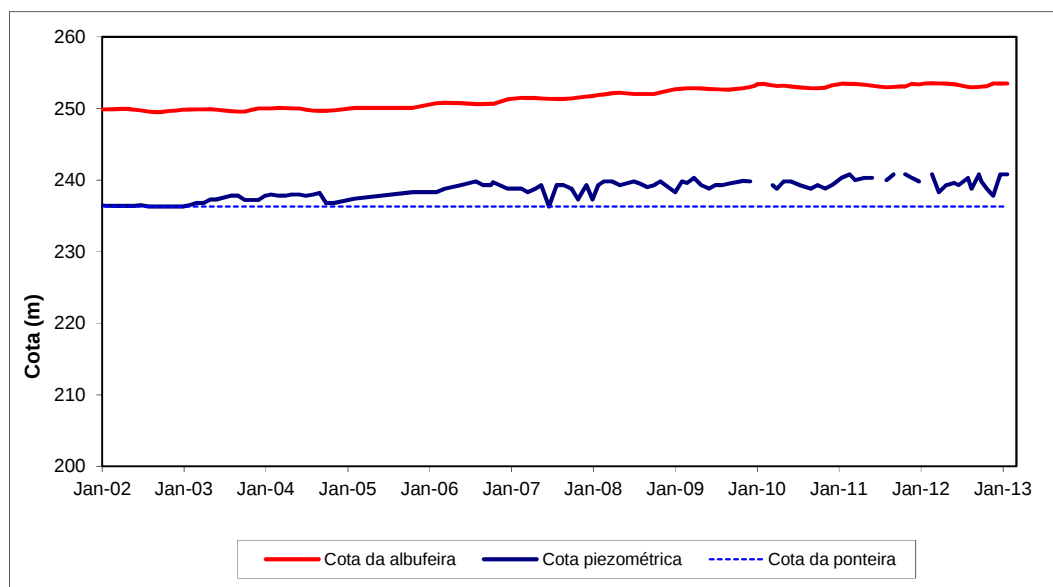


Figura 3.3 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp3

2 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO2 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

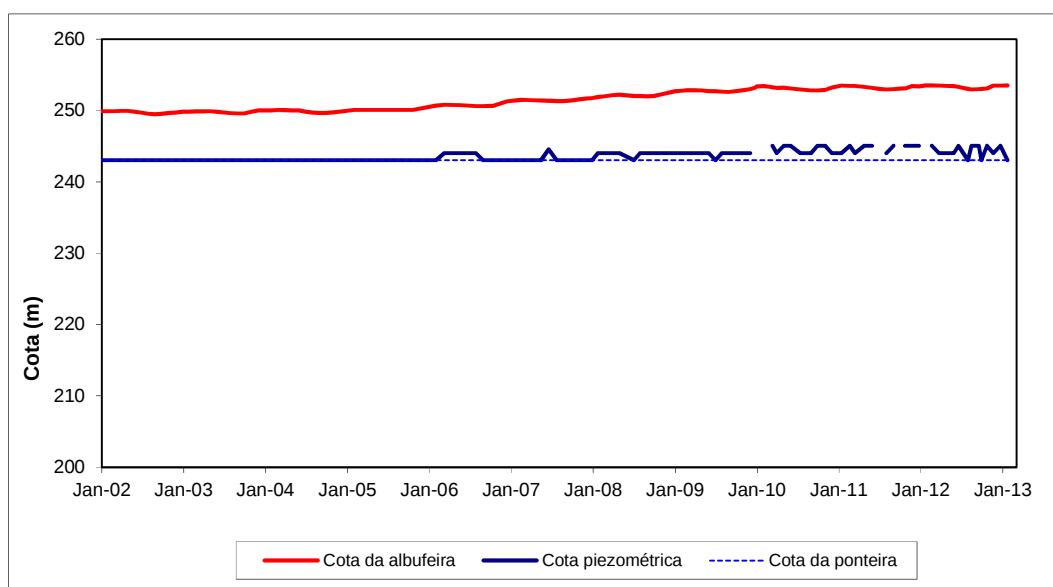


Figura 3.4 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp4

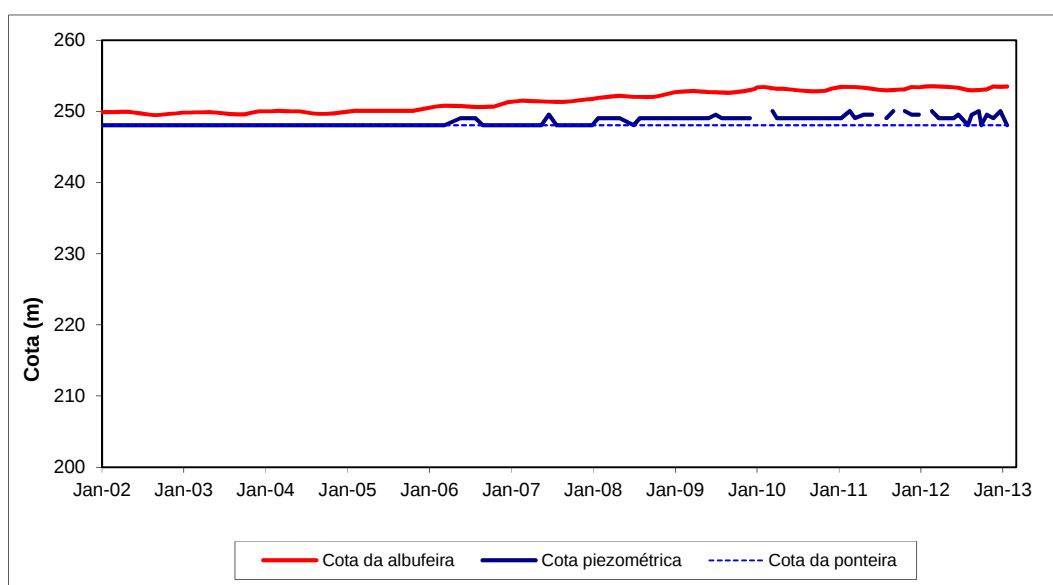


Figura 3.5 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp5

ANEXO 3 (4/54)

3 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO3 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

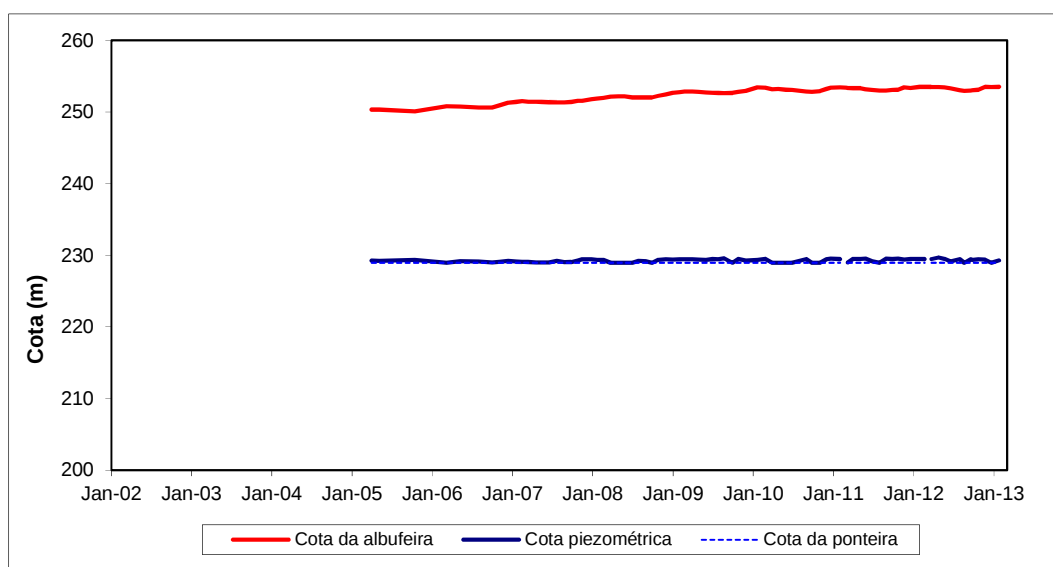


Figura 3.6 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph6

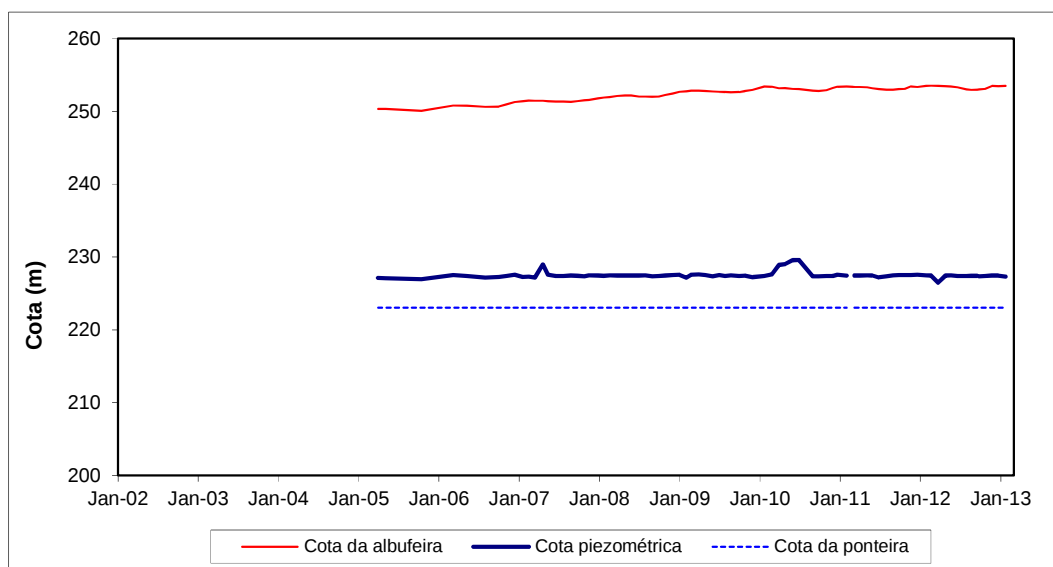


Figura 3.7 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph7

ANEXO 3 (6/54)

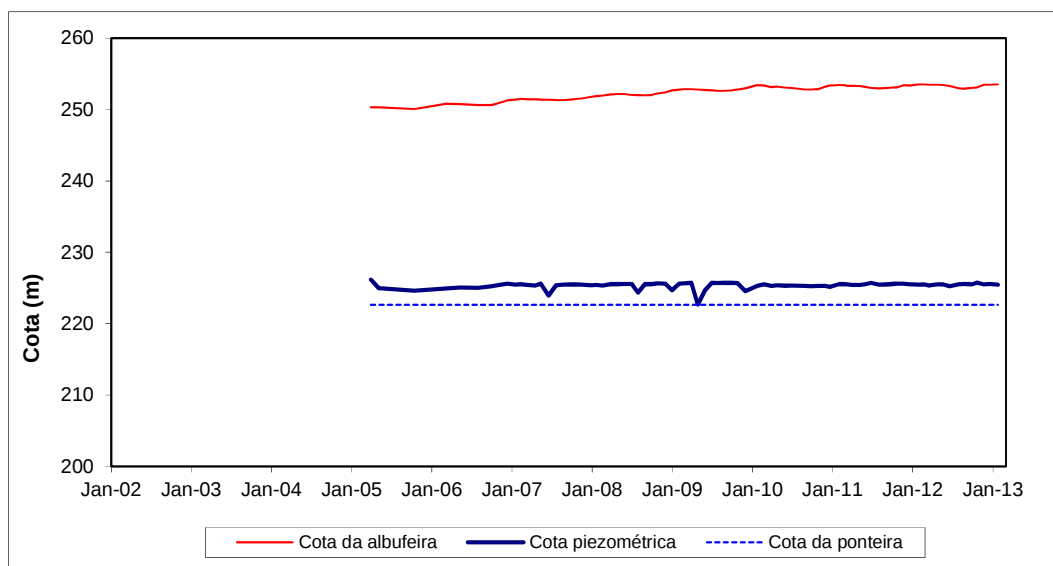


Figura 3.8 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph8

4 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO4 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

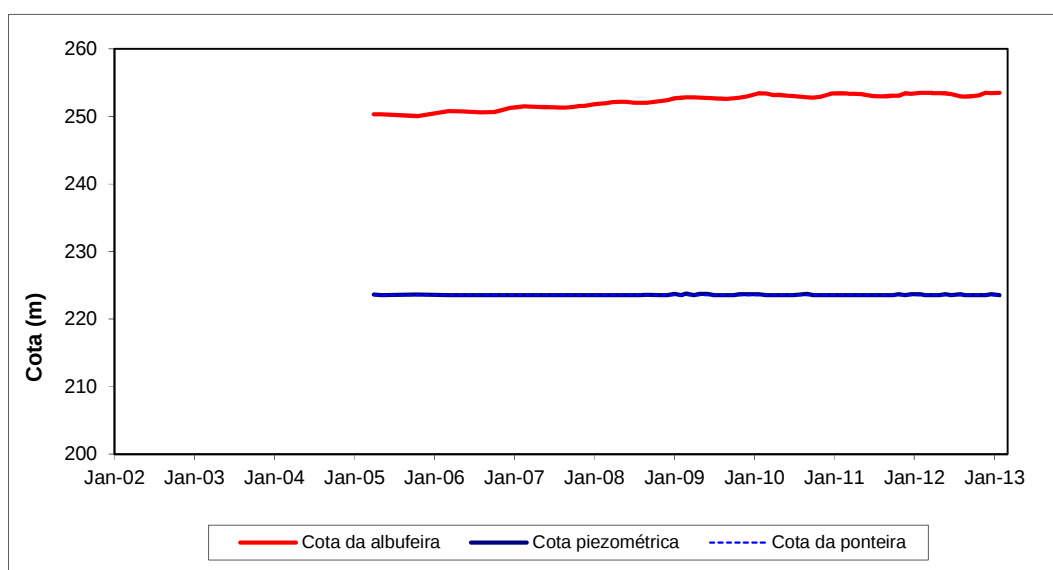


Figura 3.9 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph9

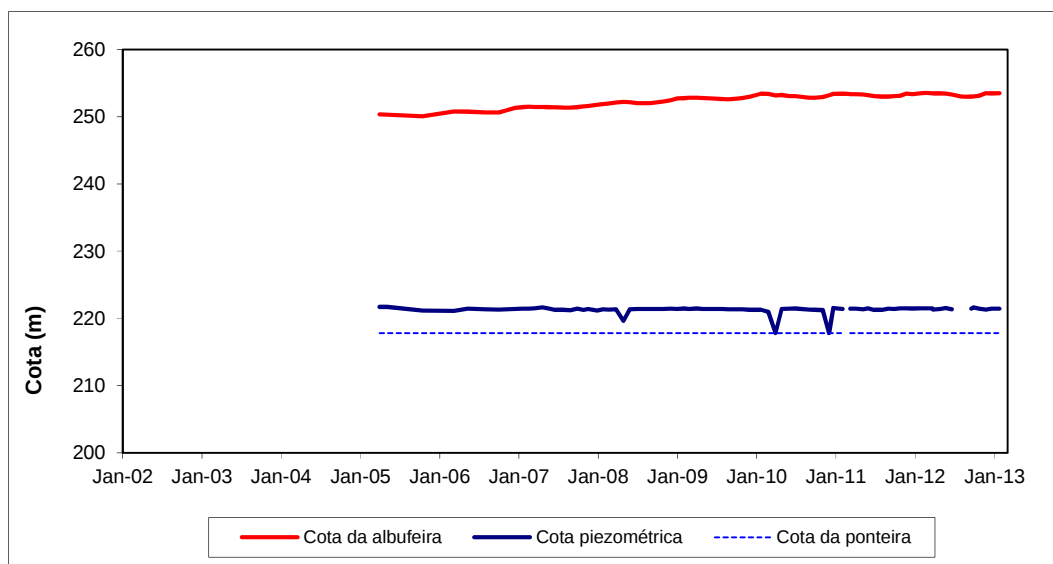


Figura 3.10 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph10

ANEXO 3 (8/54)

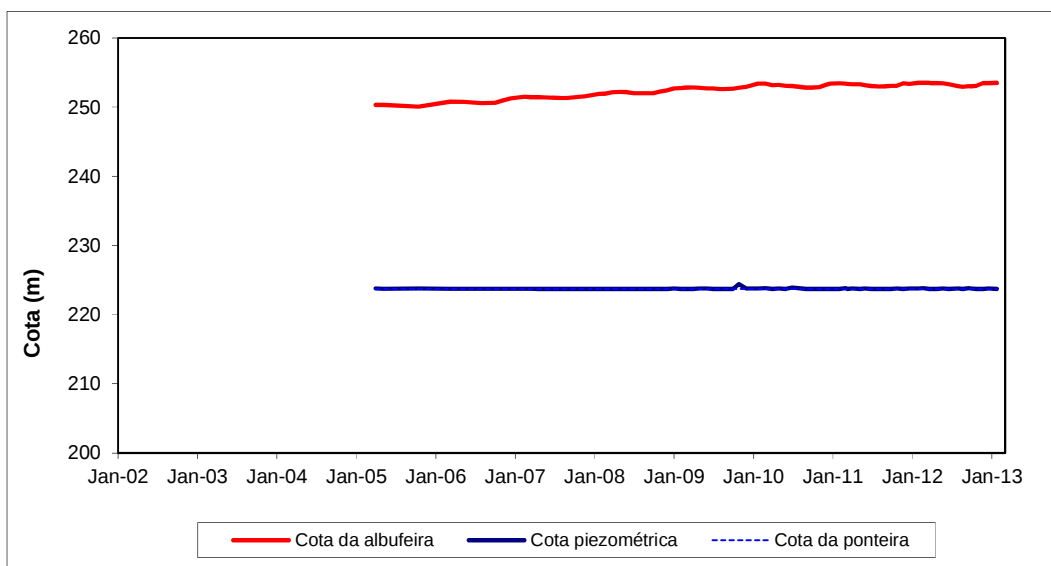


Figura 3.11 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph11

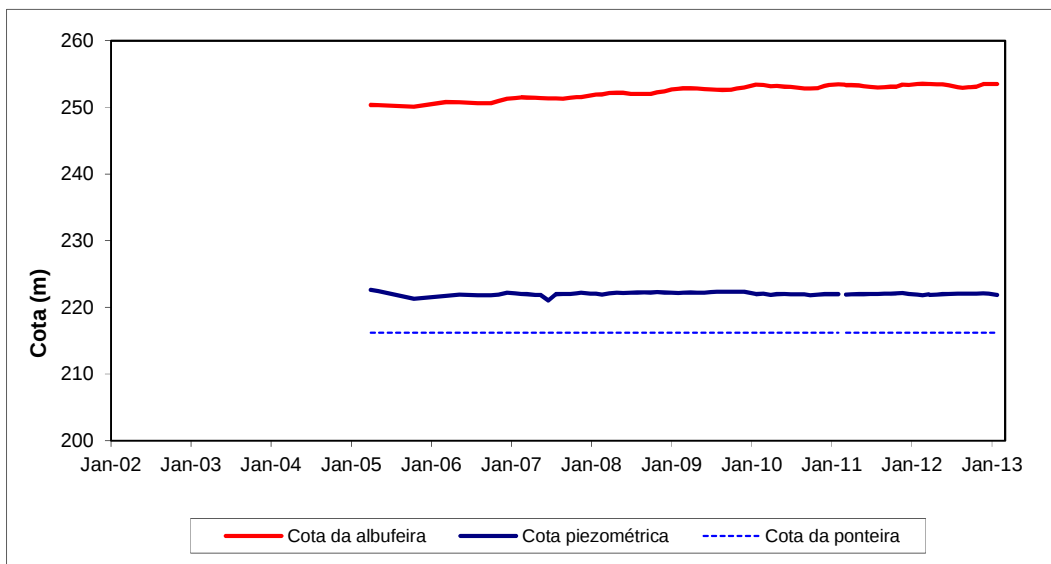


Figura 3.12 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph12

5 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO5 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

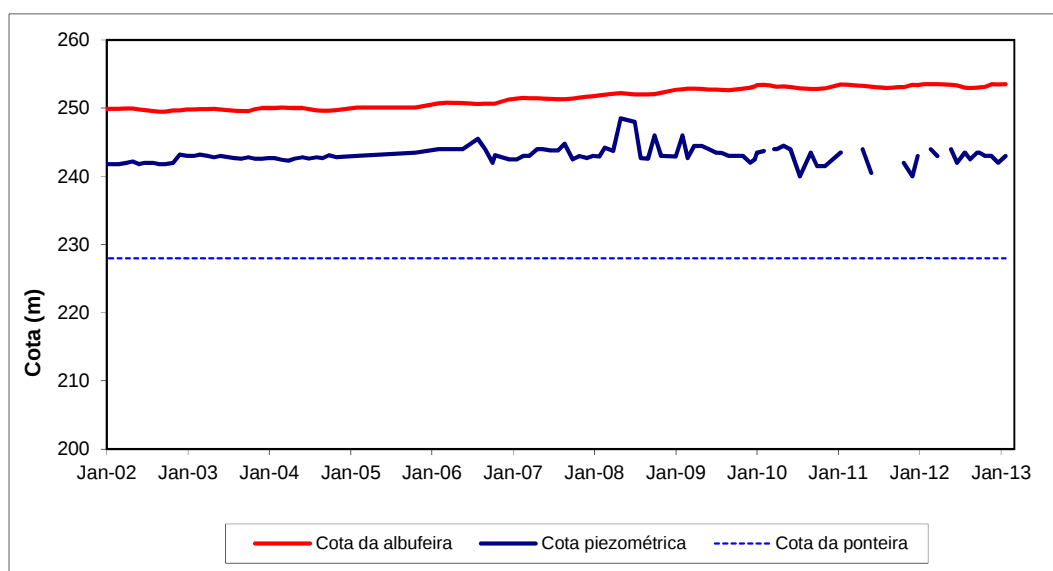


Figura 3.13 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp14

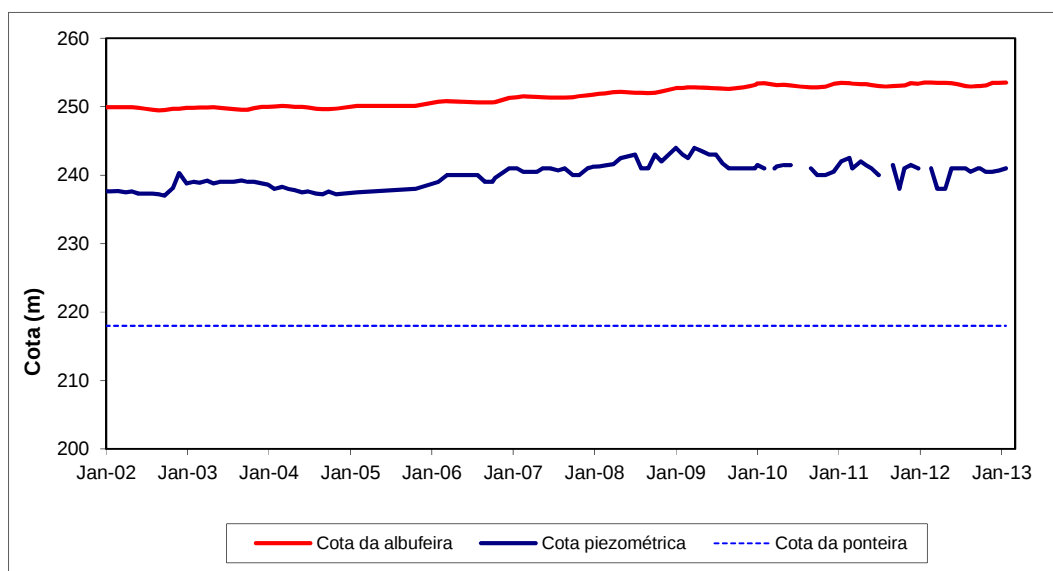


Figura 3.14 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp15

ANEXO 3 (10/54)

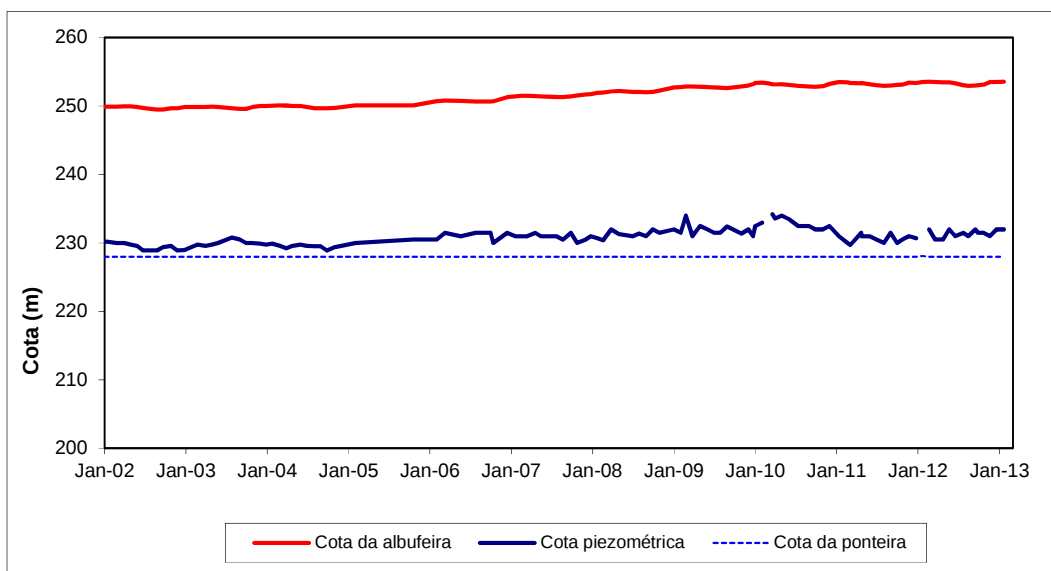


Figura 3.15 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp16

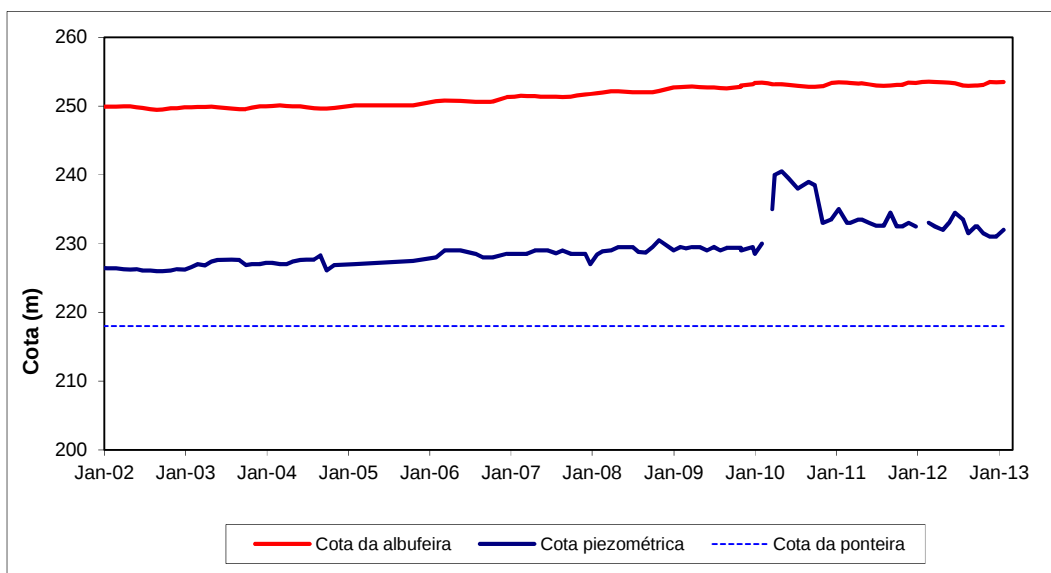


Figura 3.16 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp17

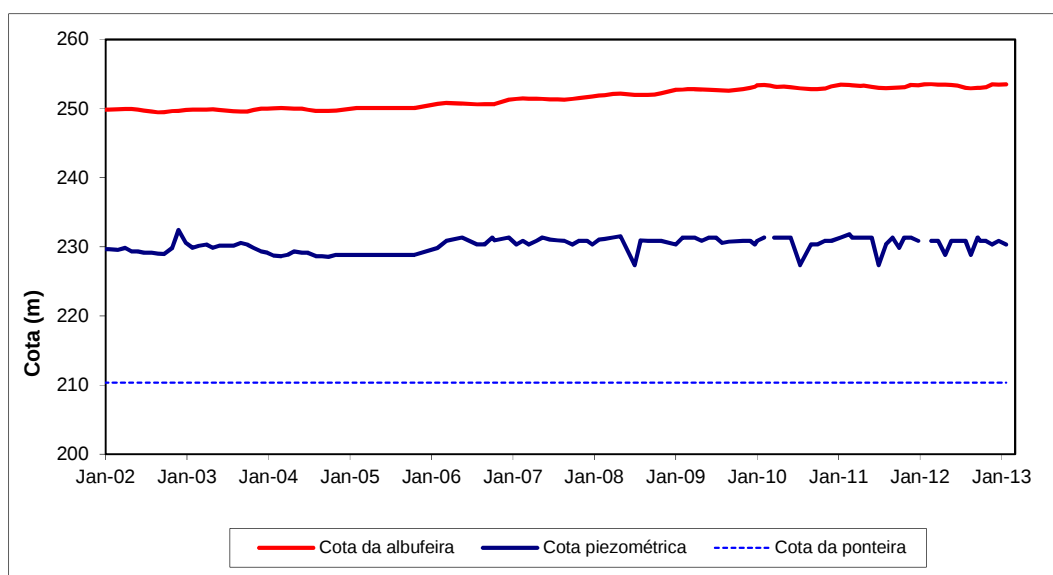


Figura 3.17 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp18

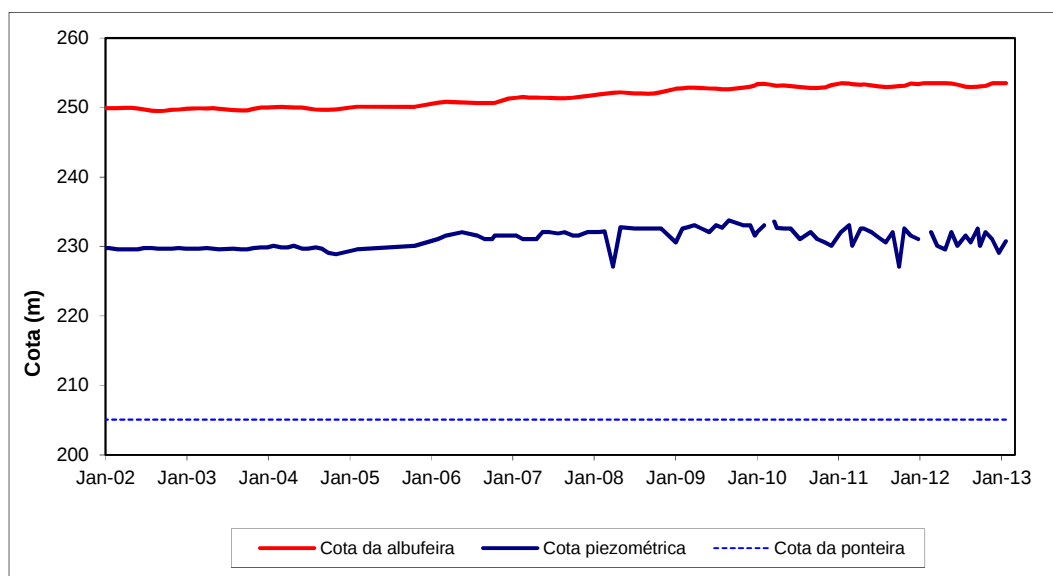


Figura 3.18 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp19

ANEXO 3 (12/54)

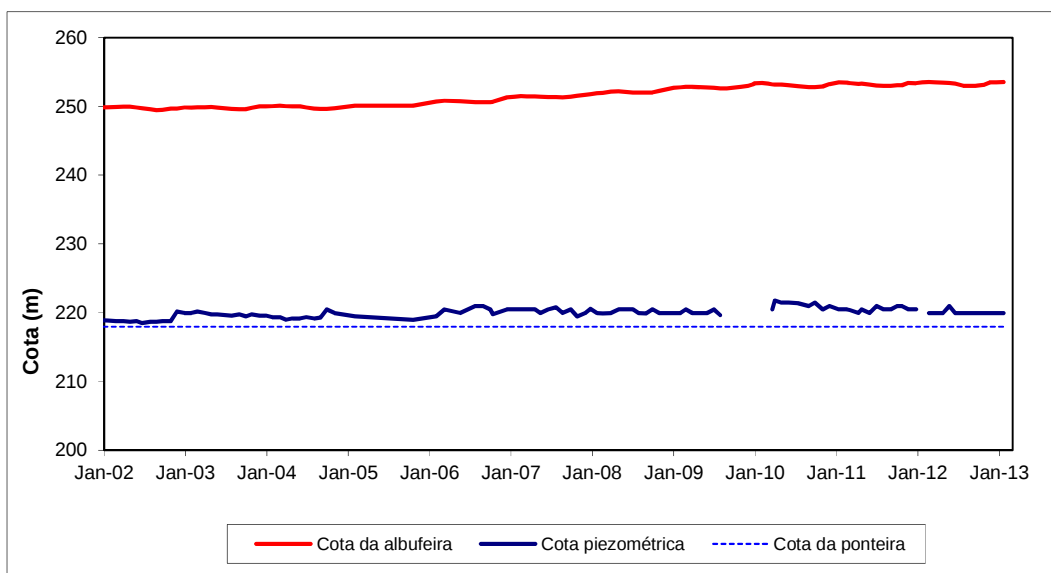


Figura 3.19 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp20

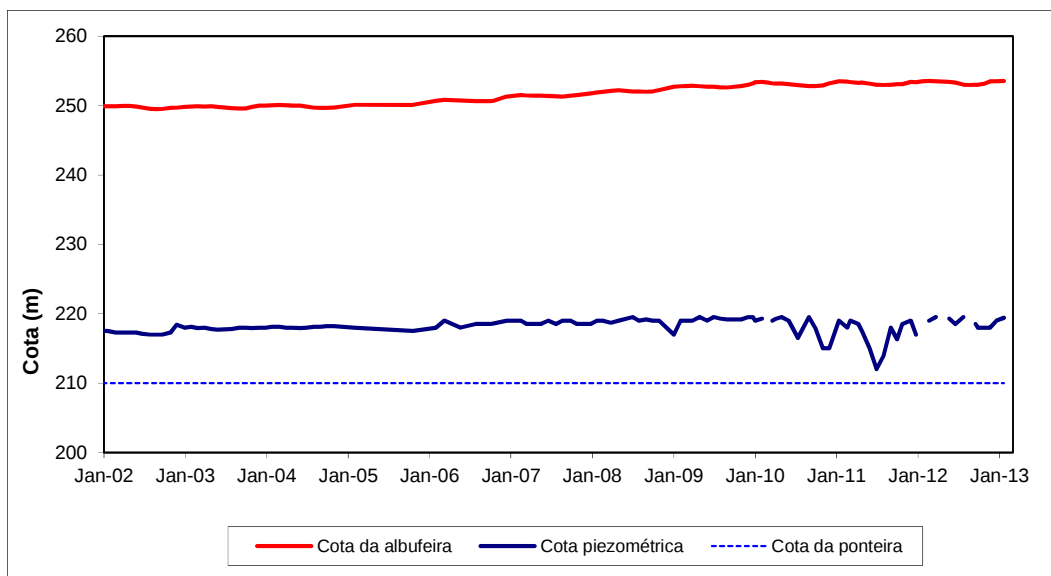


Figura 3.20 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp21

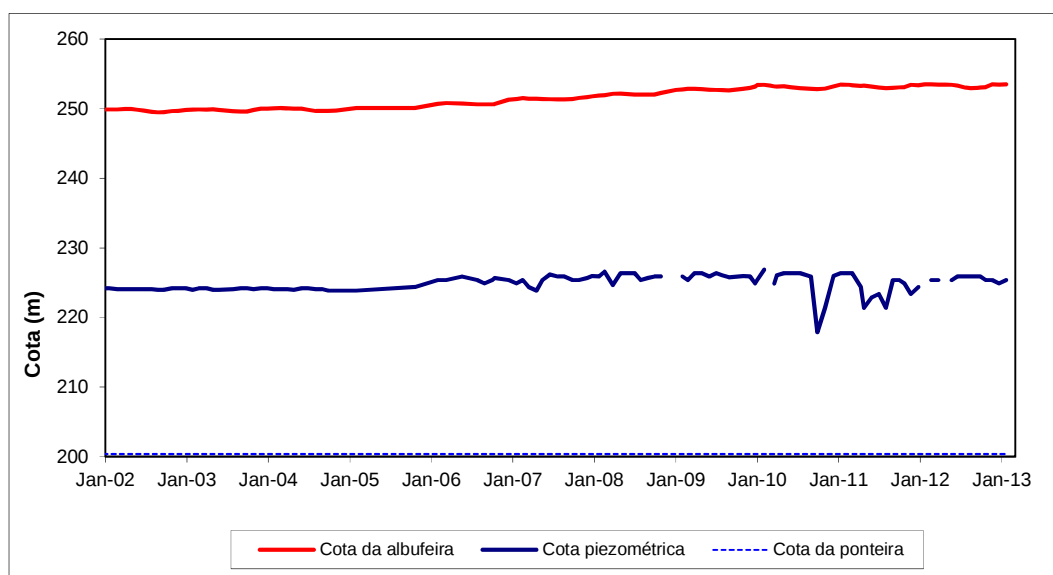


Figura 3.21 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp22

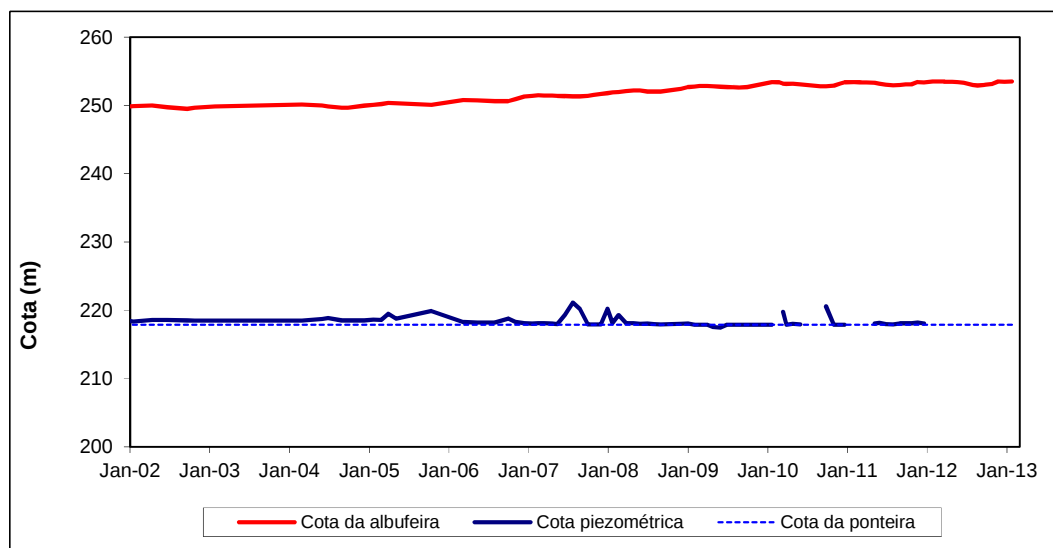


Figura 3.22 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph26

ANEXO 3 (14/54)

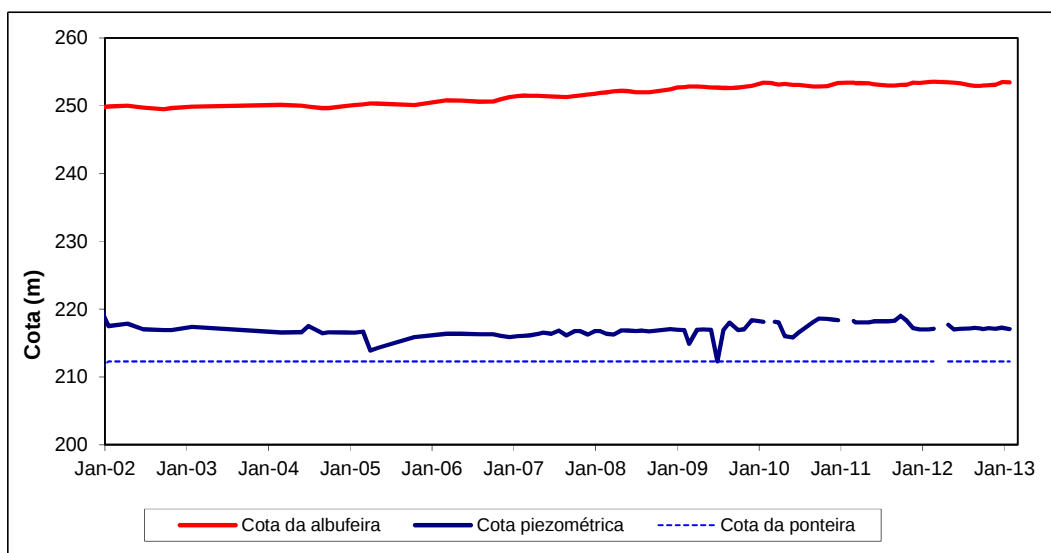


Figura 3.23 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph28

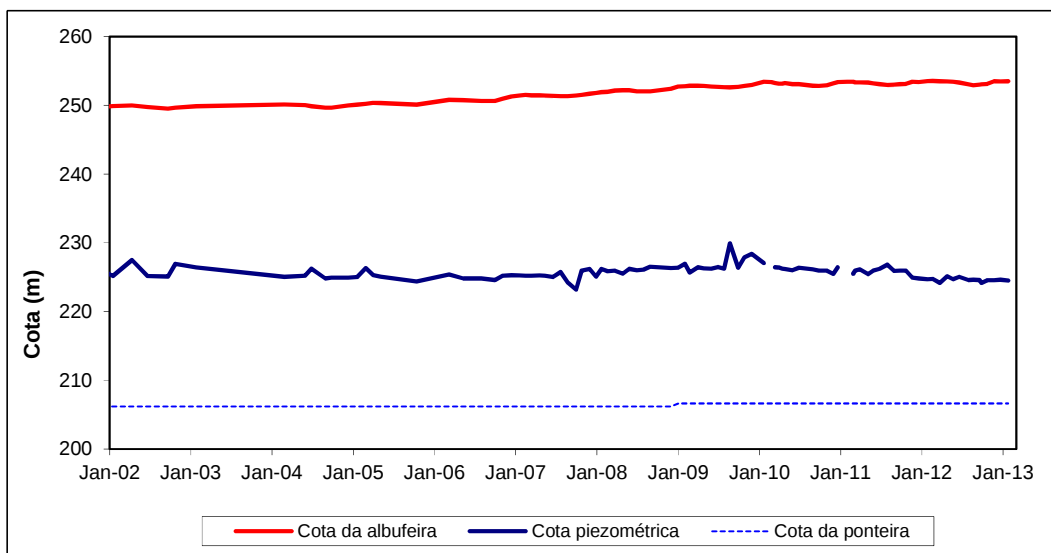


Figura 3.24 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph27

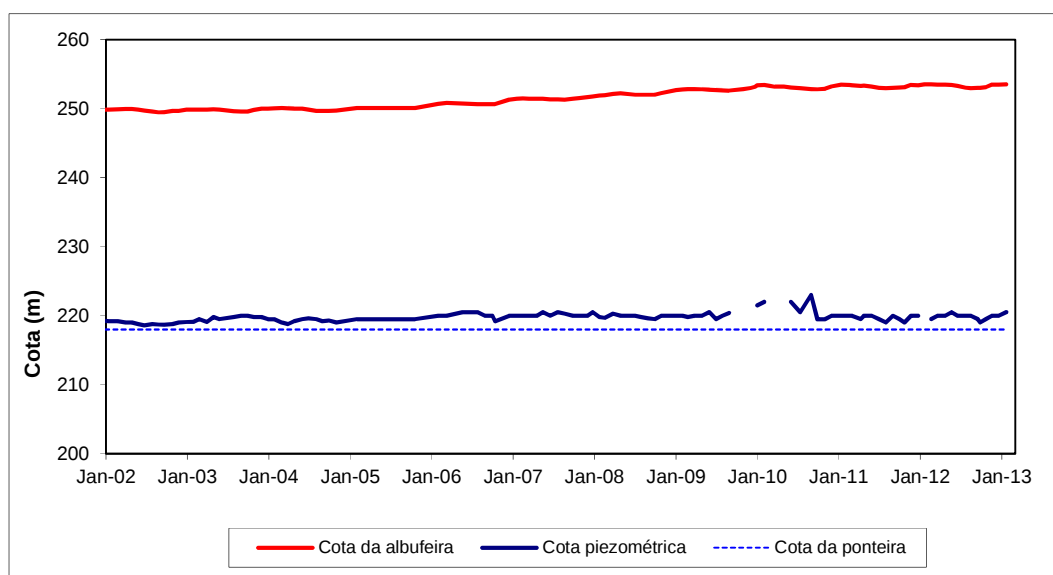


Figura 3.25 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp23

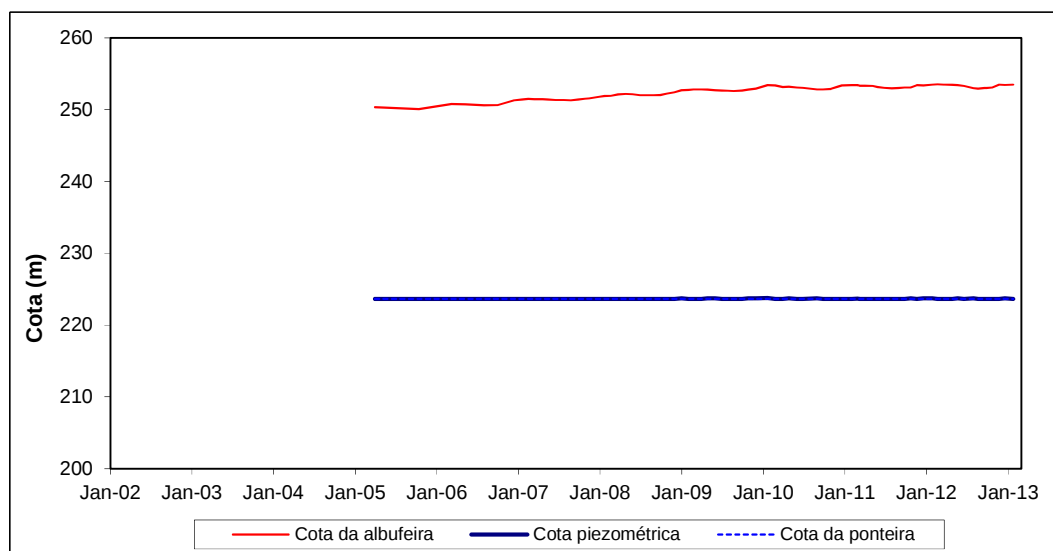


Figura 3.26 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph29

ANEXO 3 (16/54)

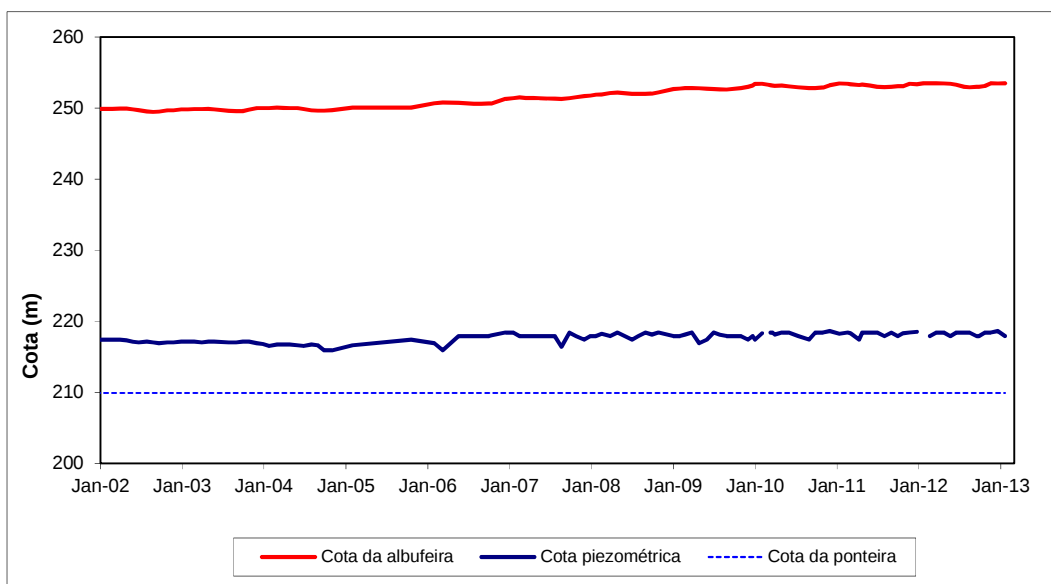


Figura 3.27 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp24

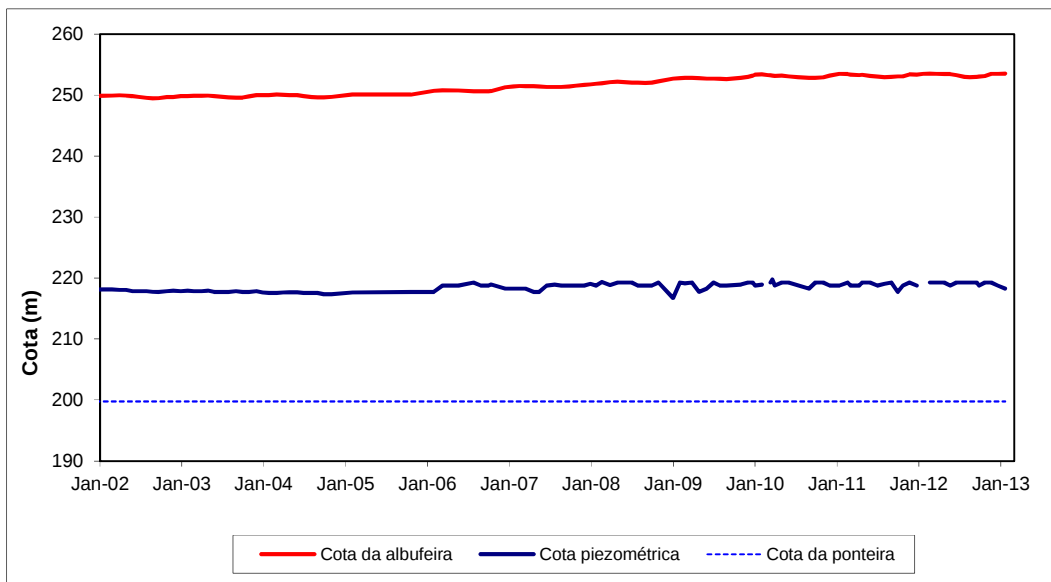


Figura 3.28 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp25

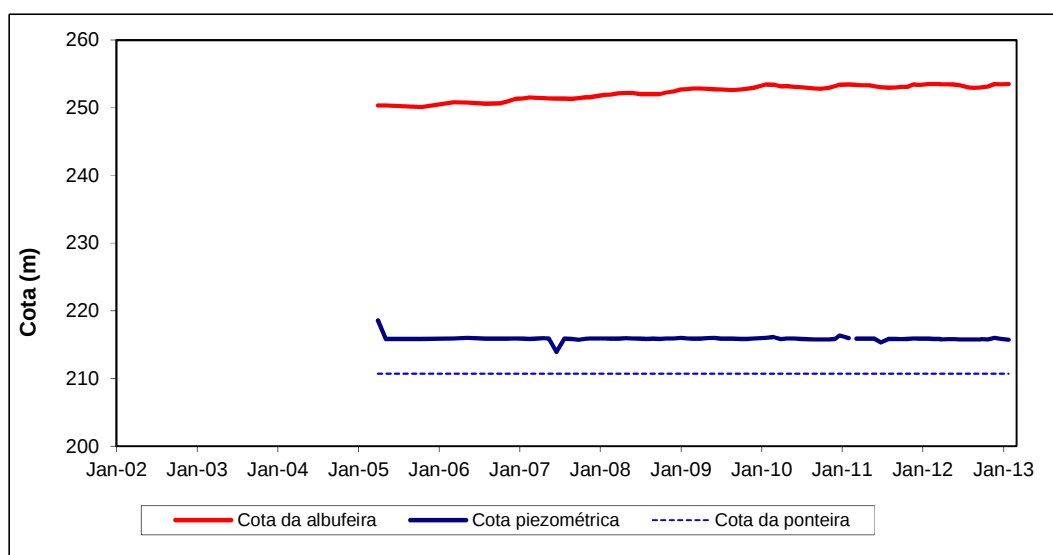


Figura 3.29 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph30

ANEXO 3 (18/54)

6 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO6 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

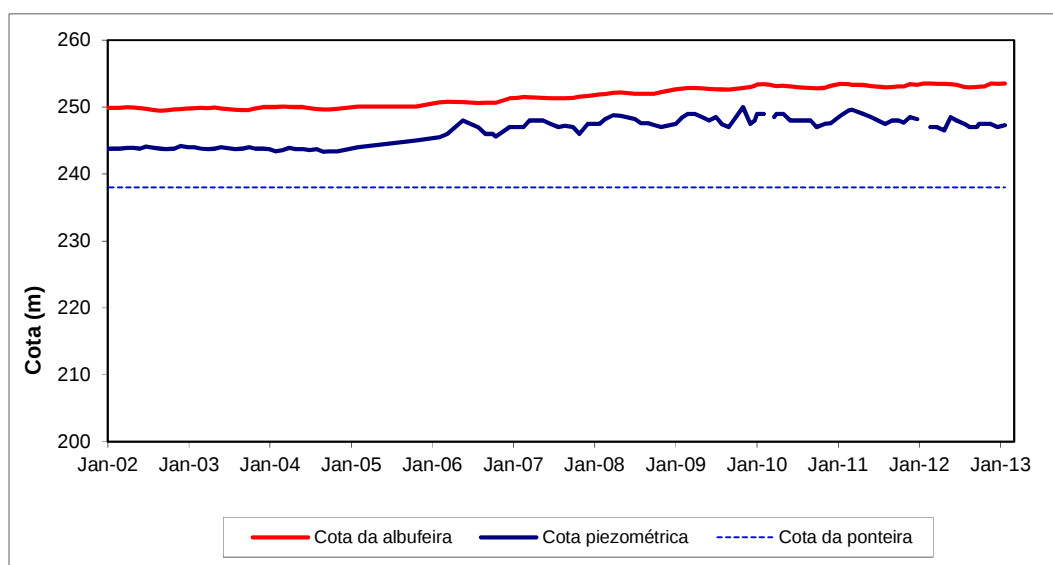


Figura 3.30 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp31

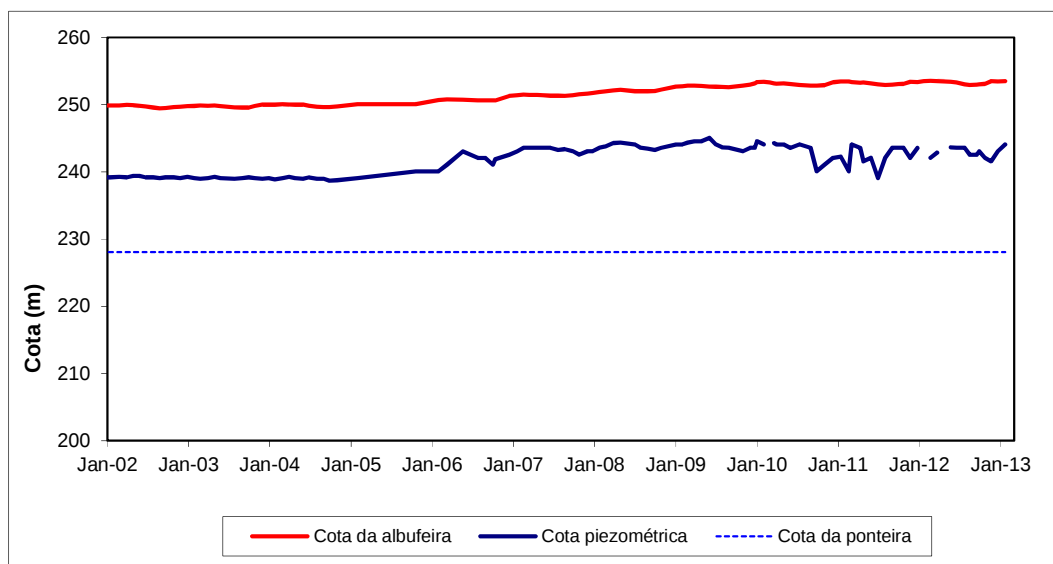


Figura 3.31 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp32

ANEXO 3 (20/54)

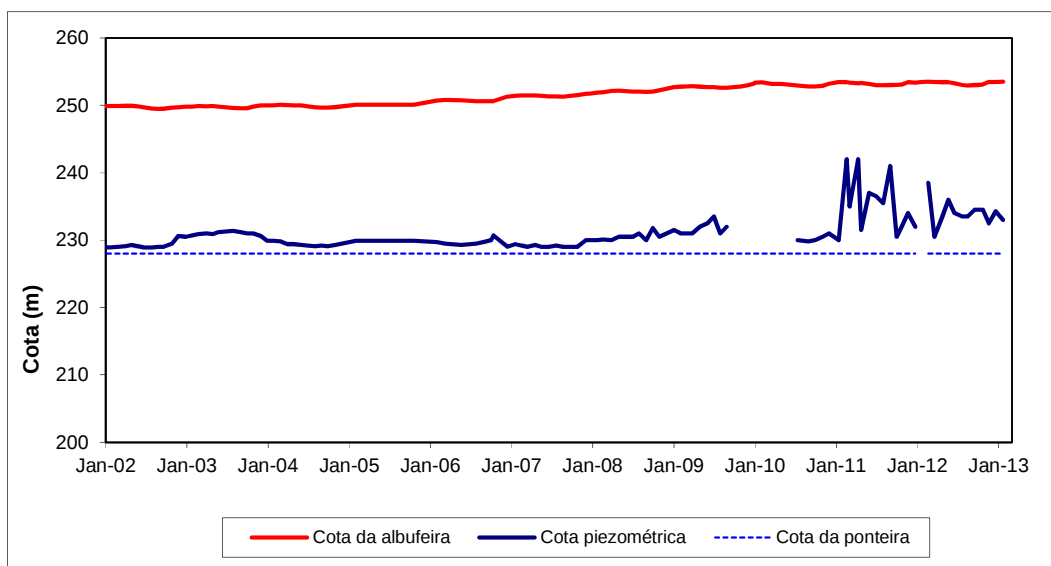


Figura 3.32 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp33

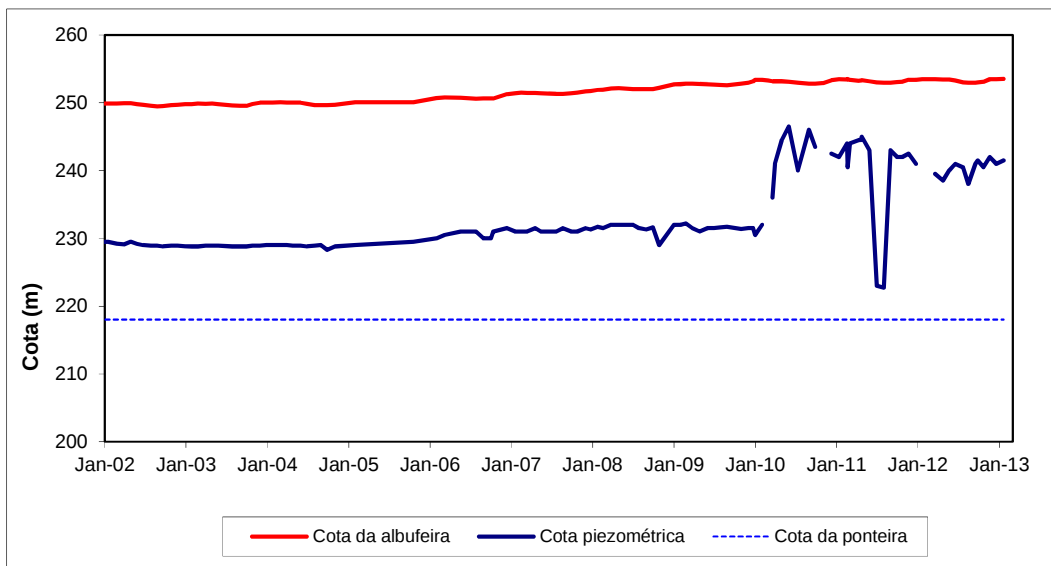


Figura 3.33 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp34

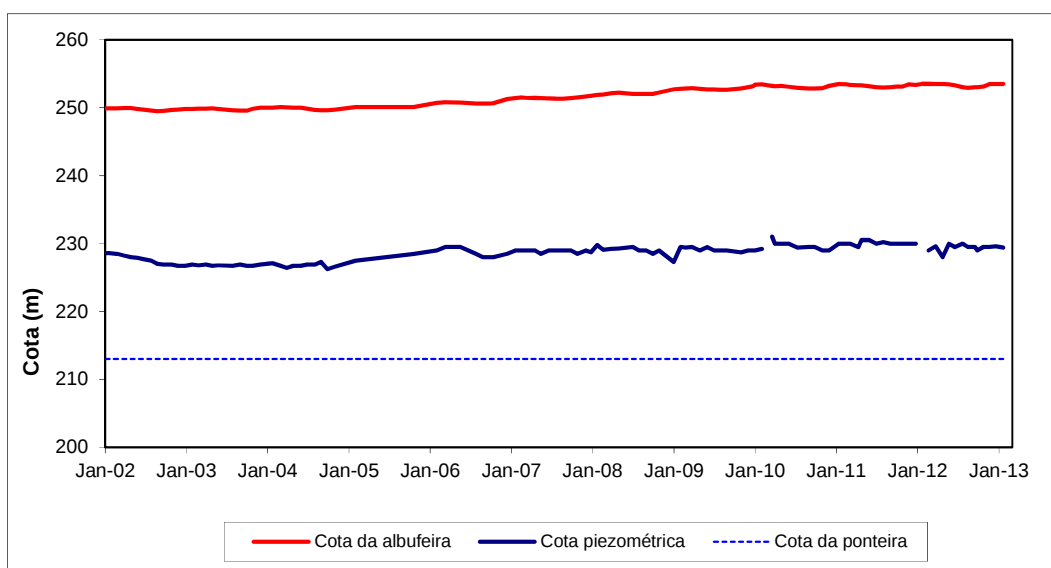


Figura 3.34 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp35

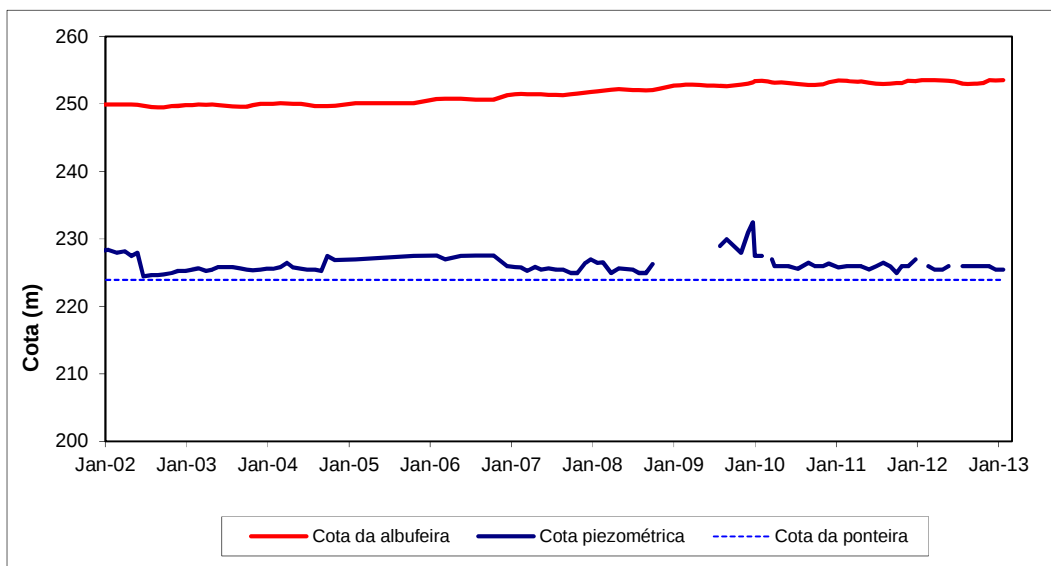


Figura 3.35 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp36

ANEXO 3 (22/54)

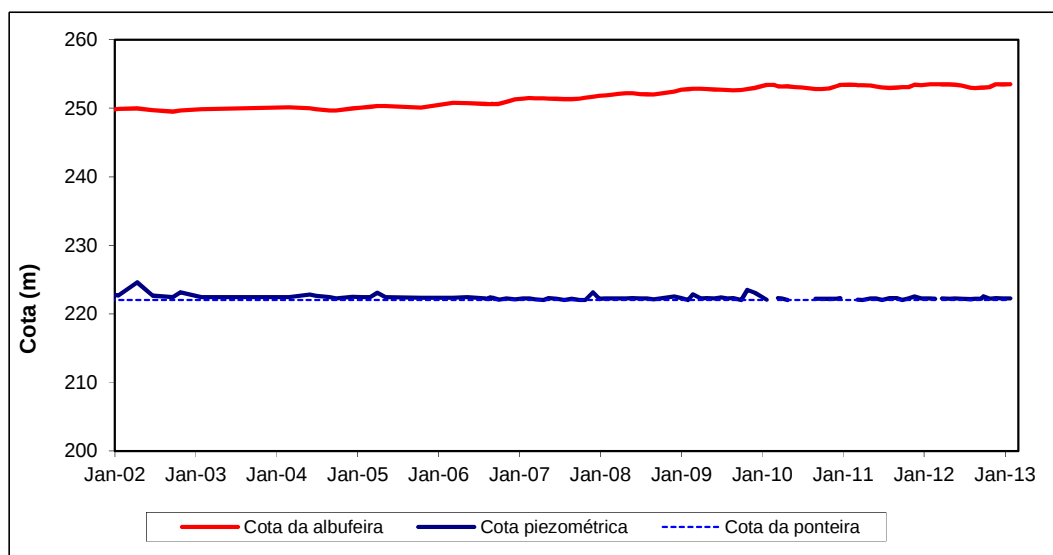


Figura 3.36 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph41

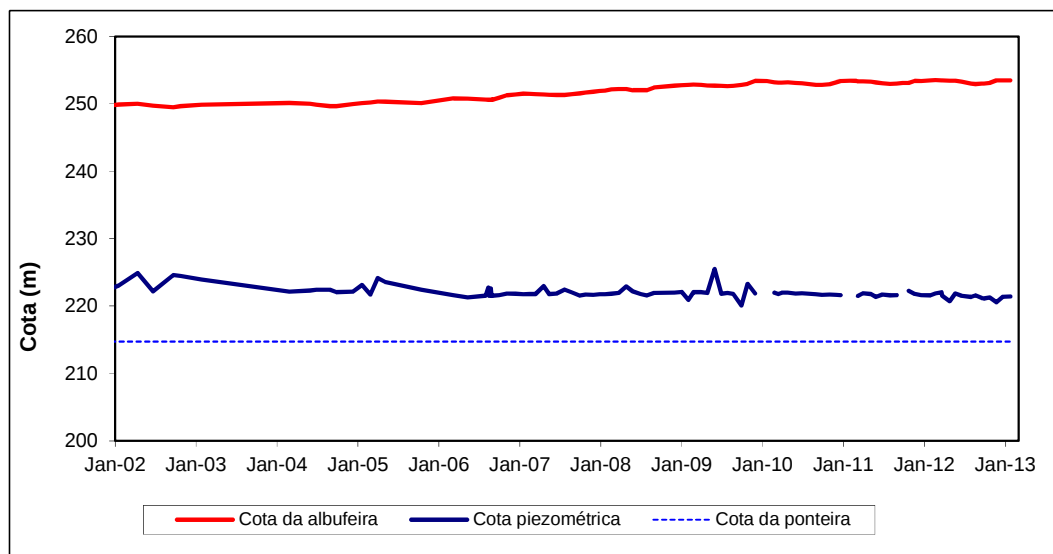


Figura 3.37 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph42

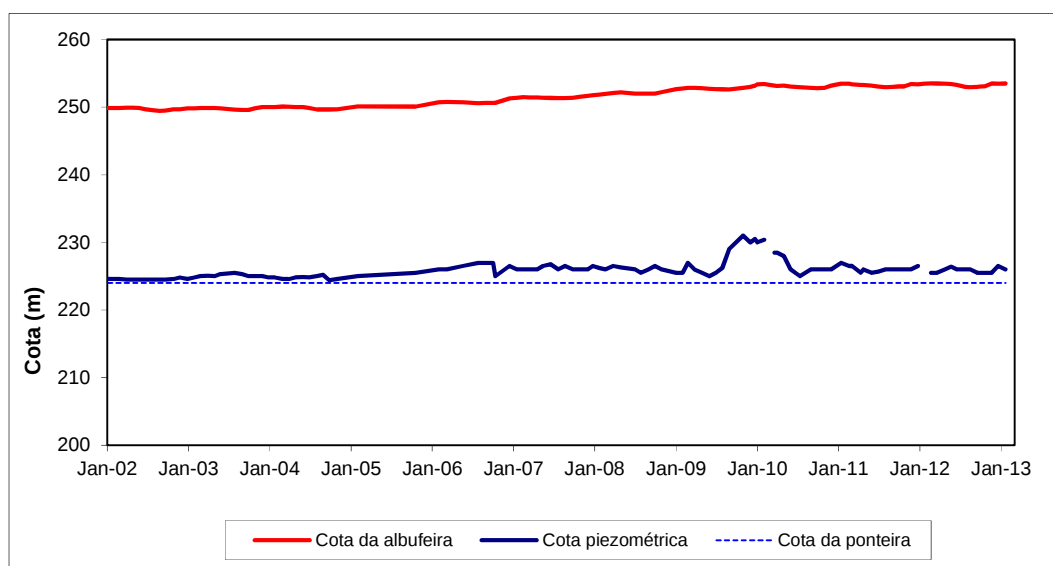


Figura 3.38 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp38

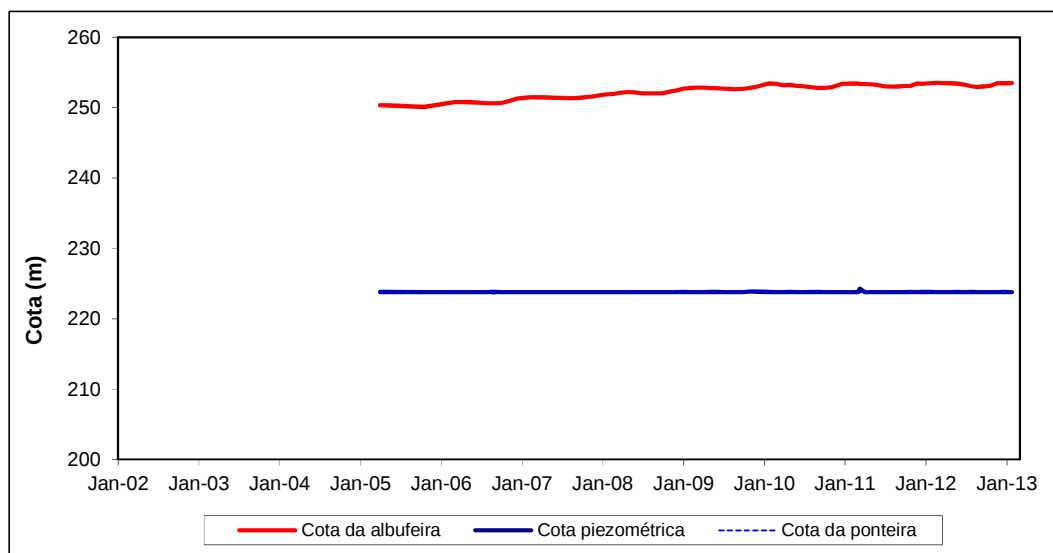


Figura 3.39 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph43

ANEXO 3 (24/54)

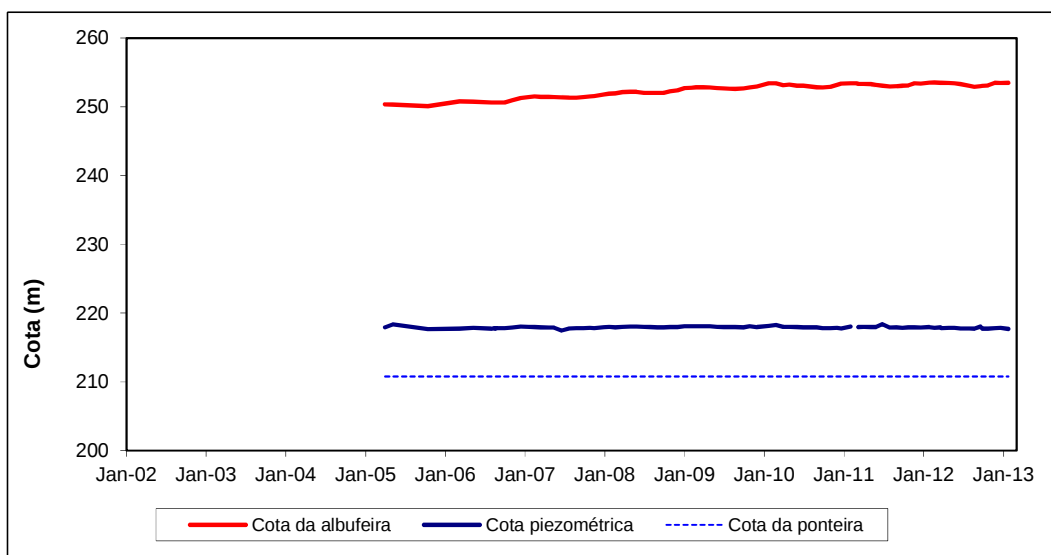


Figura 3.40 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph44

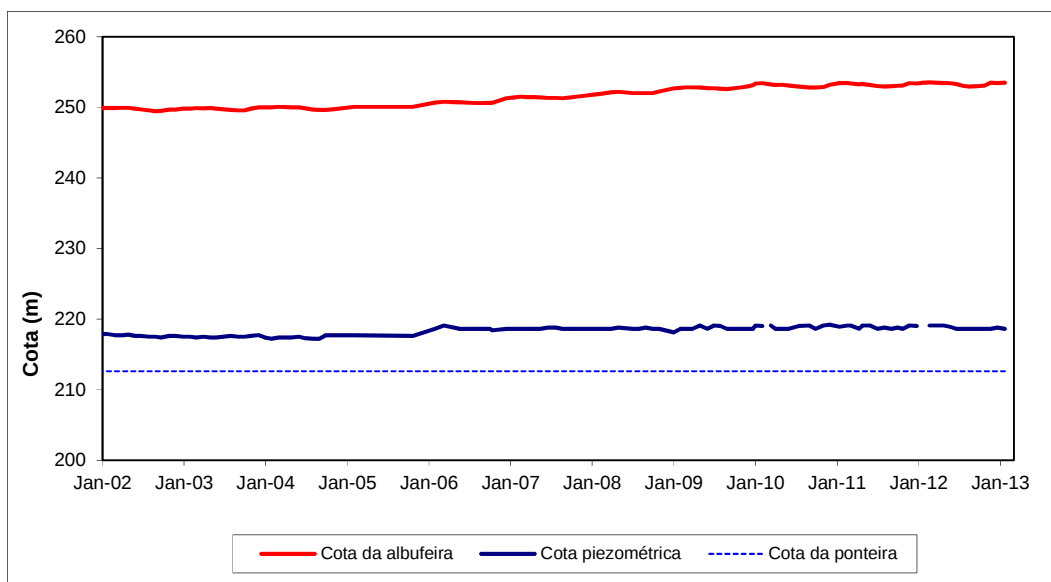


Figura 3.41 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp39

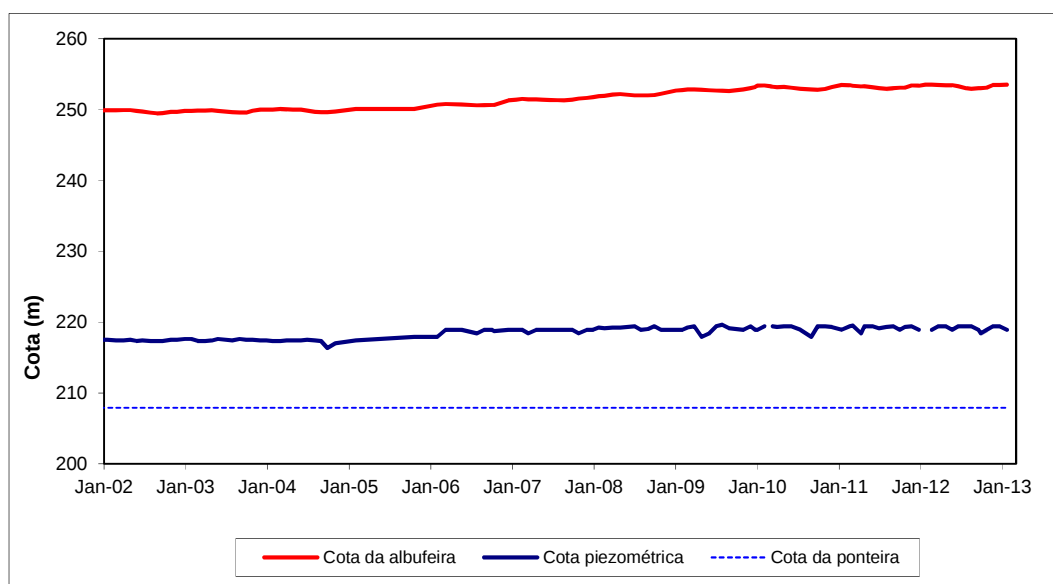


Figura 3.42 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp40

ANEXO 3 (26/54)

7 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO7 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

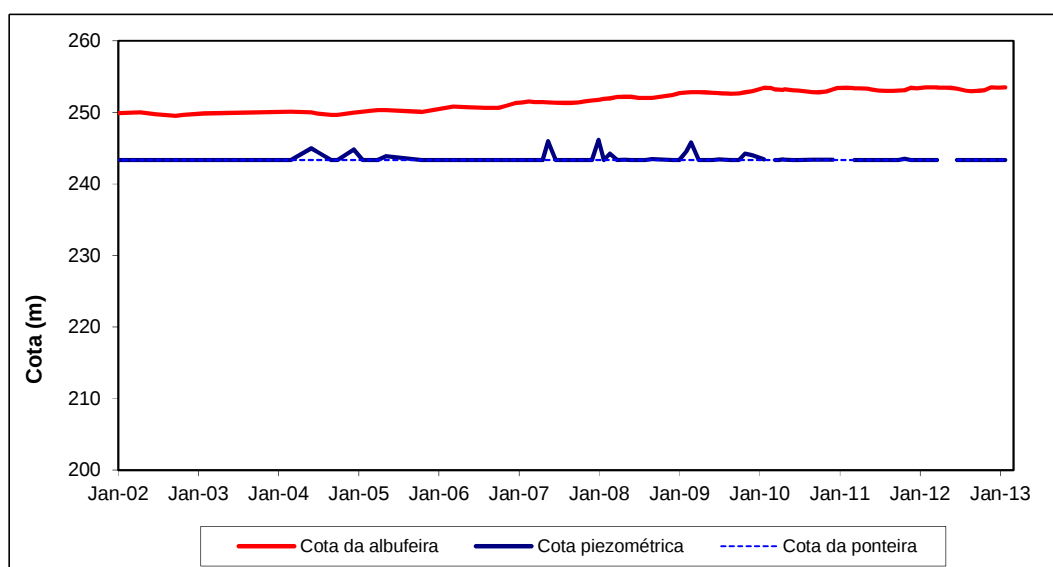


Figura 3.43 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph46

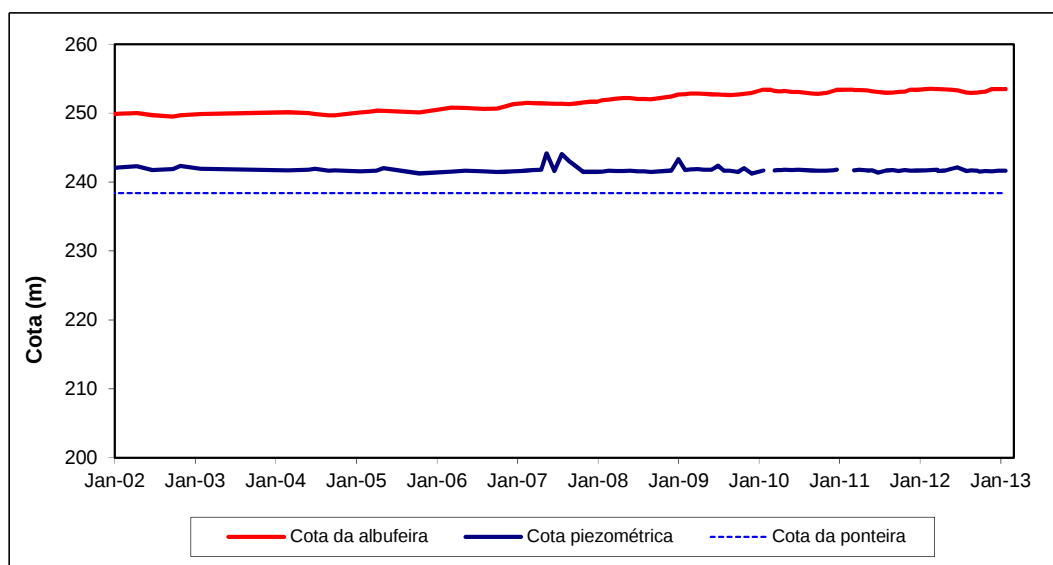


Figura 3.44 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph47

ANEXO 3 (28/54)

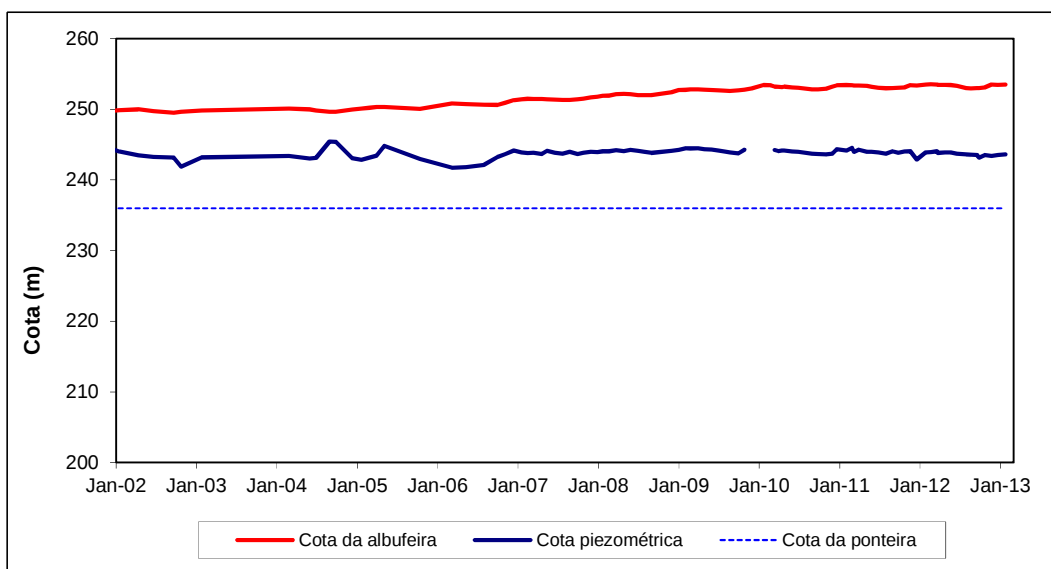


Figura 3.45 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph45

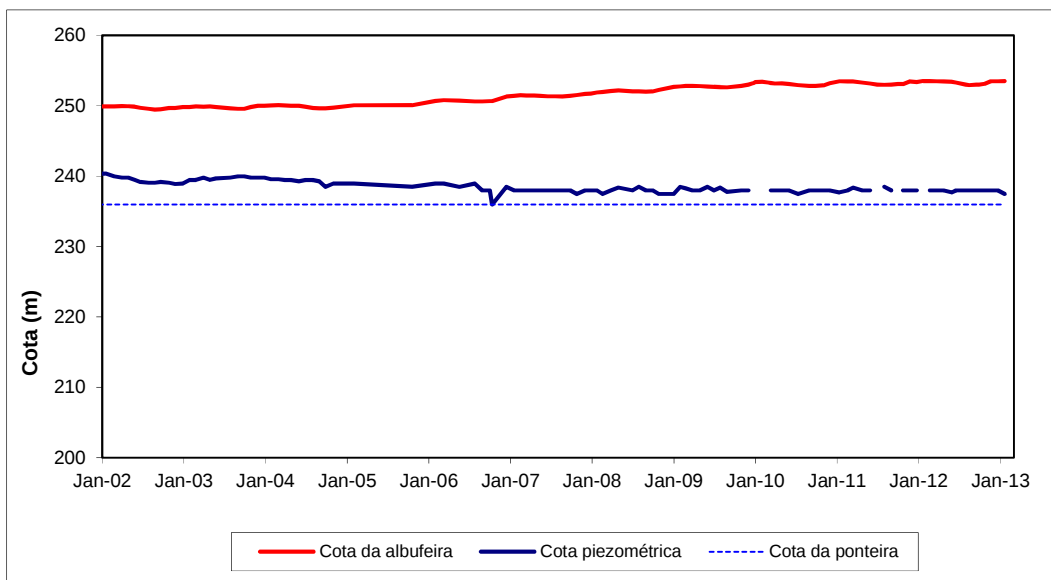


Figura 3.46 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp48

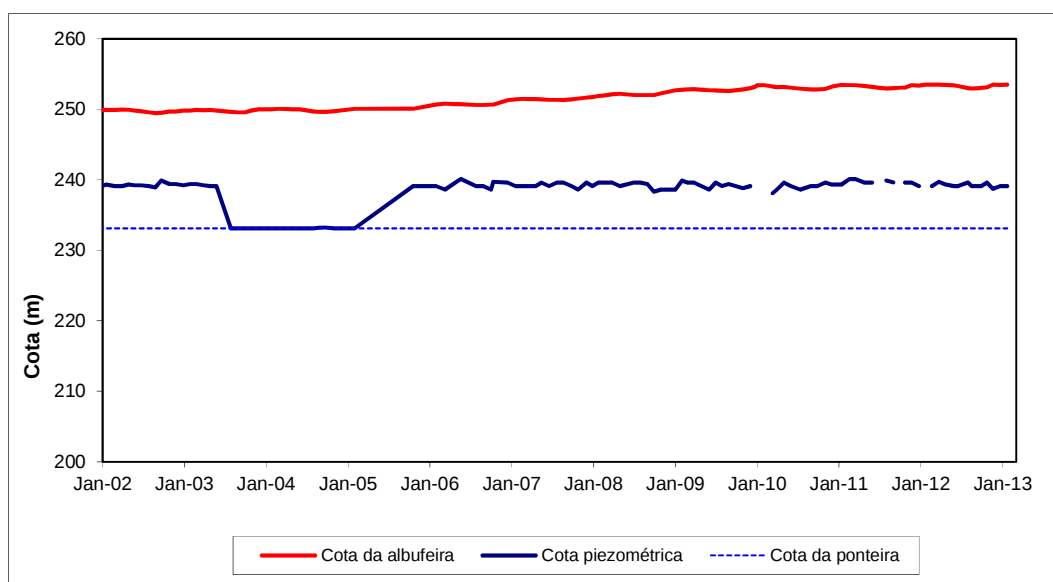


Figura 3.47 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp49

ANEXO 3 (30/54)

8 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO8 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

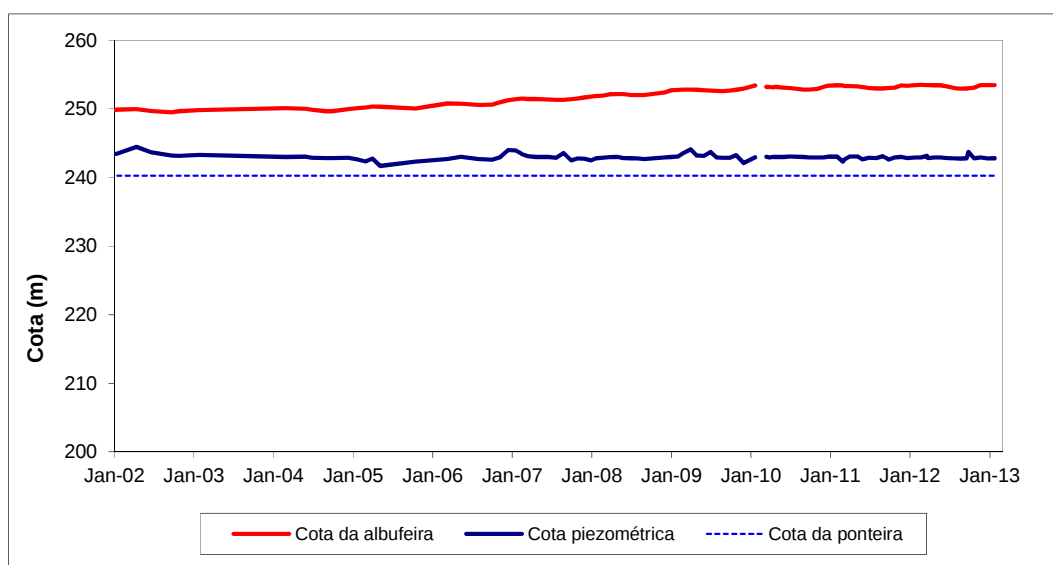


Figura 3.48 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph50

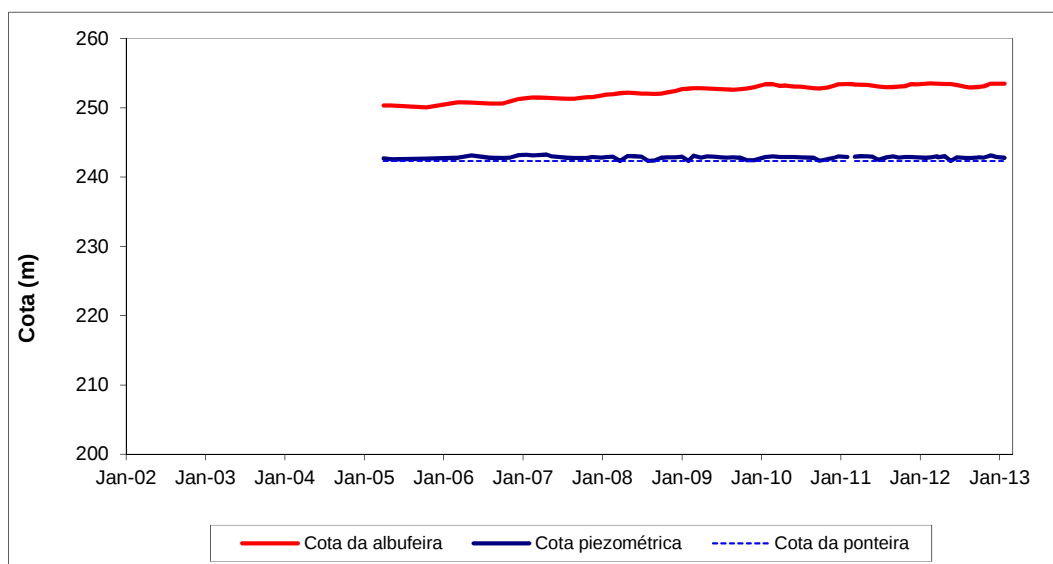


Figura 3.49 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph51

ANEXO 3 (32/54)

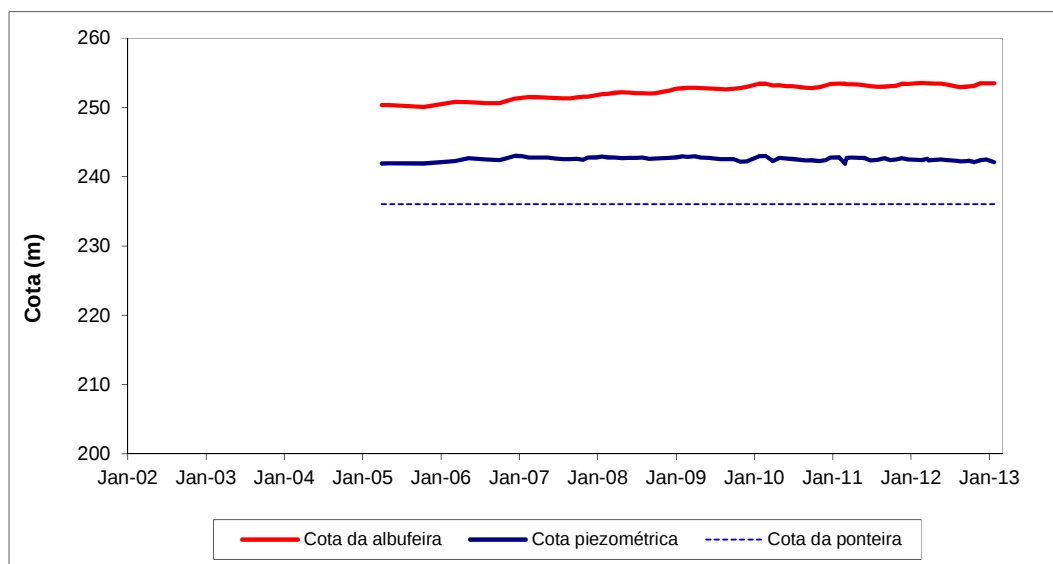


Figura 3.50 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph52

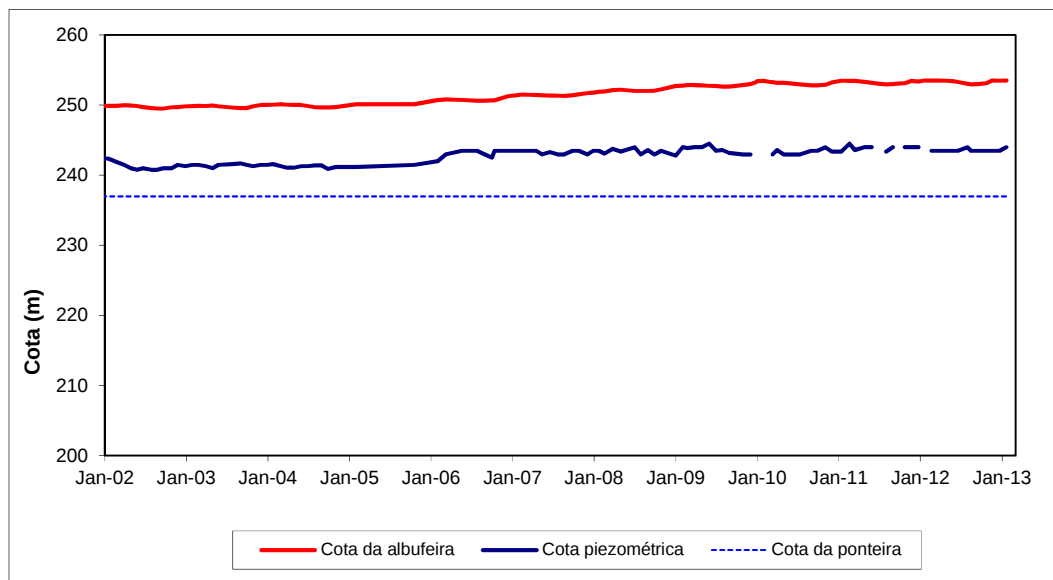


Figura 3.51 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp53

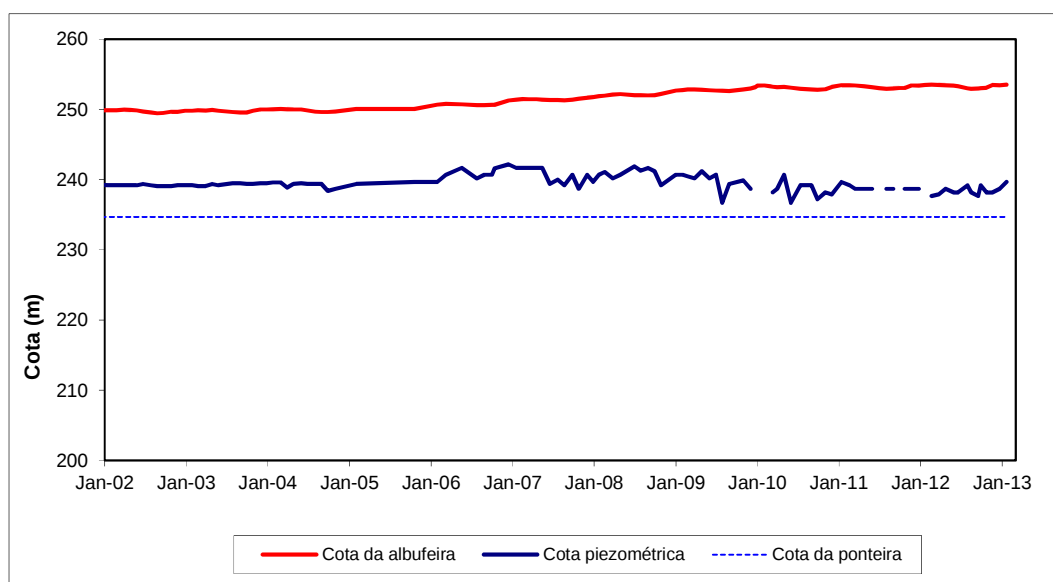


Figura 3.52 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp54

ANEXO 3 (34/54)

9 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO9 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

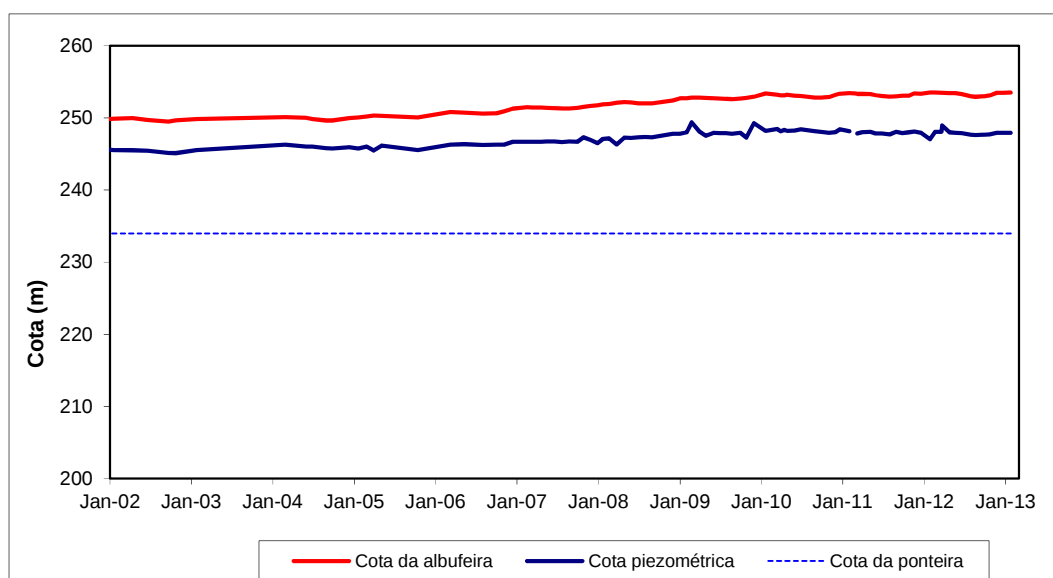


Figura 3.53 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph55

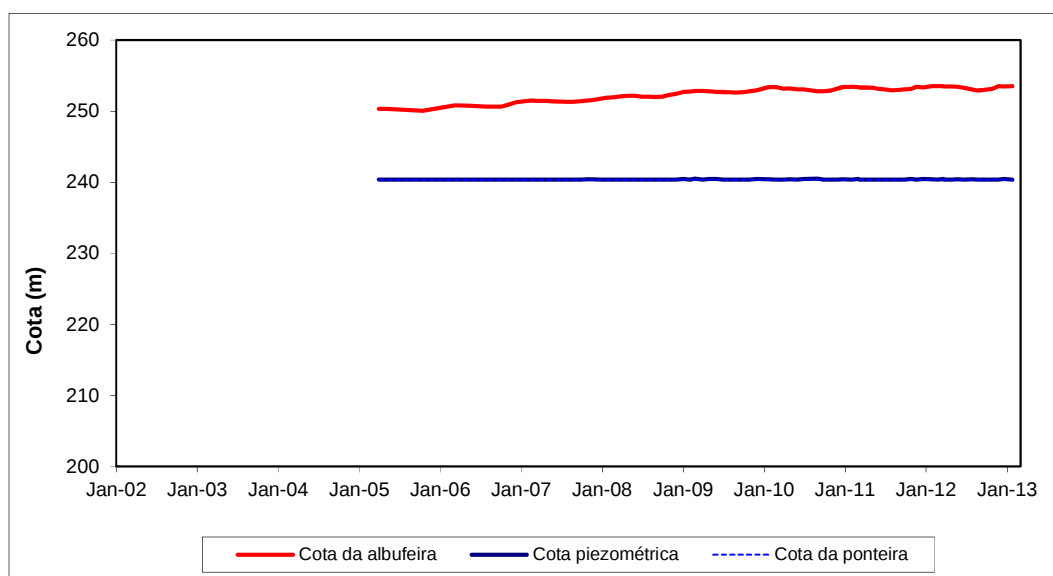


Figura 3.54 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph56

ANEXO 3 (36/54)

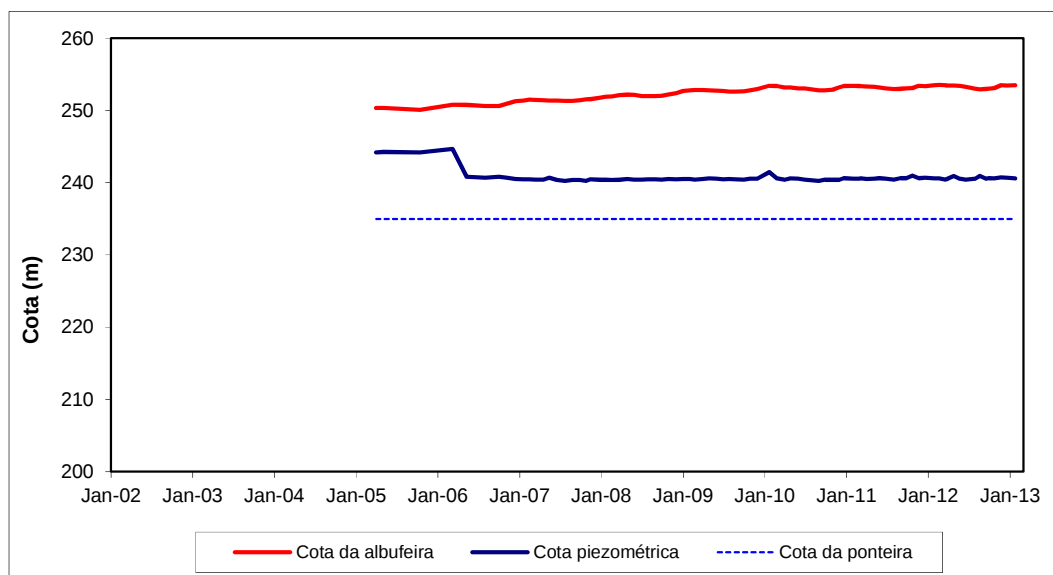


Figura 3.55 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph57

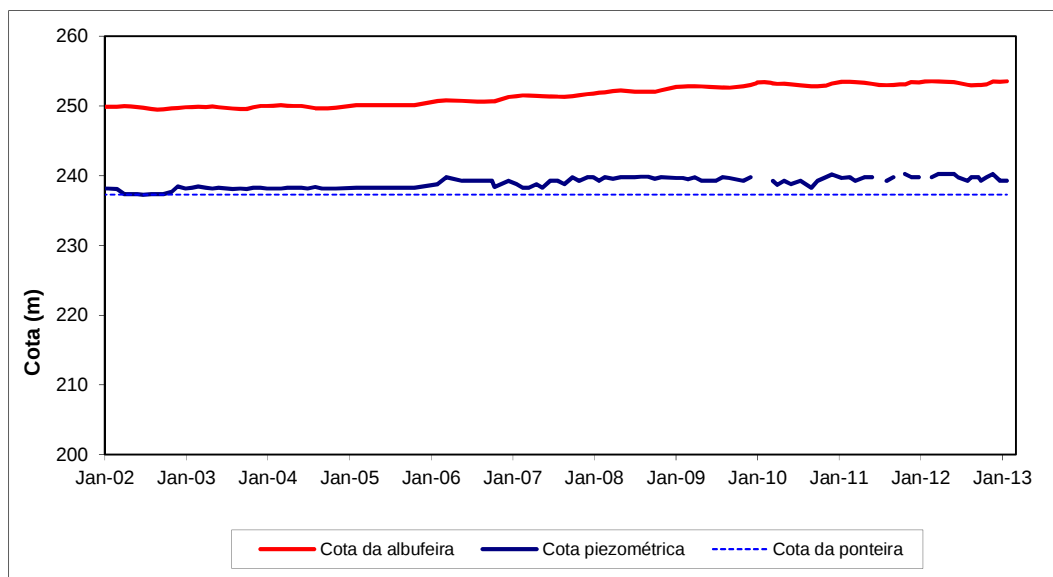


Figura 3.56 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp58

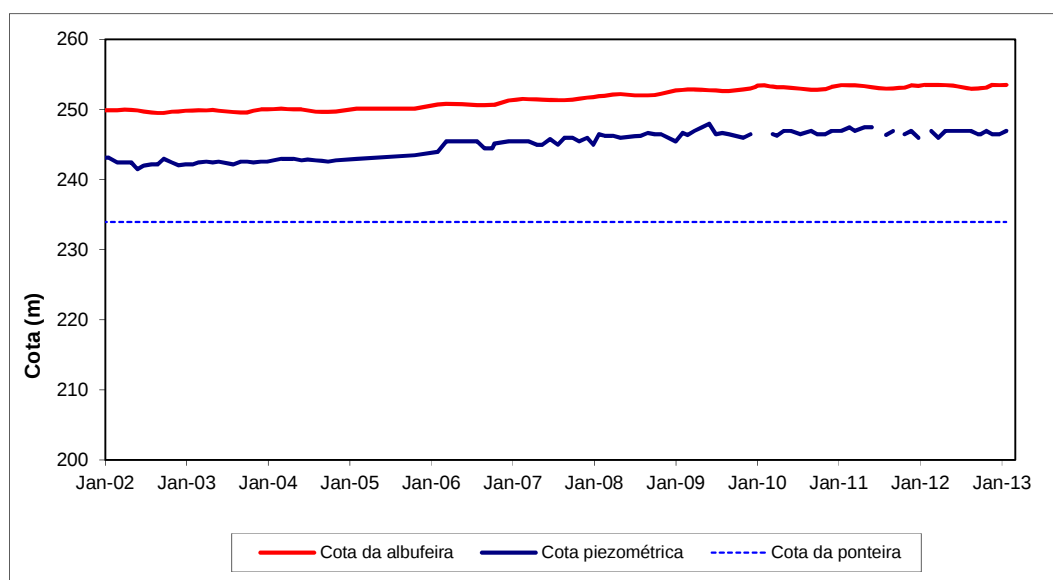


Figura 3.57 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp59

ANEXO 3 (38/54)

10 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO10 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

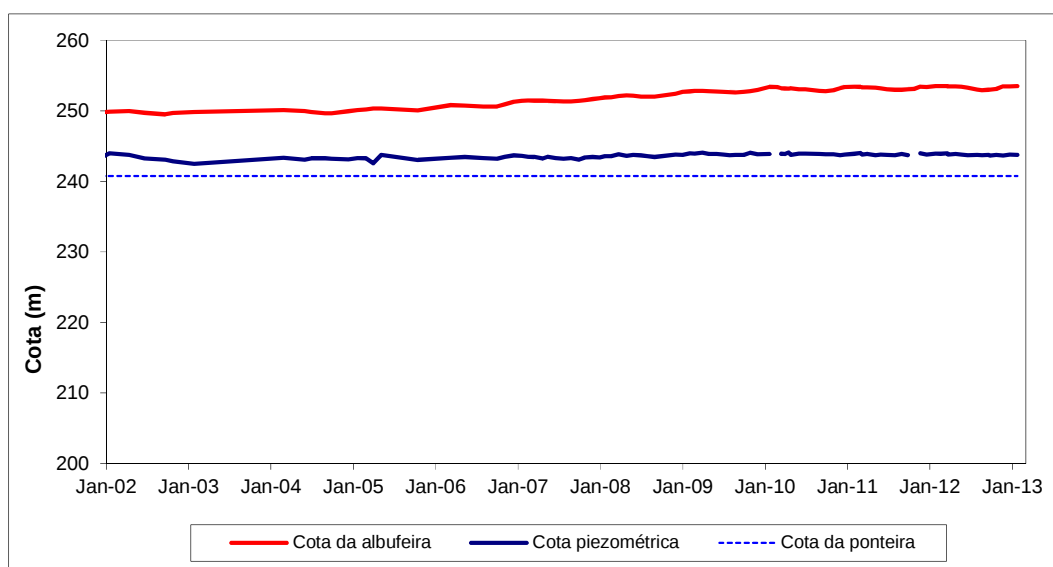


Figura 3.58 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Ph60

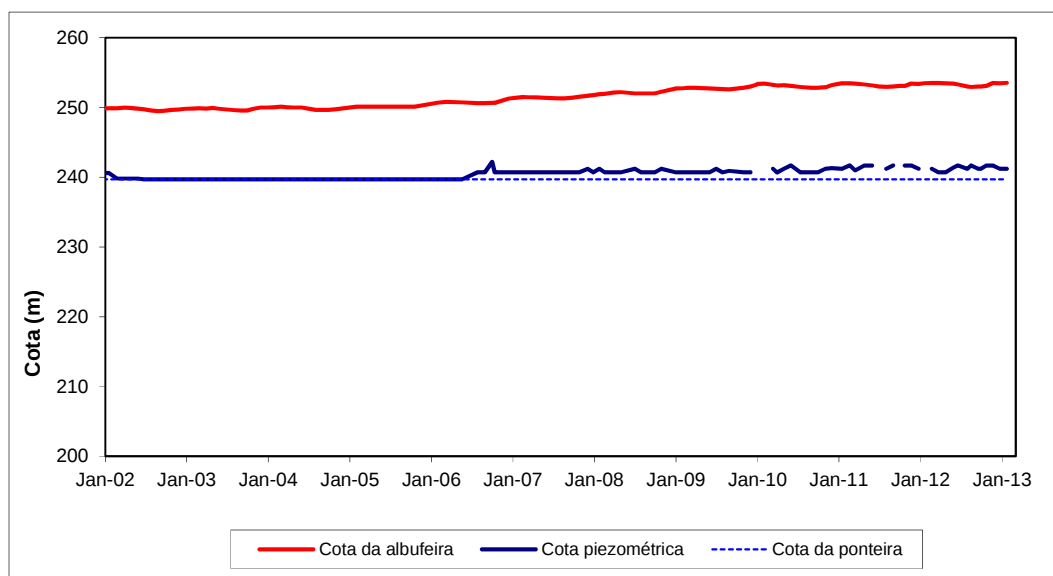


Figura 3.59 – Variação da cota piezométrica no piezômetro Pp61

ANEXO 3 (40/54)

11 - PIEZÓMETROS DE CONTROLO AMBIENTAL (PCL)

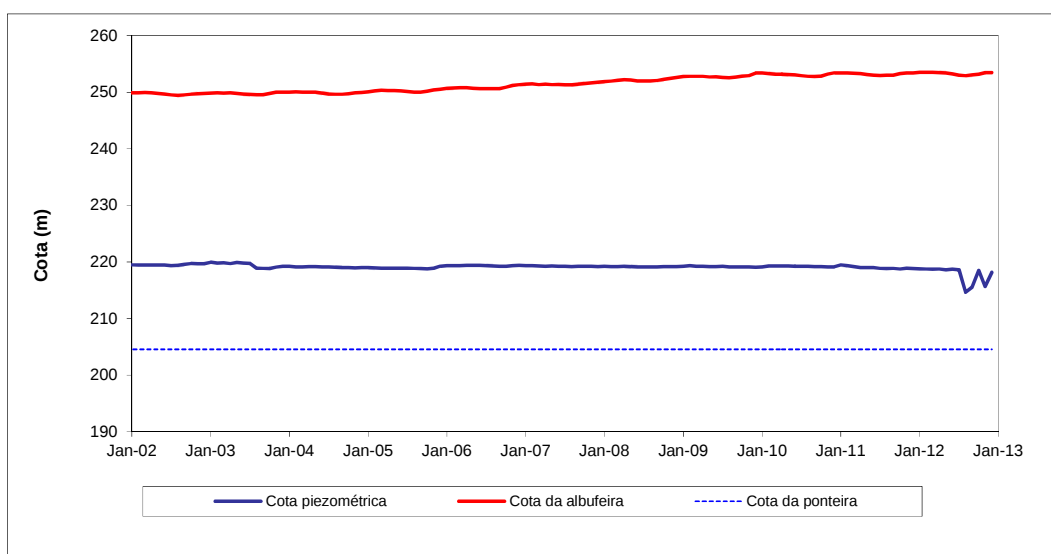


Figura 3.60 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL1 (corpo principal)

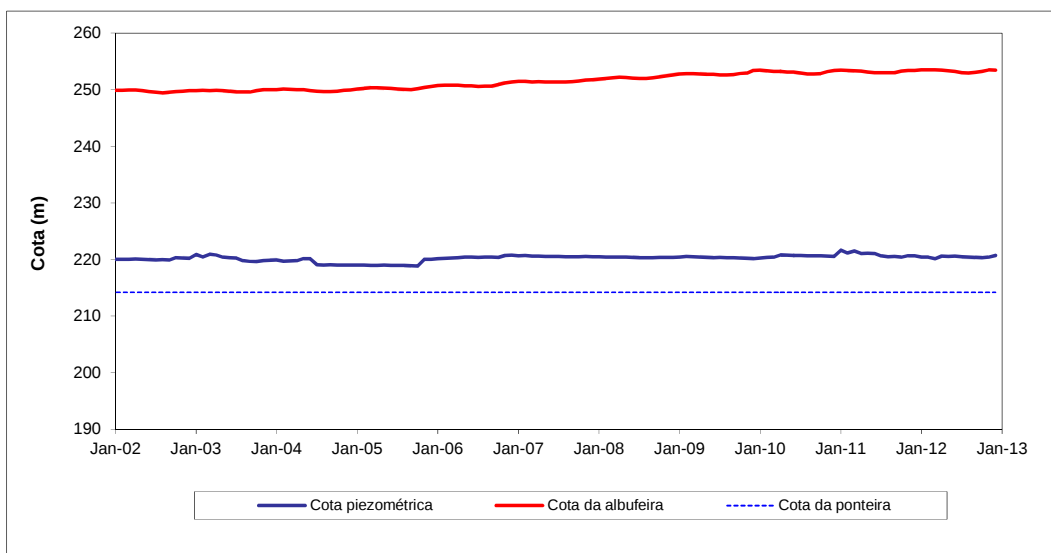


Figura 3.61 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL2 (corpo principal)

ANEXO 3 (42/54)

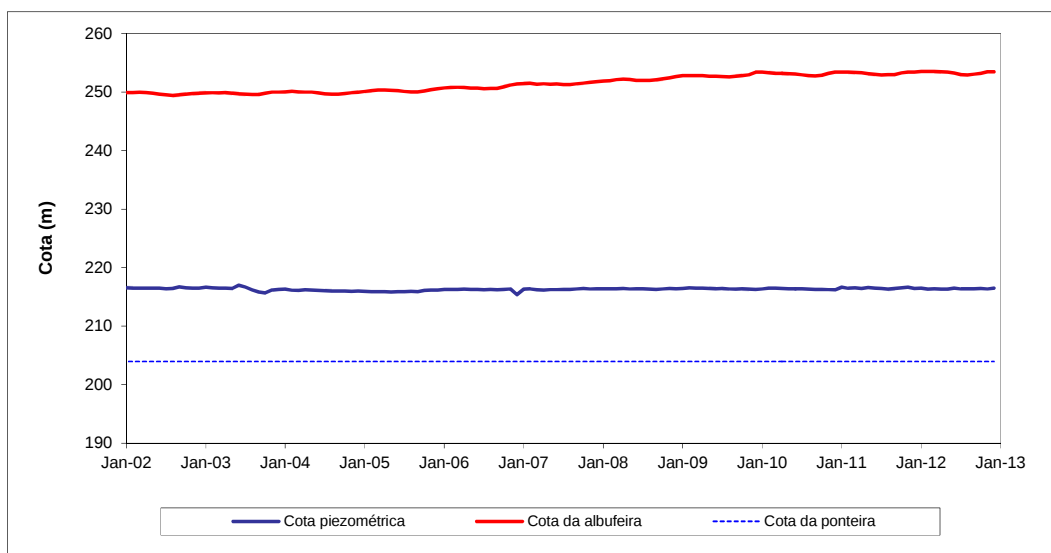


Figura 3.62 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL3 (corpo principal)

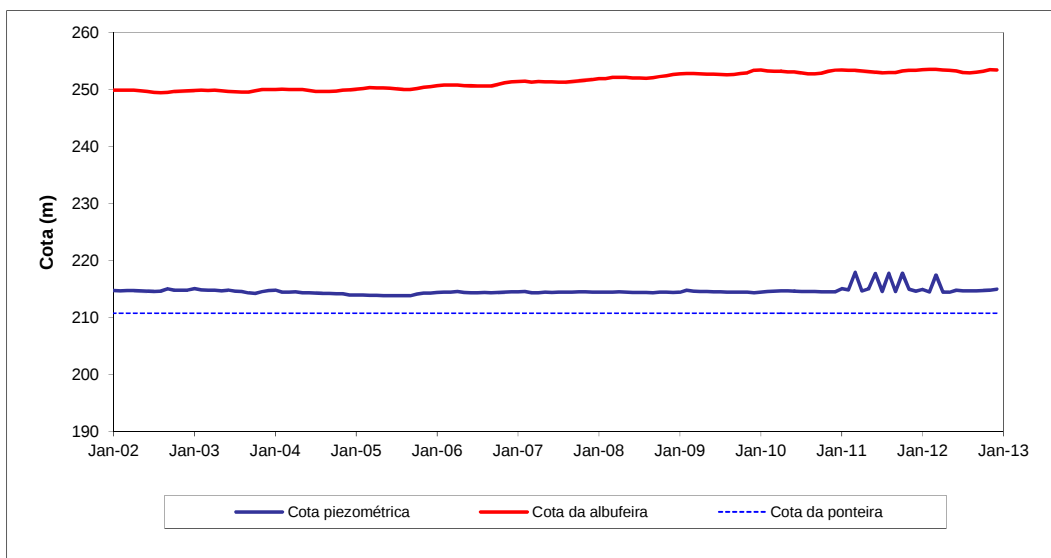


Figura 3.63 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL4 (corpo principal)

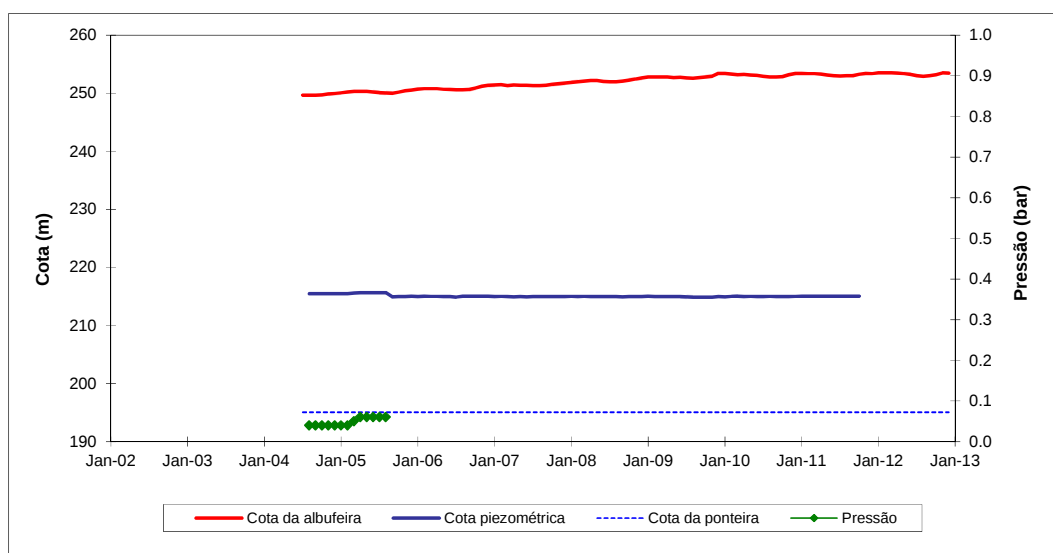


Figura 3.64 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL5 (corpo principal)

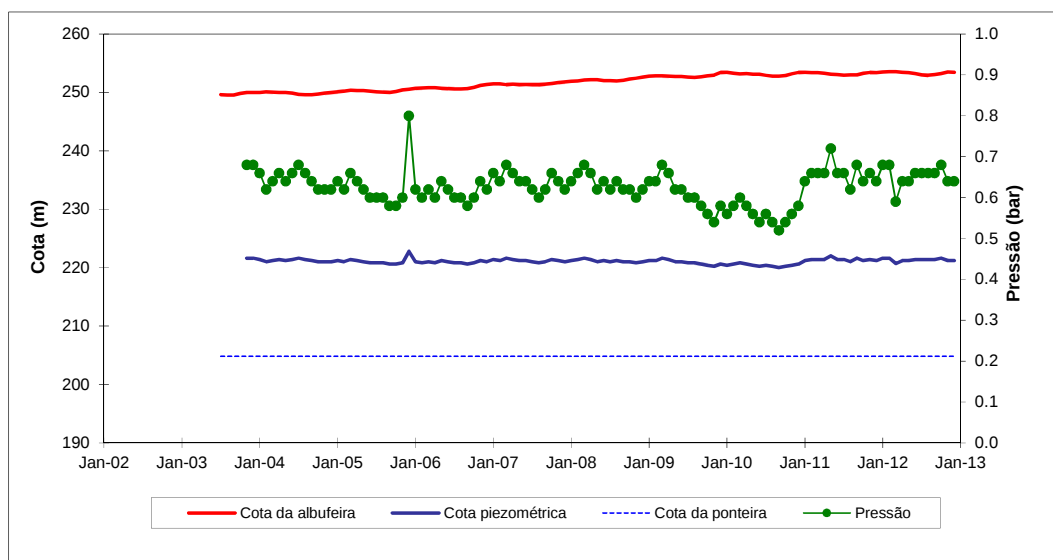


Figura 3.65 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL6 (corpo principal)

NOTA: A partir de Outubro de 2011 não foi possível medir a pressão da água no piezômetro PCL5, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça do piezômetro.

ANEXO 3 (44/54)

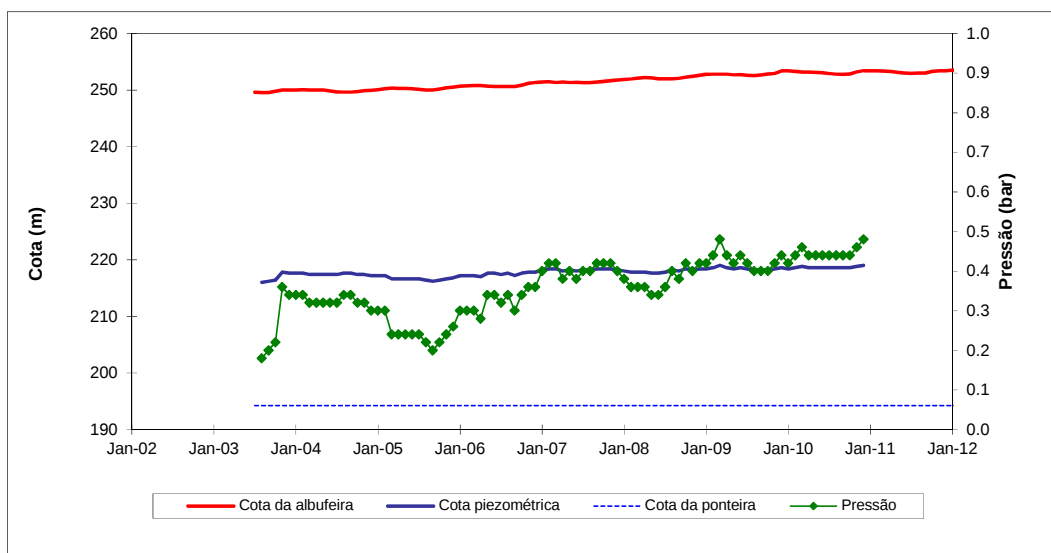


Figura 3.66 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL7 (corpo principal)

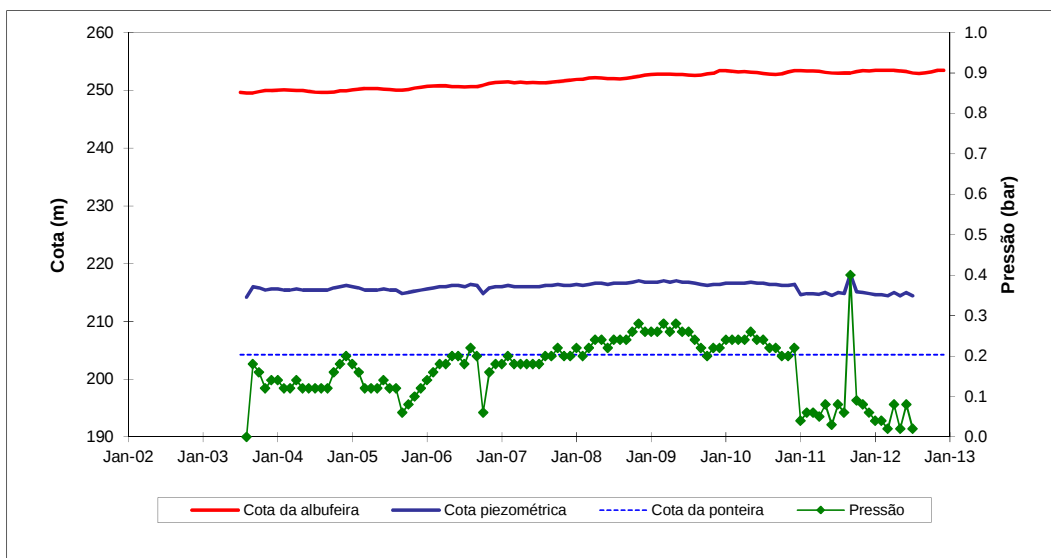


Figura 3.67 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL8 (corpo principal)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água no piezômetro PCL7, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça do piezômetro.

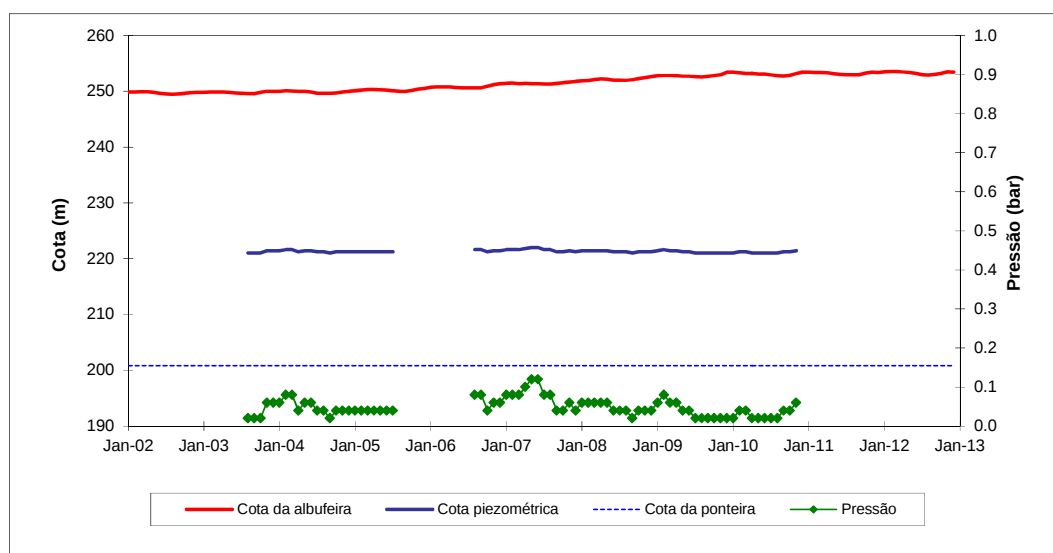


Figura 3.68 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL9 (corpo principal)

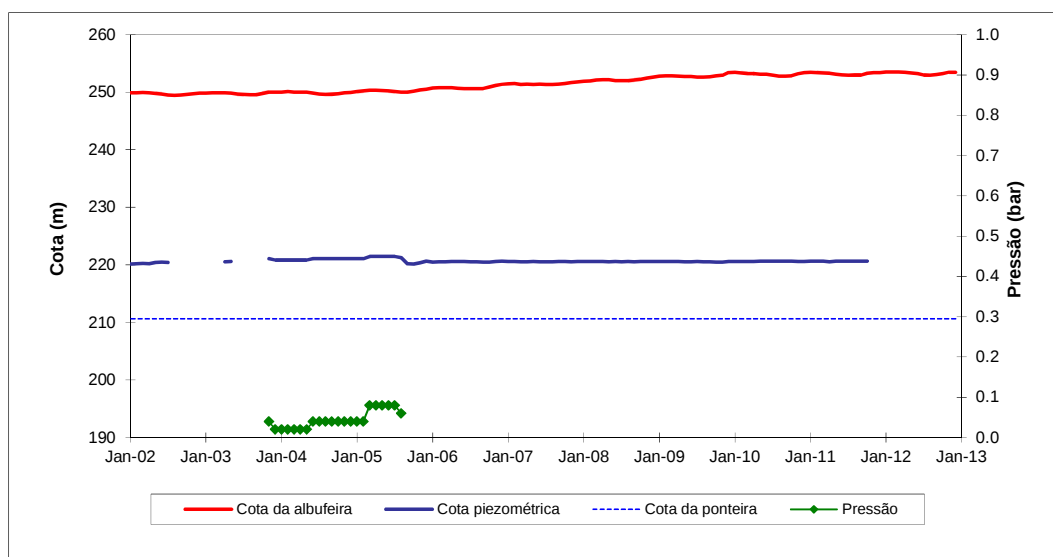


Figura 3.69 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL10 (corpo principal)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água no piezômetro PCL9, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça do piezômetro. Pelo mesmo motivo, a partir de Dezembro de 2011 não foi possível medir a pressão da água no piezômetro PCL10.

ANEXO 3 (46/54)

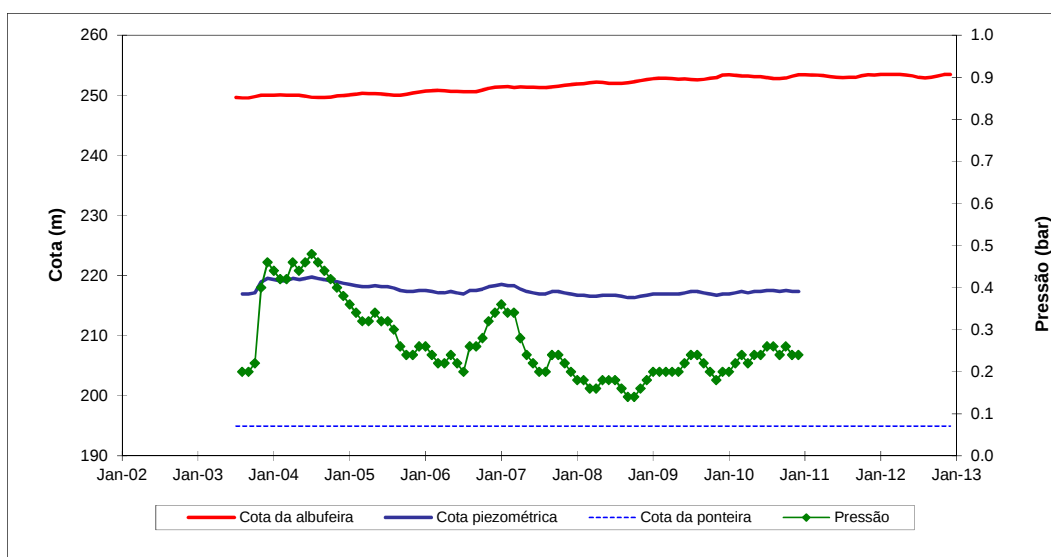


Figura 3.70 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL11 (corpo principal)

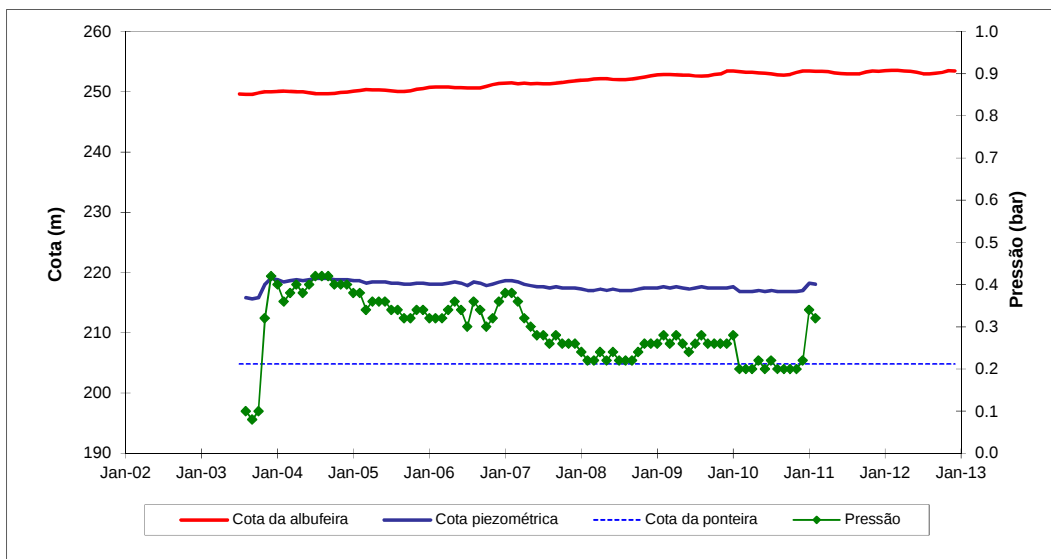


Figura 3.71 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL12 (corpo principal)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água no piezômetro PCL11, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça dos piezômetros. Pelo mesmo motivo, a partir de Fevereiro de 2011 não foi possível medir a pressão da água no piezômetro PCL12.

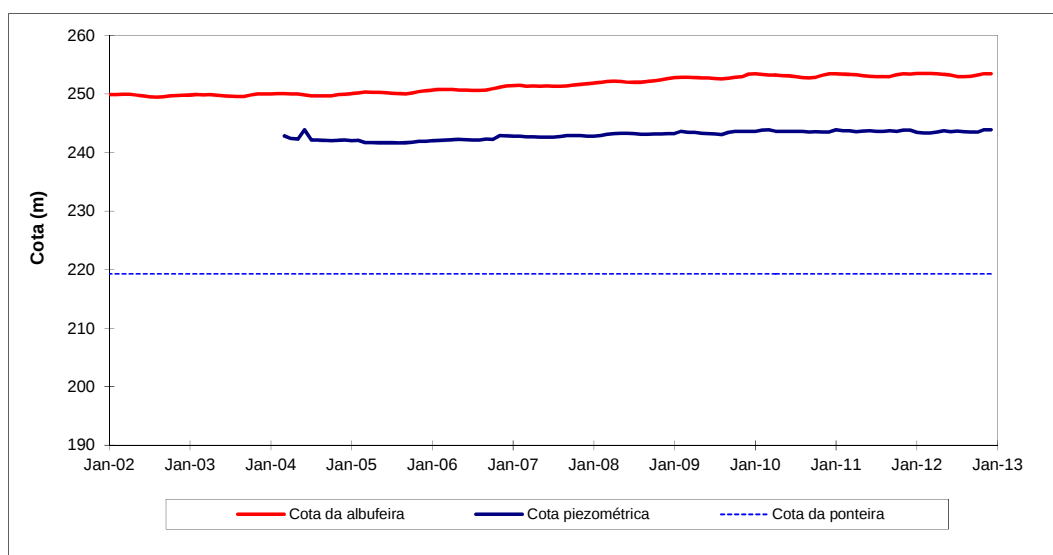


Figura 3.72 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL13 (portela ME1)

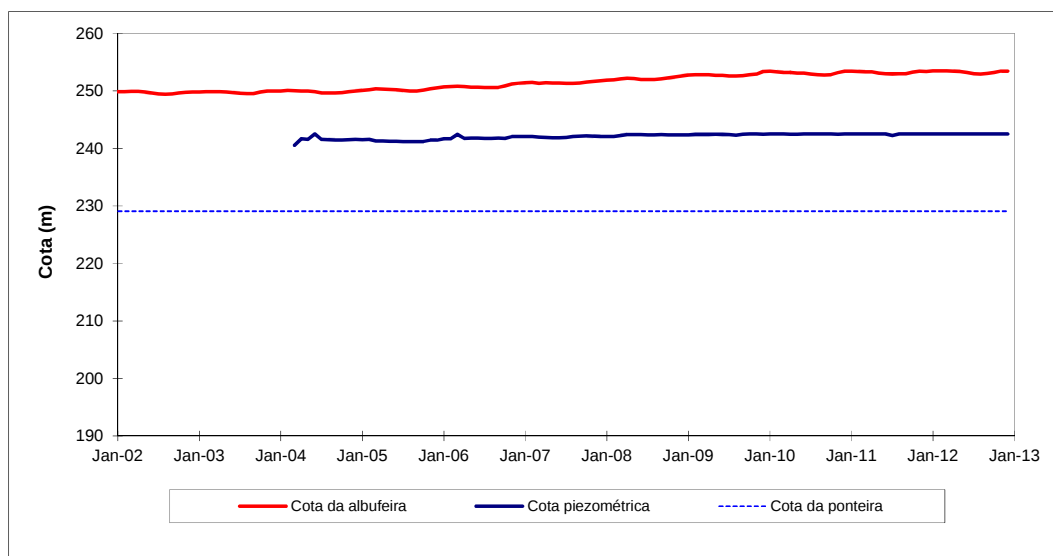


Figura 3.73 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL14 (portela ME1)

ANEXO 3 (48/54)

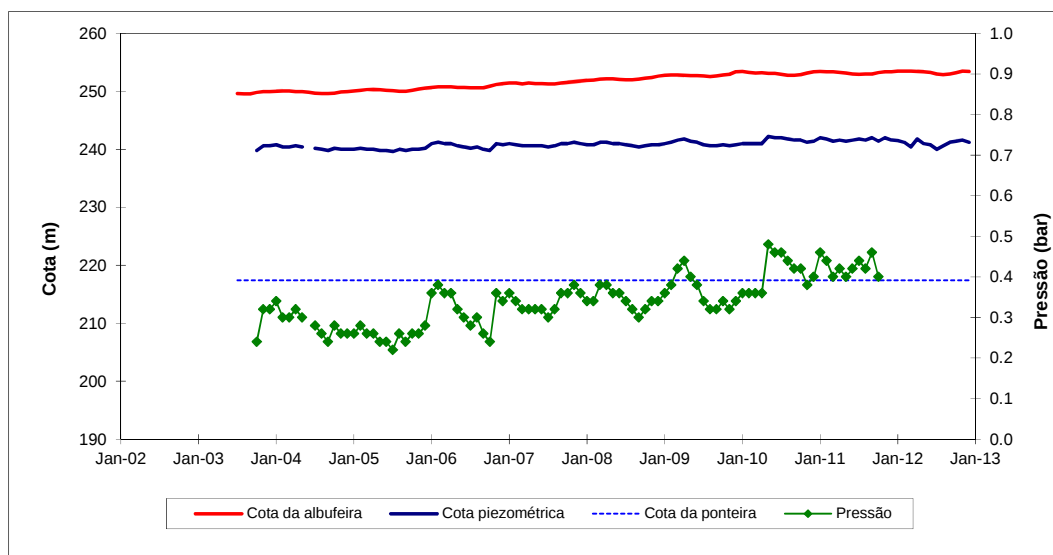


Figura 3.74 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL15 (portela ME1)

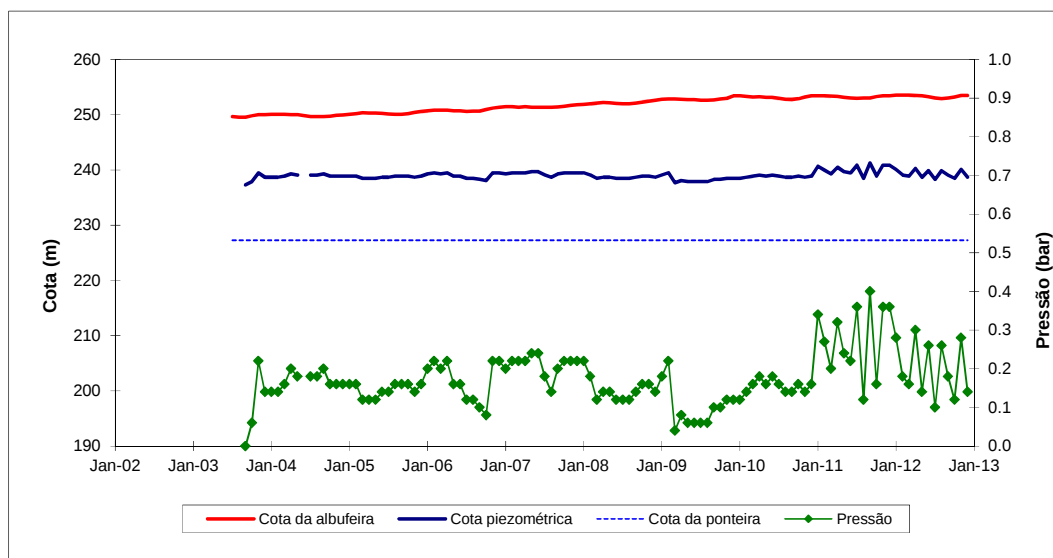


Figura 3.75 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL16 (portela ME1)

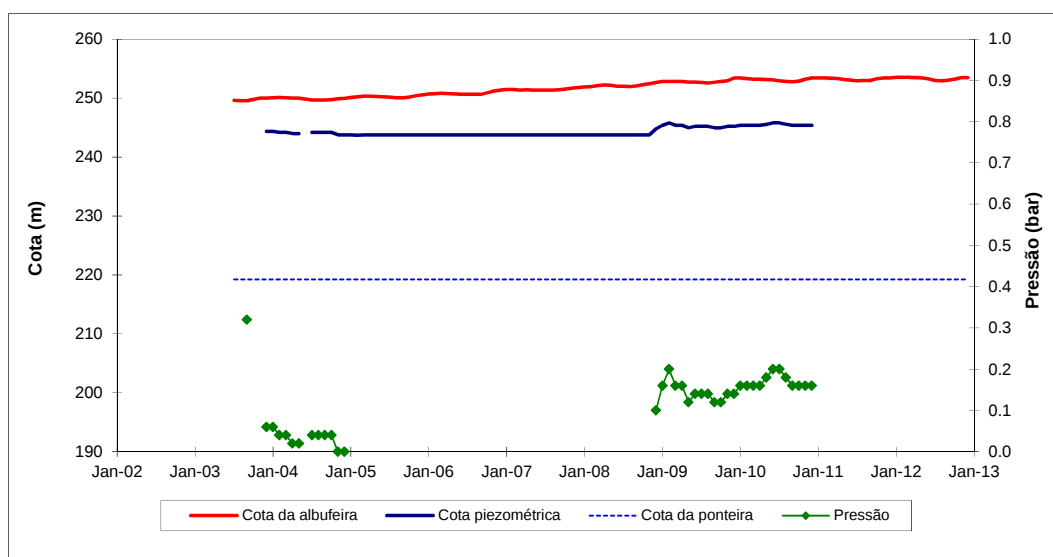


Figura 3.76 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL17 (portela ME1)

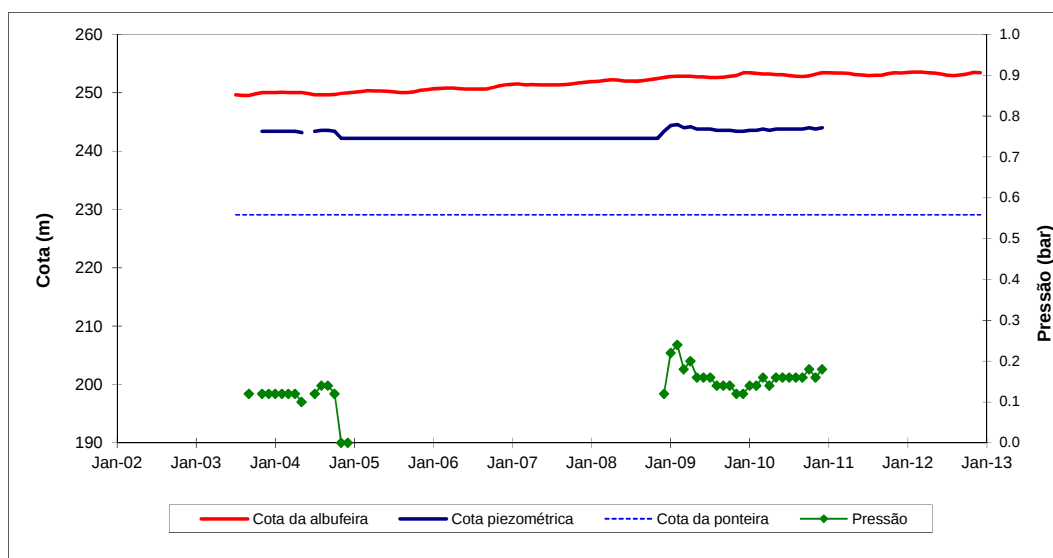


Figura 3.77 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL18 (portela ME1)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água nos piezômetros PCL17 e PCL18, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça dos piezômetros.

ANEXO 3 (50/54)

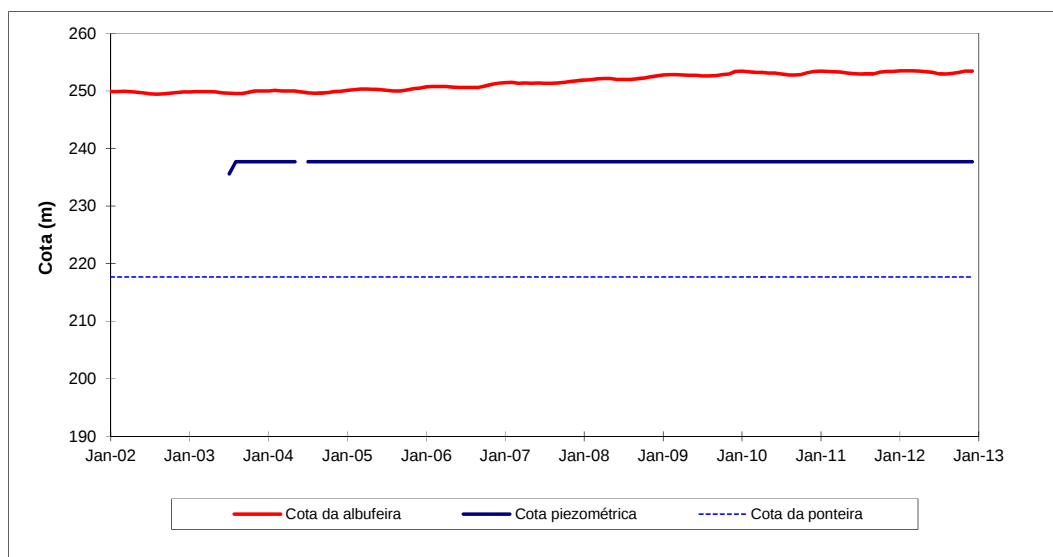


Figura 3.78 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL19 (portela ME1)

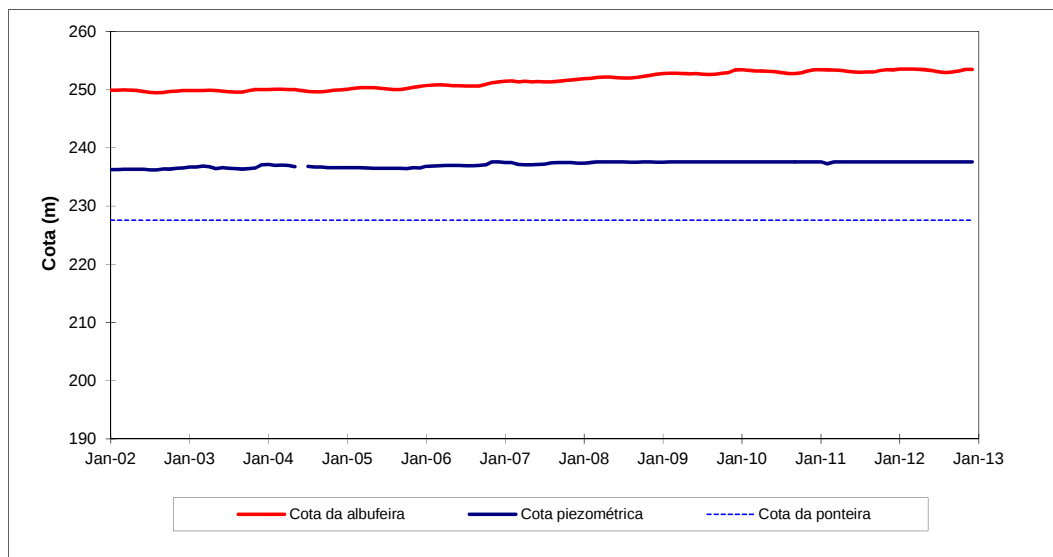


Figura 3.79 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL20 (portela ME1)

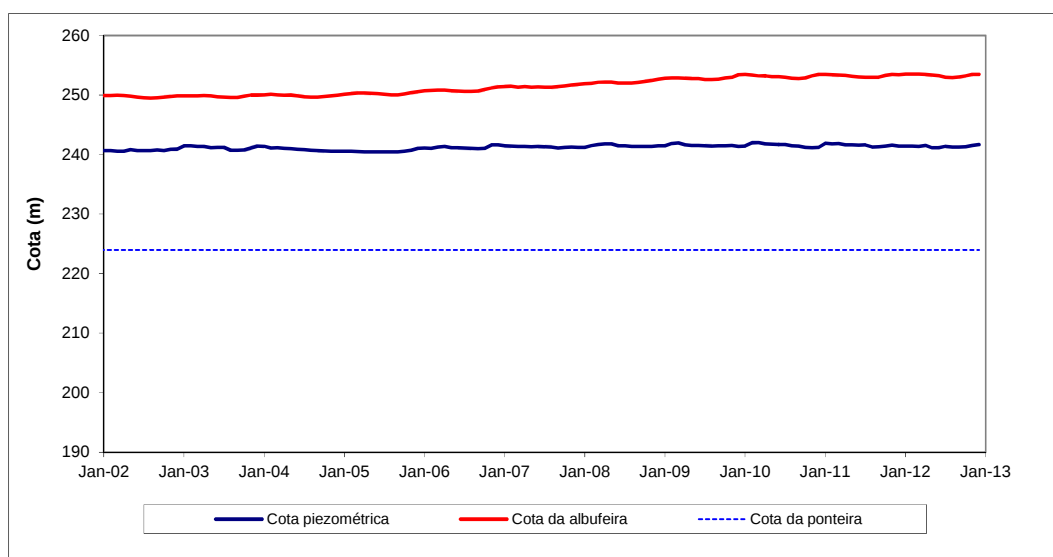


Figura 3.80 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL21 (portela ME2A)

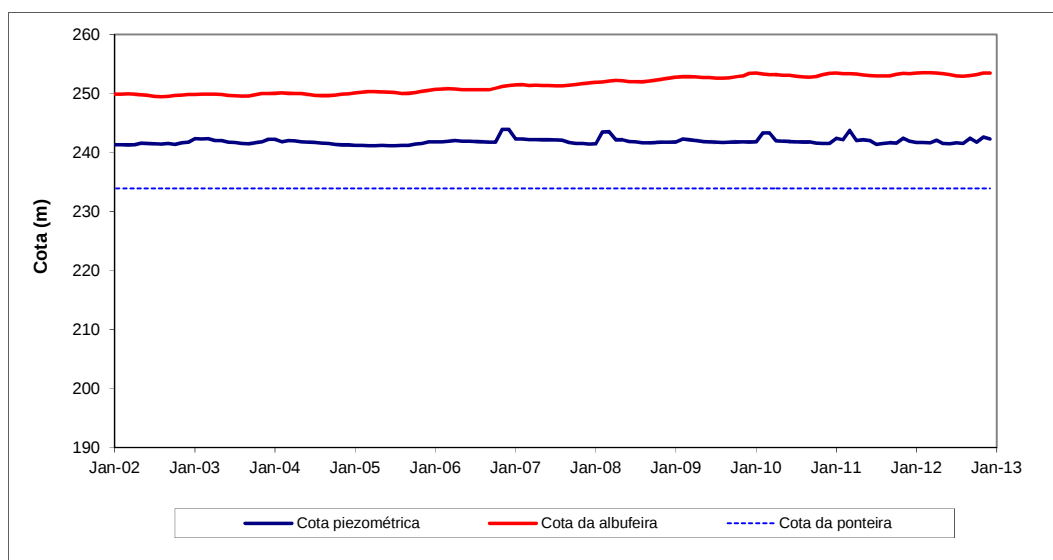


Figura 3.81 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL22 (portela ME2A)

ANEXO 3 (52/54)

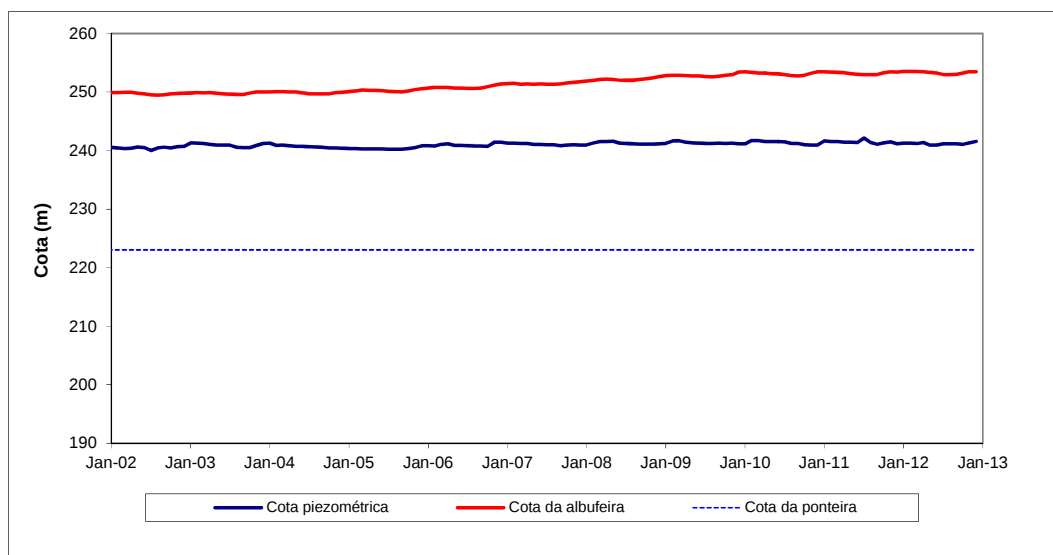


Figura 3.82 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL23 (portela ME2A)

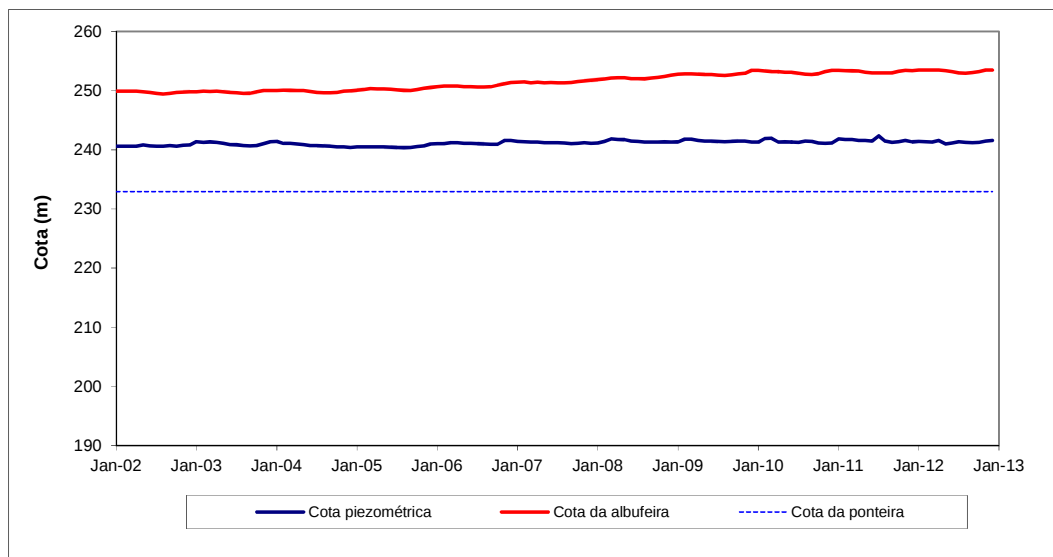


Figura 3.83 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL24 (portela ME2A)

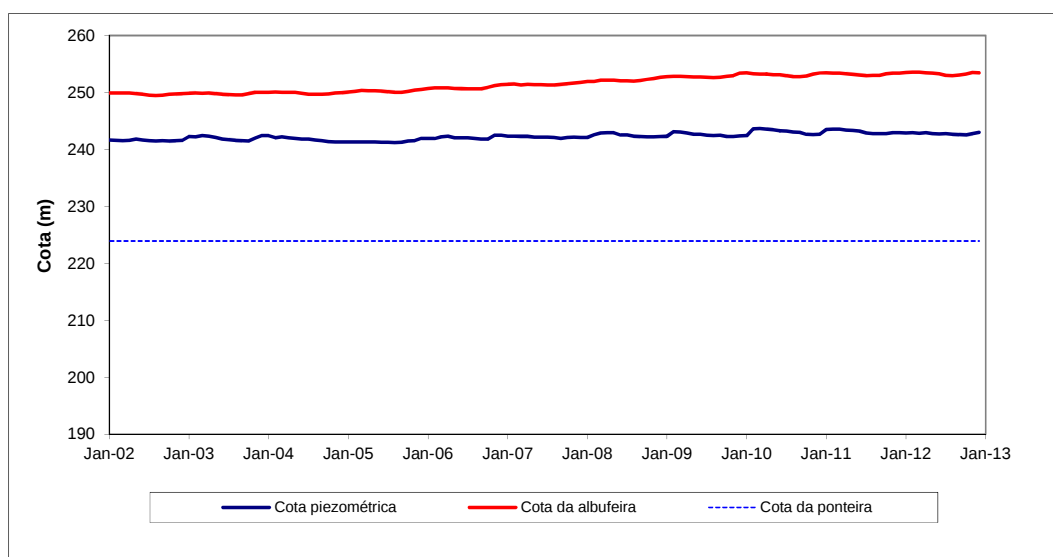


Figura 3.84 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL25 (portela ME2A)

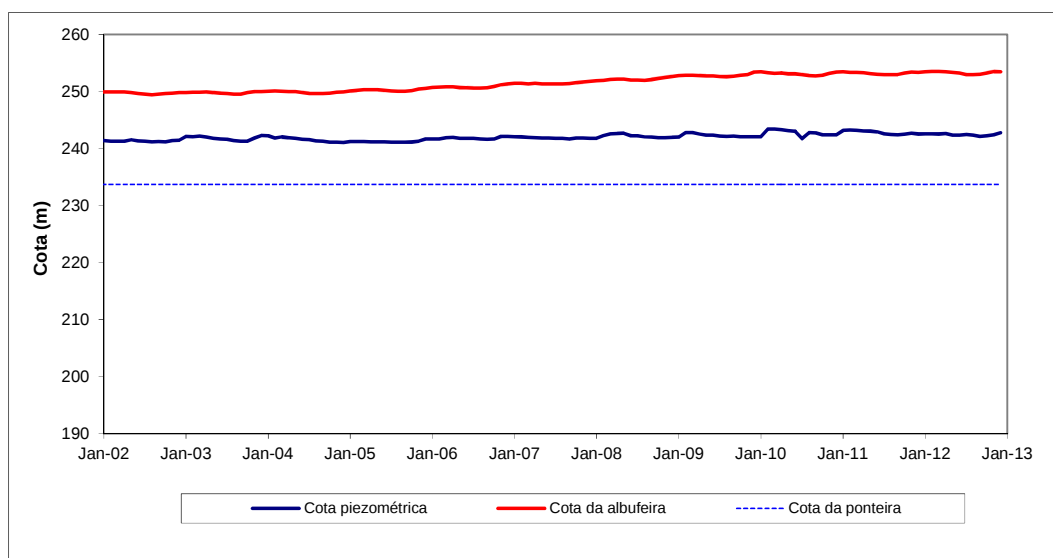


Figura 3.85 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL26 (portela ME2A)

ANEXO 3 (54/54)

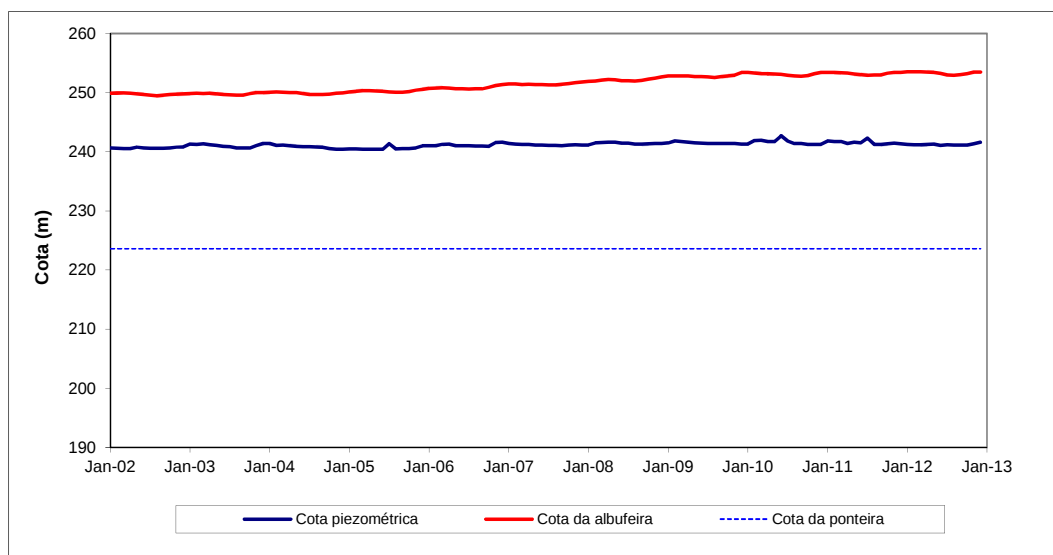


Figura 3.86 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL27 (portela ME2A)

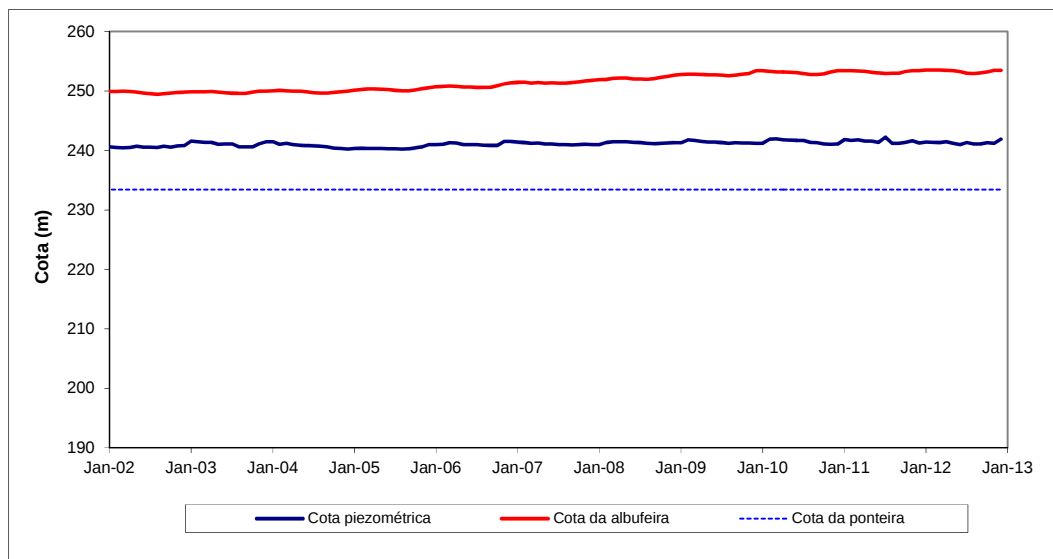


Figura 3.87 – Variação da cota piezométrica no piezômetro PCL28 (portela ME2A)

CAUDAIS DE PERCOLAÇÃO

NOTAS:

- Nos gráficos seguintes representam-se a azul os caudais bombeados nos poços IBR e a vermelho a variação da cota do nível de água na albufeira;
- A linha a tracejado verde indica a estimativa dos caudais bombeados, de acordo com os modelos de cálculo do projecto de execução.

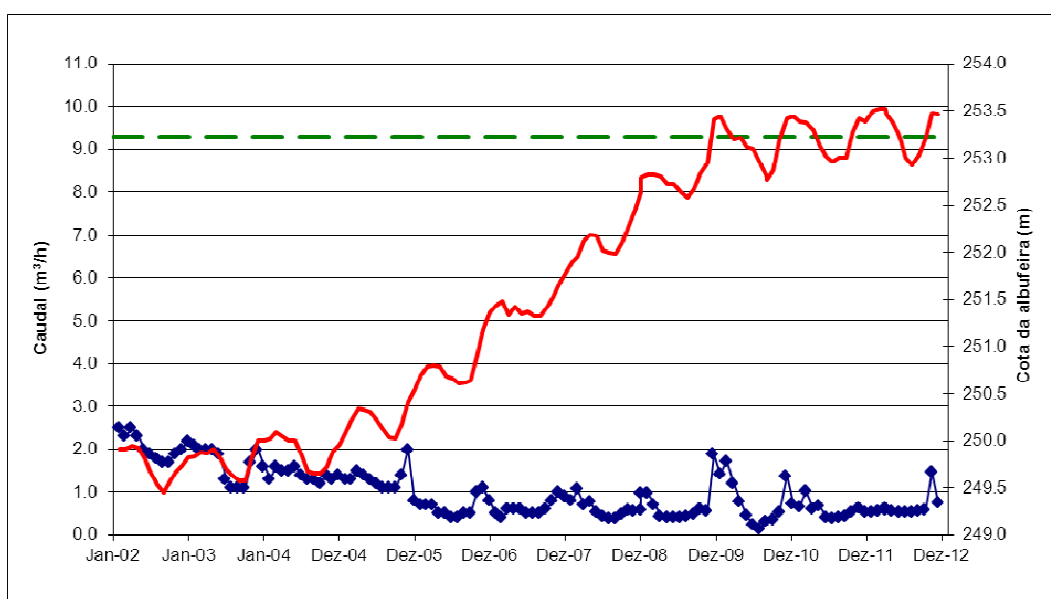


Figura 4.1 – Caudais captados no poço IBR25 (portela MD)

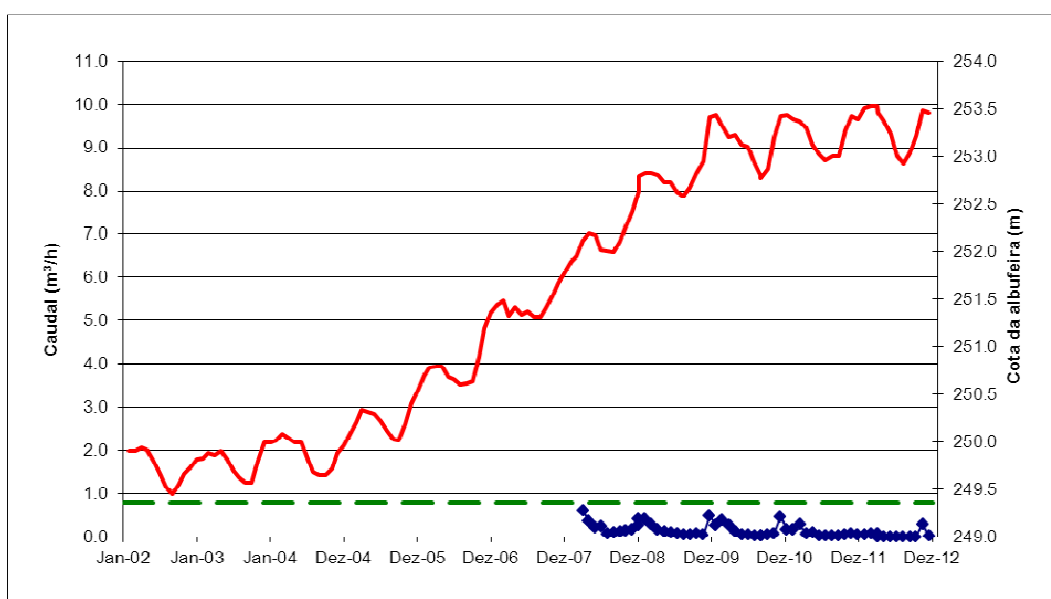


Figura 4.2 – Caudais captados no poço IBR32 (corpo principal)

ANEXO 4 (2/13)

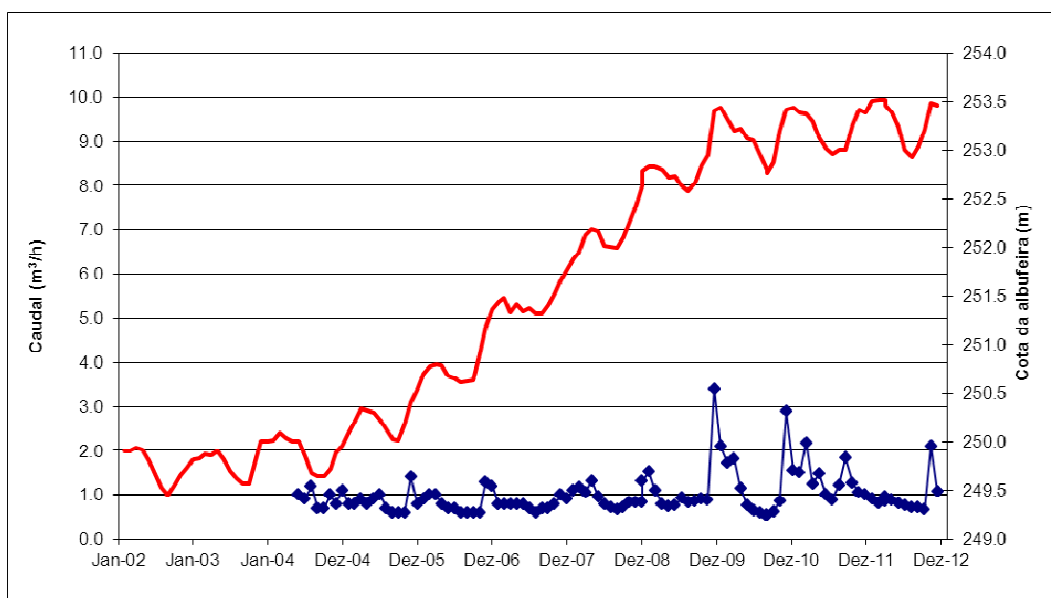


Figura 4.3 – Caudais captados no poço IBR5A (corpo principal)

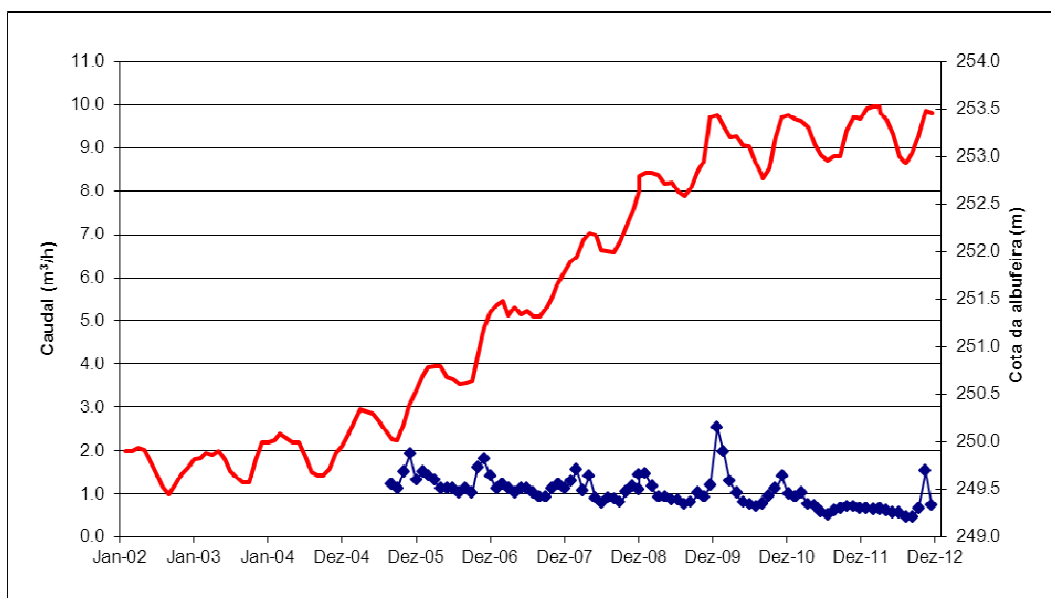


Figura 4.4 – Caudais captados no poço IBR5B (corpo principal)

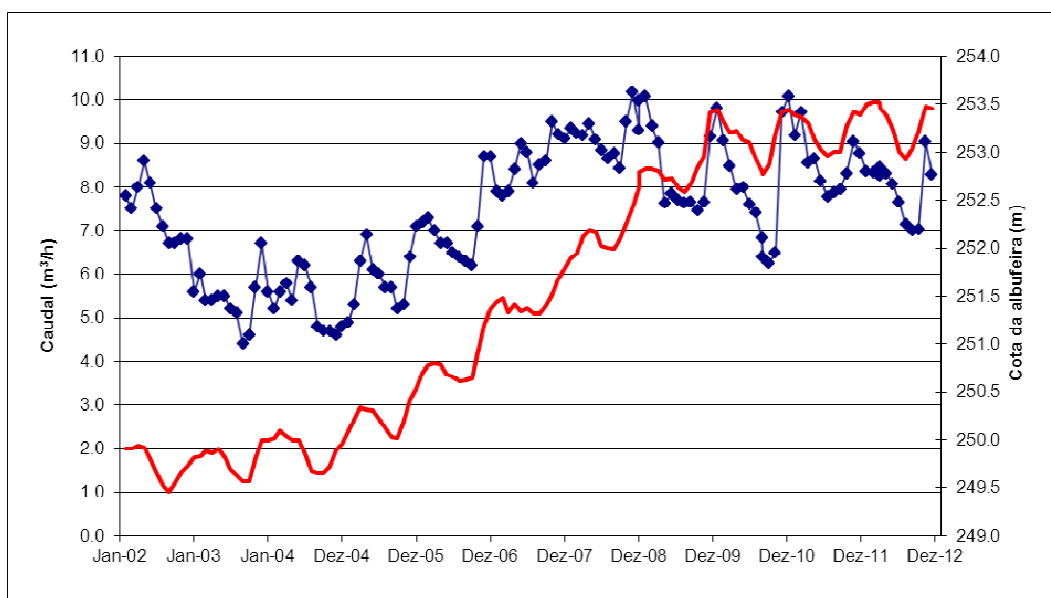


Figura 4.5 – Caudais captados no poço IBR5 (corpo principal)

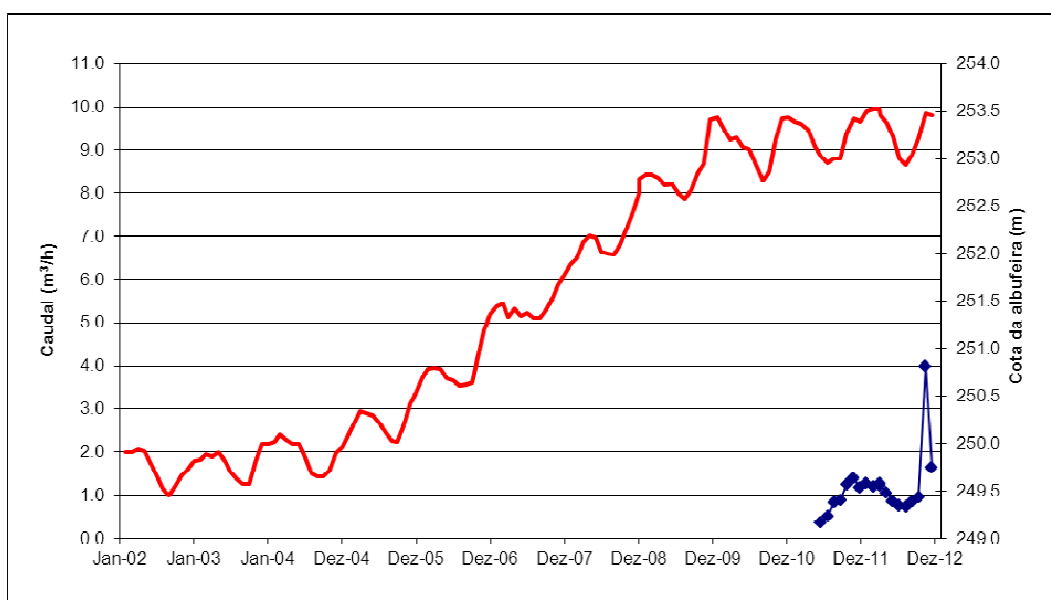


Figura 4.6 – Caudais captados no poço IBR5C (corpo principal)

ANEXO 4 (4/13)

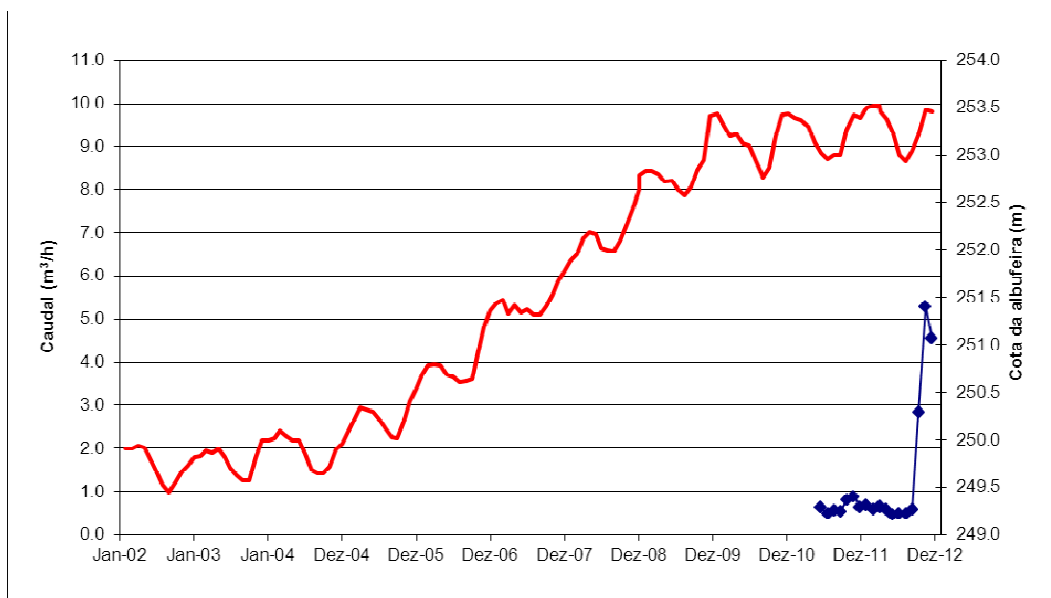


Figura 4.7 – Caudais captados no poço IBR6 (corpo principal)

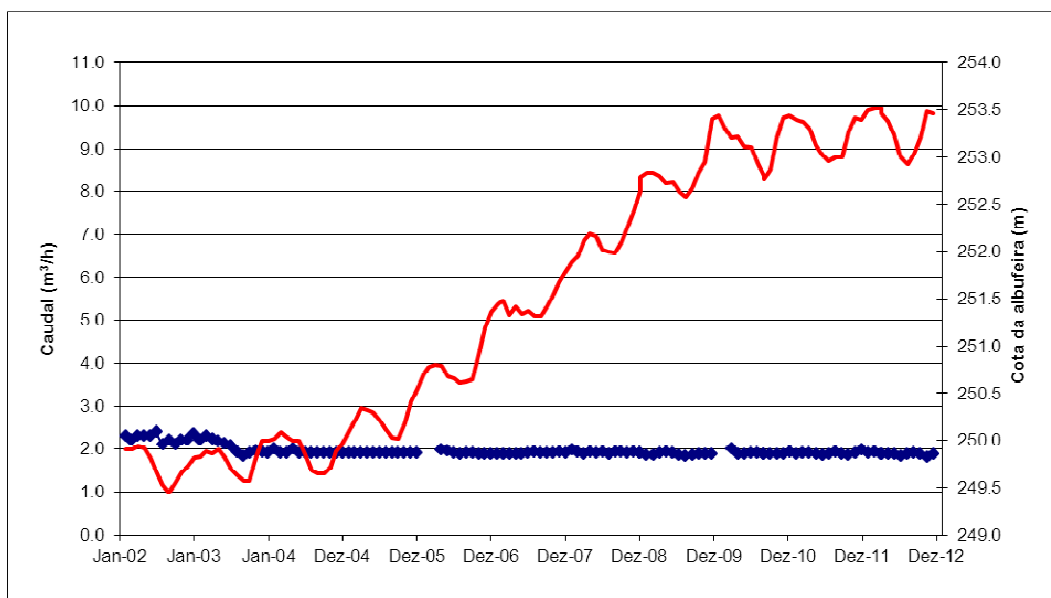


Figura 4.8 – Caudais medidos no ponto de controlo IBR20 (corpo principal)

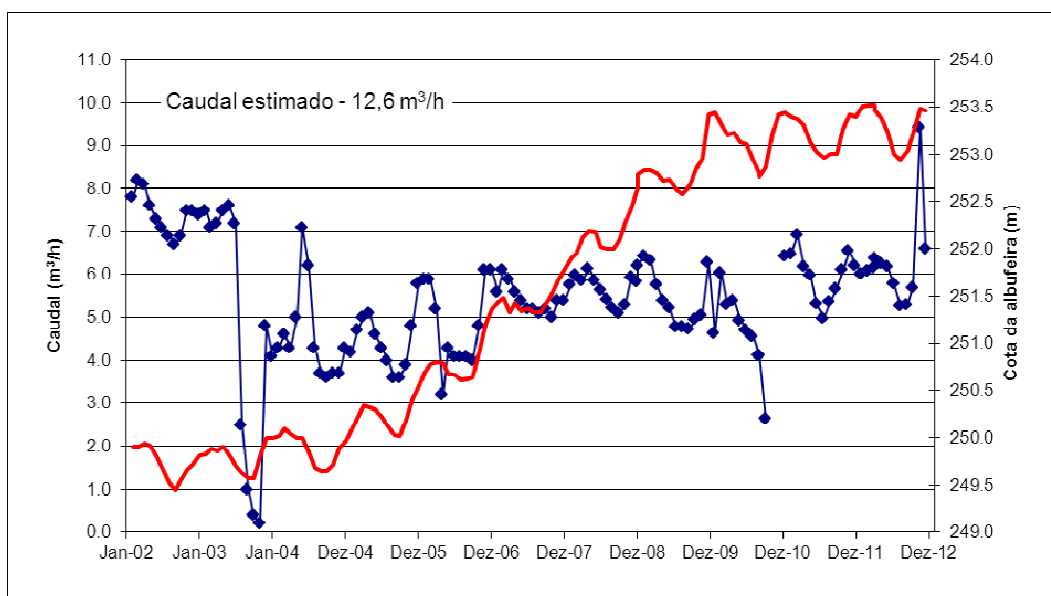


Figura 4.9 – Caudais captados no poço IBR16 (portela do corpo principal)

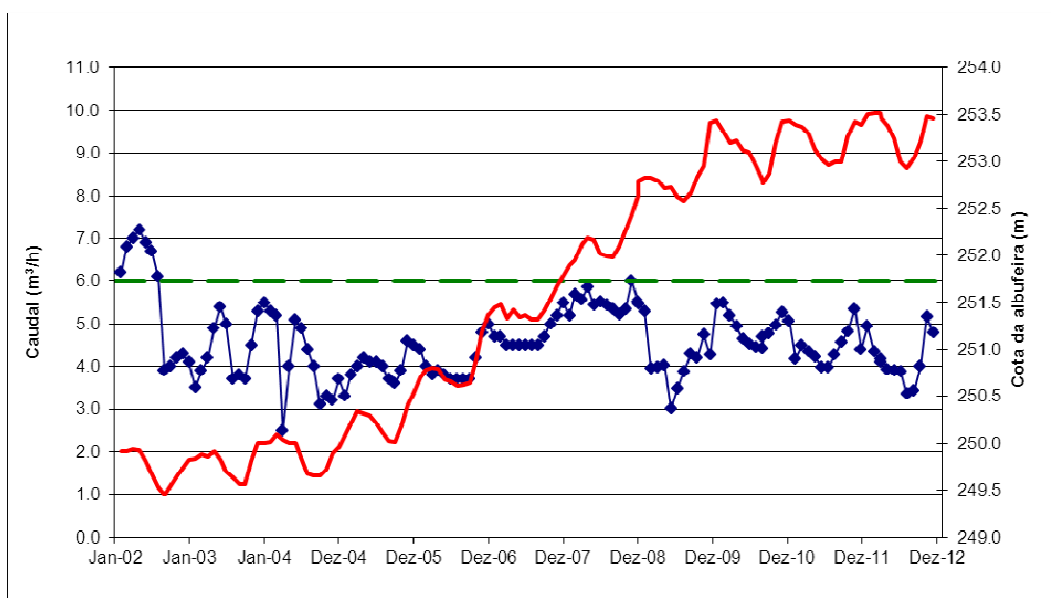


Figura 4.10 – Caudais captados no poço IBR18 (portela do corpo principal)

ANEXO 4 (6/13)

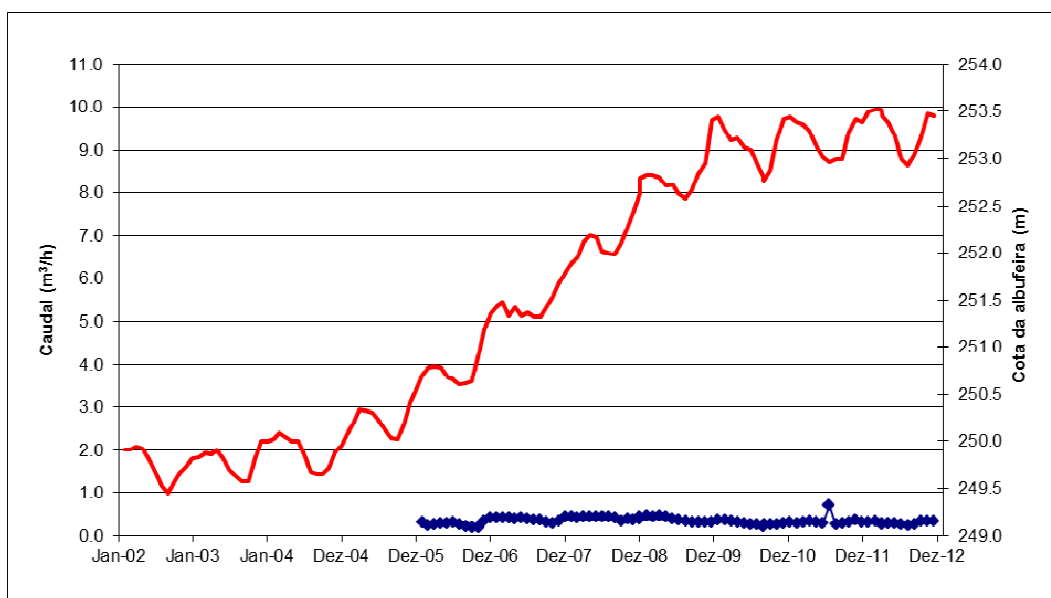


Figura 4.11 – Caudais medidos no ponto de controlo IBR18A (portela do corpo principal)

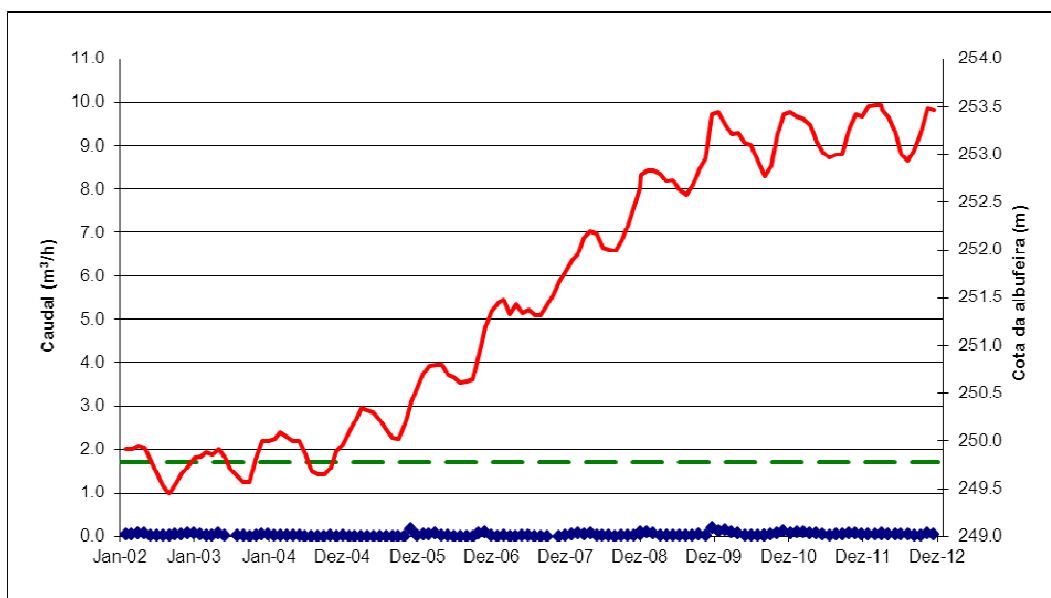


Figura 4.12 – Caudais captados no poço IBR27 (portela do corpo principal)

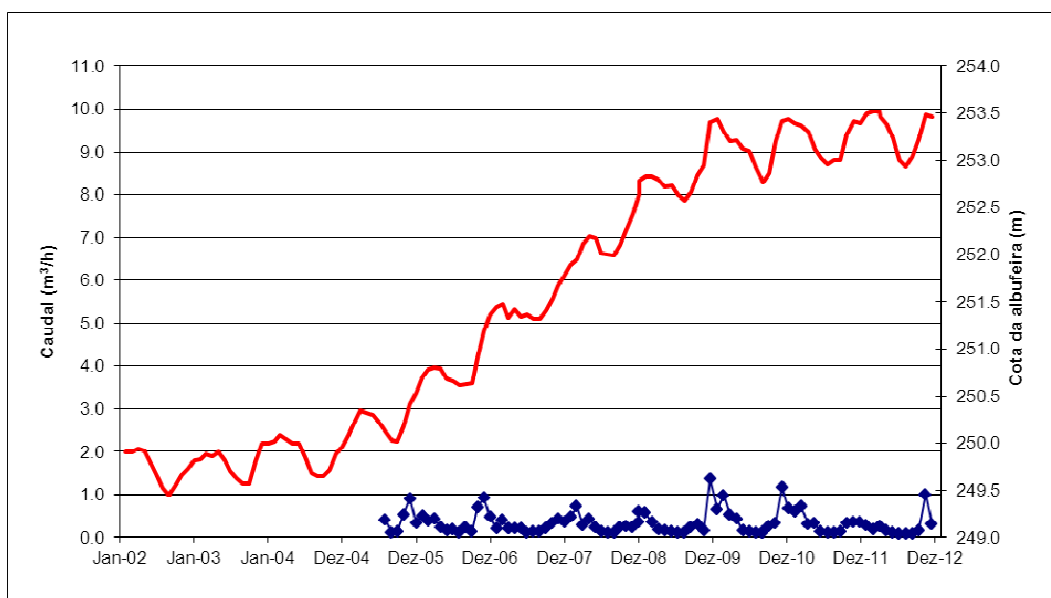


Figura 4.13 – Caudais captados no poço IBR27A (portela do corpo principal)

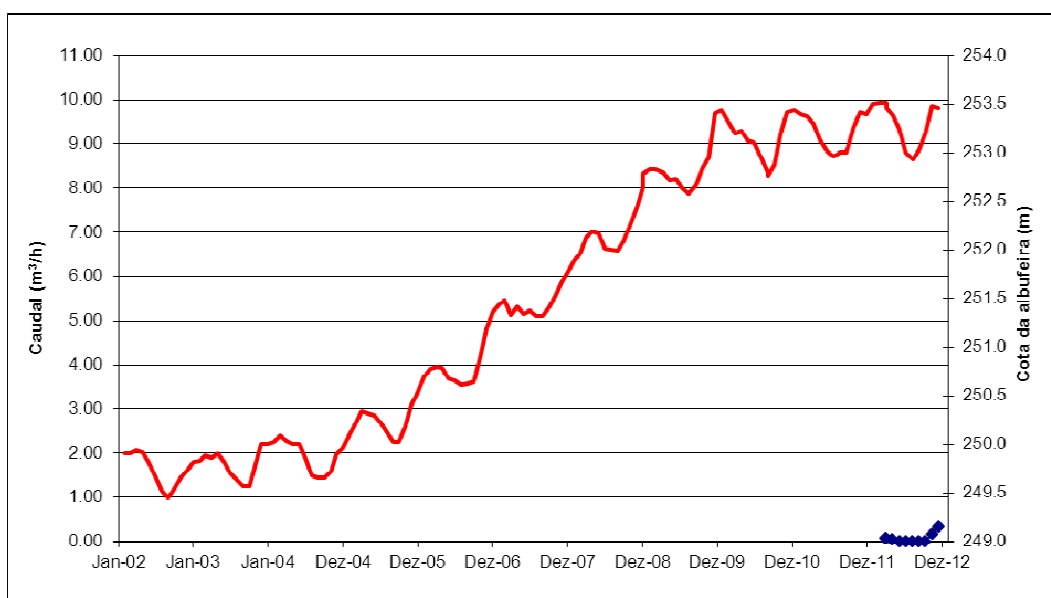


Figura 4.14 – Caudais captados no poço IBR33 (portela do corpo principal)

ANEXO 4 (8/13)

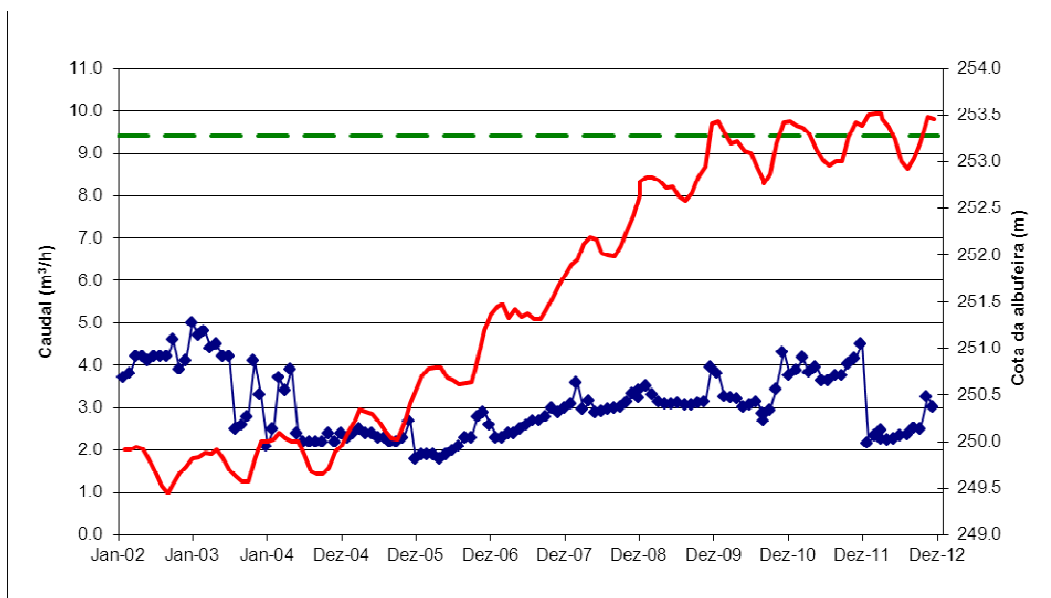


Figura 4.15 – Caudais captados no poço IBR17 (portela ME1)

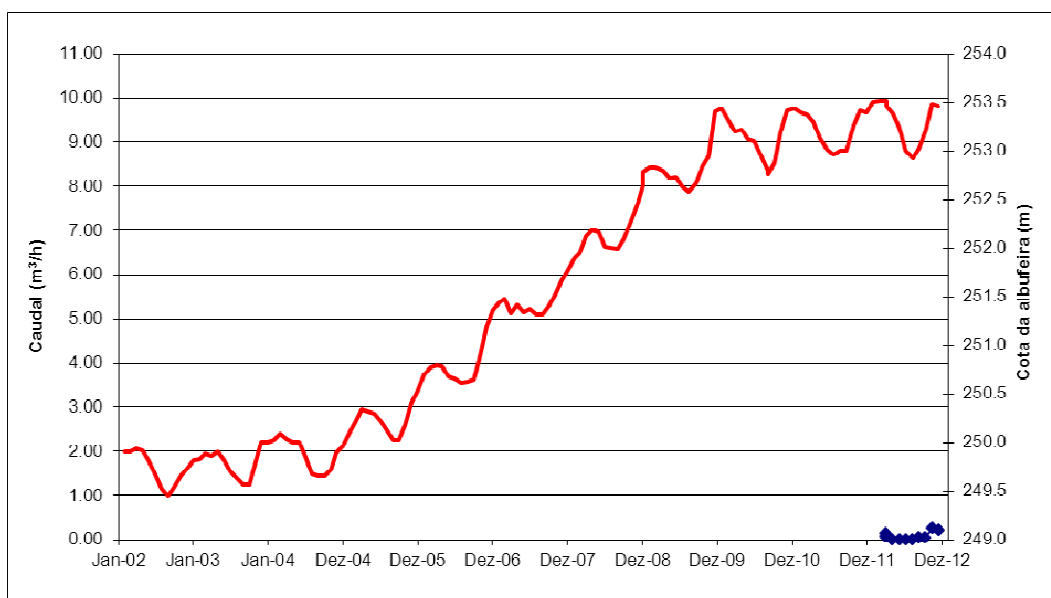


Figura 4.16 – Caudais captados no poço IBR34 (portela ME1)

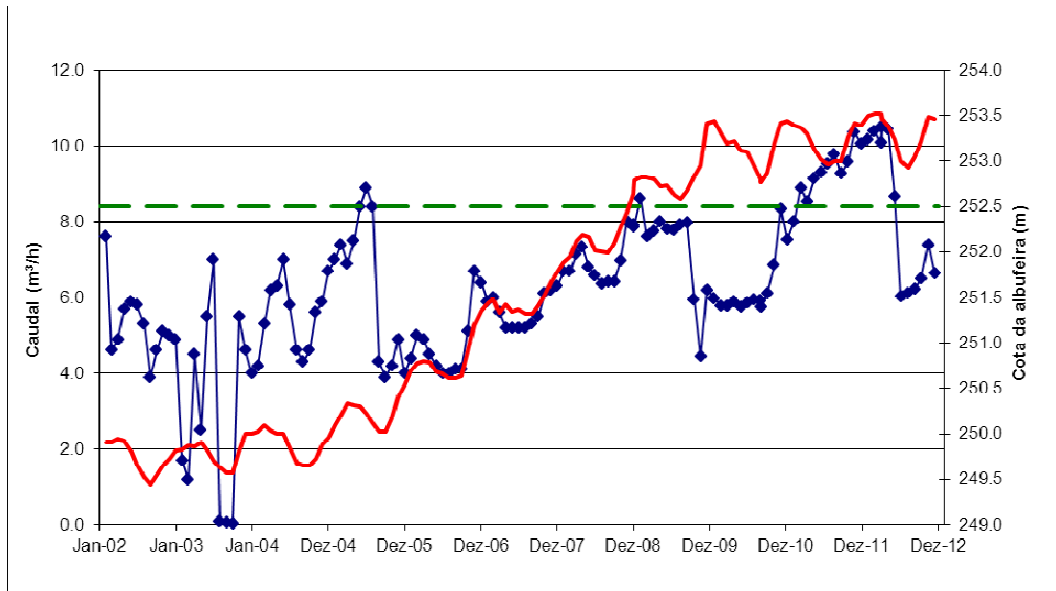


Figura 4.17 – Caudais captados no poço IBR15 (portela ME2A)

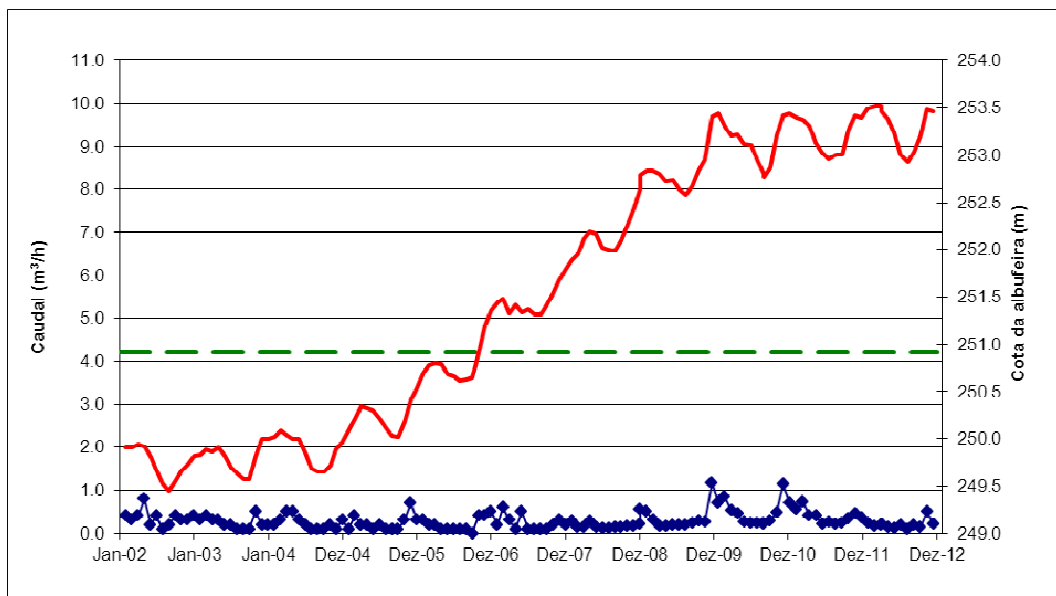


Figura 4.18 – Caudais captados no poço IBR19 (portela ME2A)

ANEXO 4 (10/13)

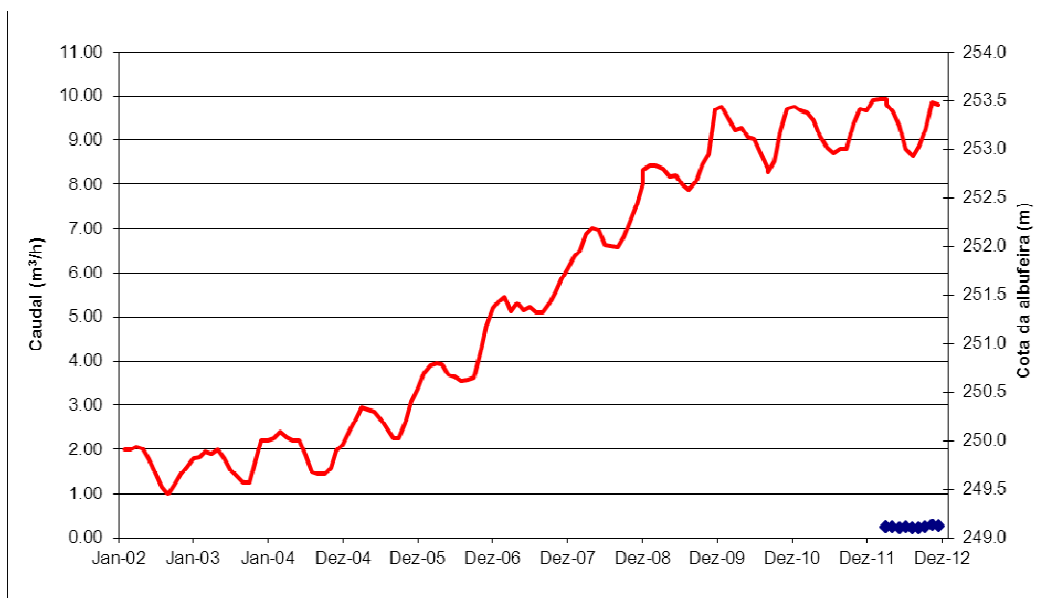


Figura 4.19 – Caudais captados no poço IBR35 (portela ME2A)

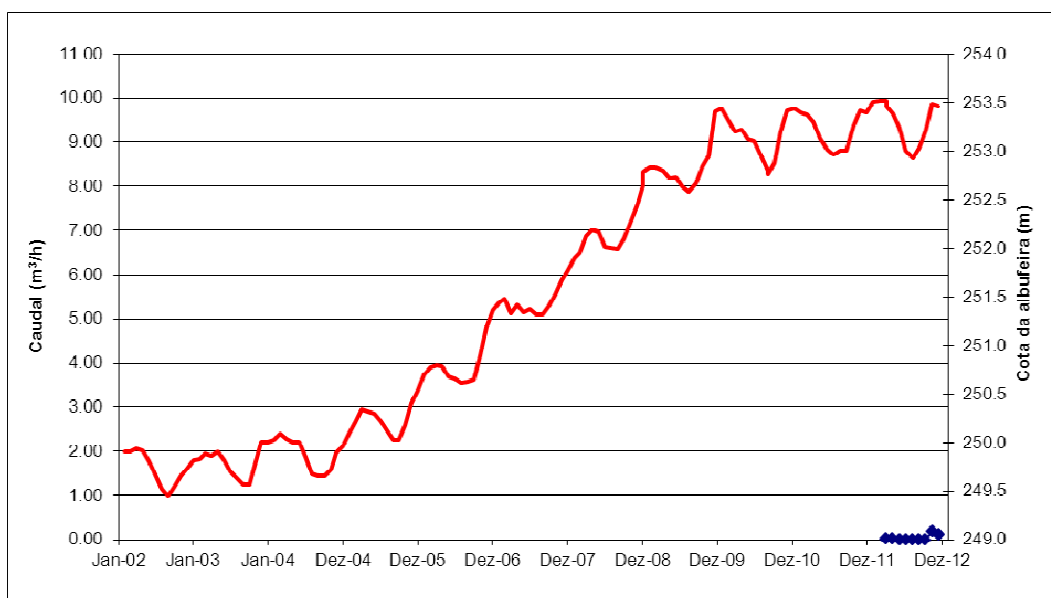


Figura 4.20 – Caudais captados no poço IBR36 (portela ME2A)

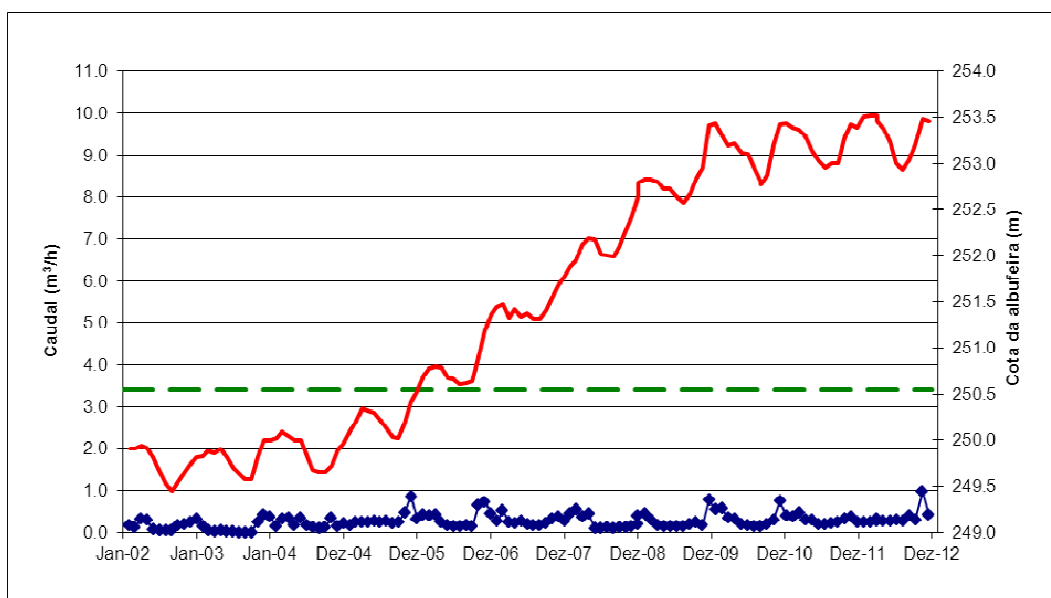


Figura 4.21 – Caudais captados no poço IBR26 (portela ME2B)

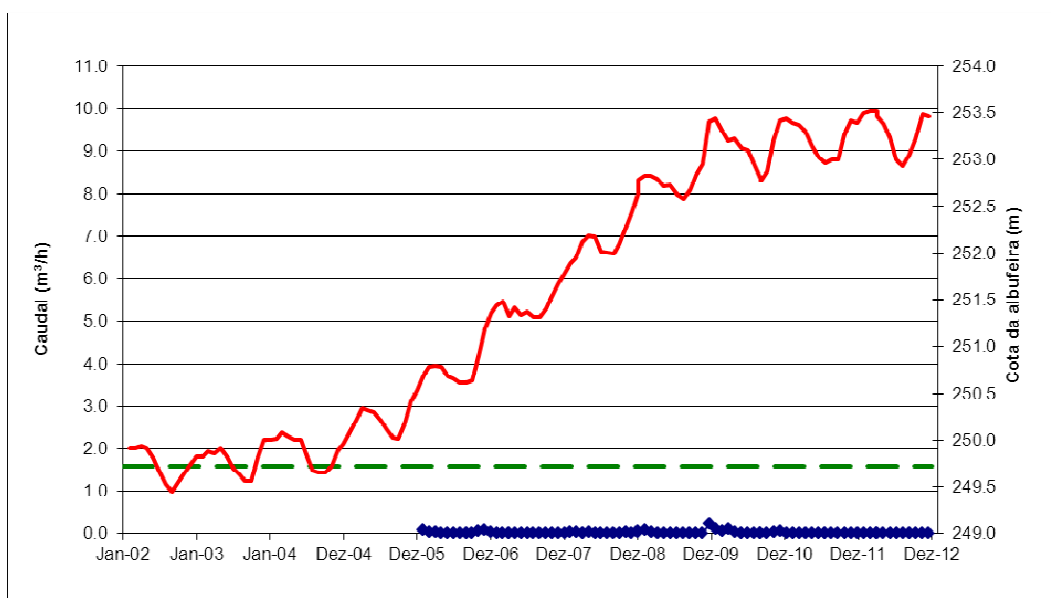


Figura 4.22 – Caudais captados no poço IBR29 (portela ME2B)

ANEXO 4 (12/13)

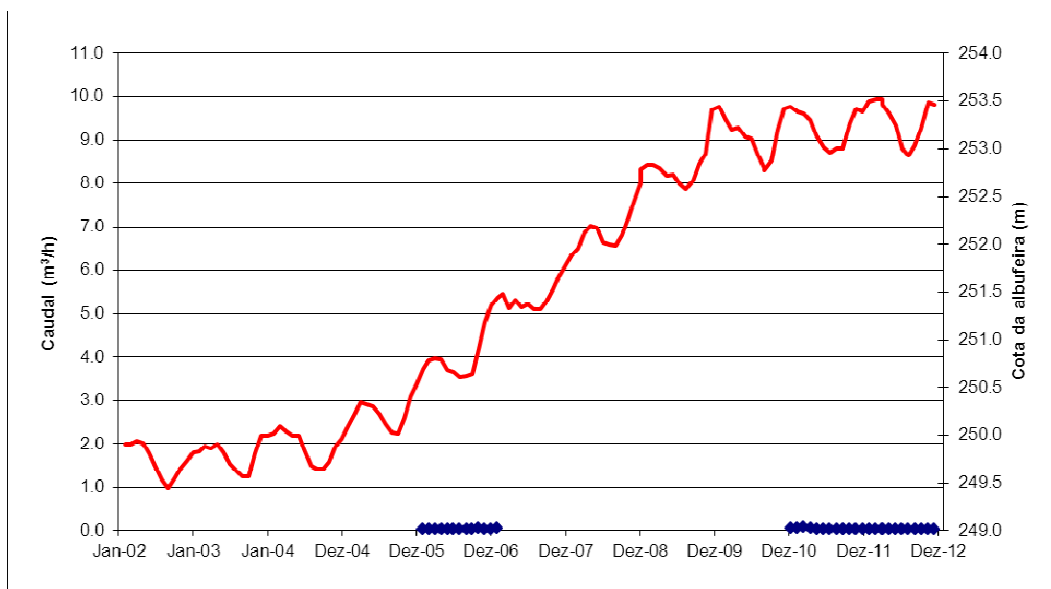


Figura 4.23 – Caudais medidos no ponto de controlo IBR29A (portela ME2C)

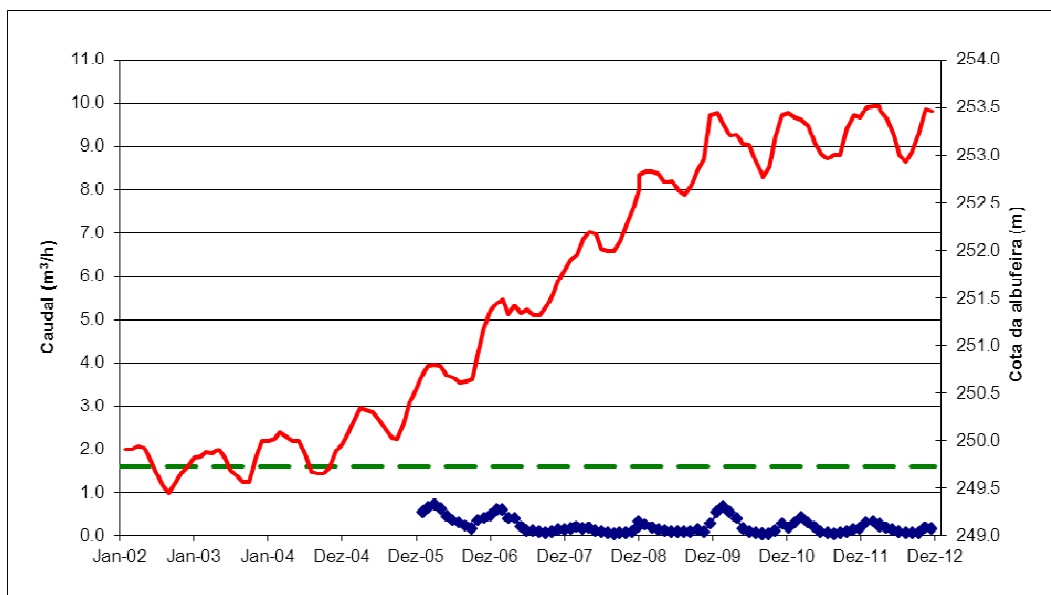


Figura 4.24 – Caudais captados no poço IBR30 (portela ME2C)

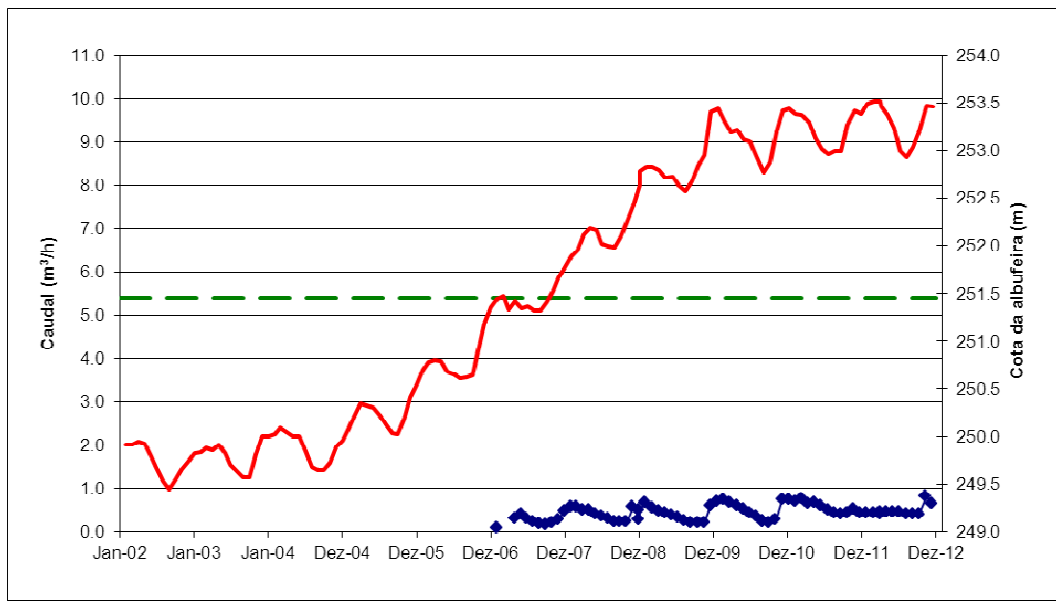


Figura 4.25 – Caudais captados no poço IBR31 (barragem do Monte Branco)

DESLOCAMENTOS SUPERFICIAIS - ASSENTAMENTOS

1 - PORTELA MD

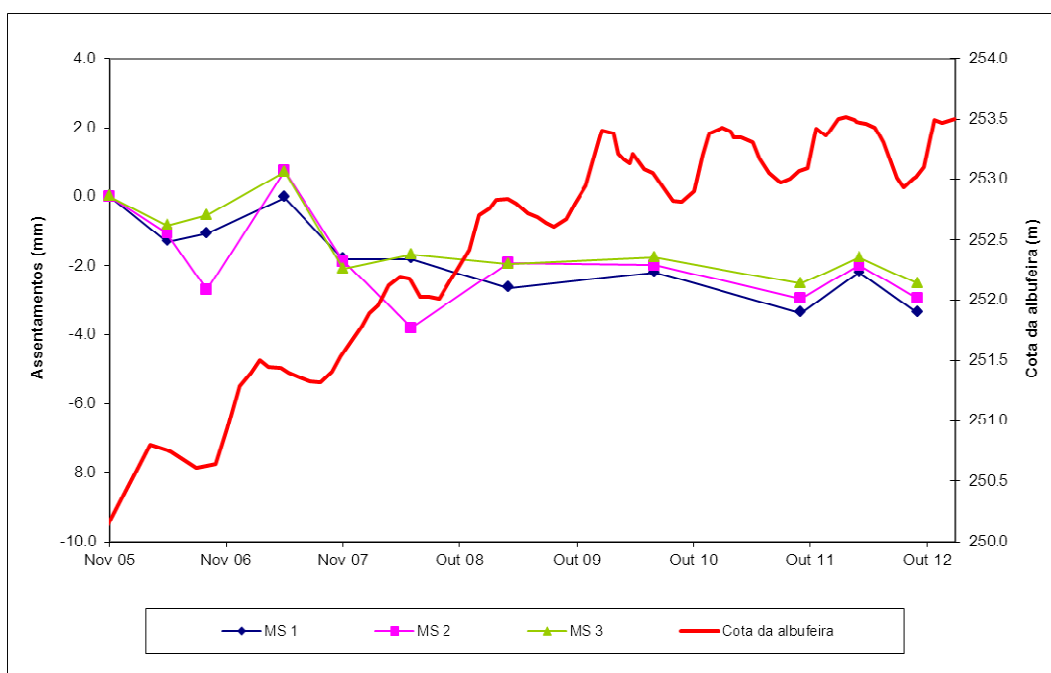


Figura 5.1 – Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela MD

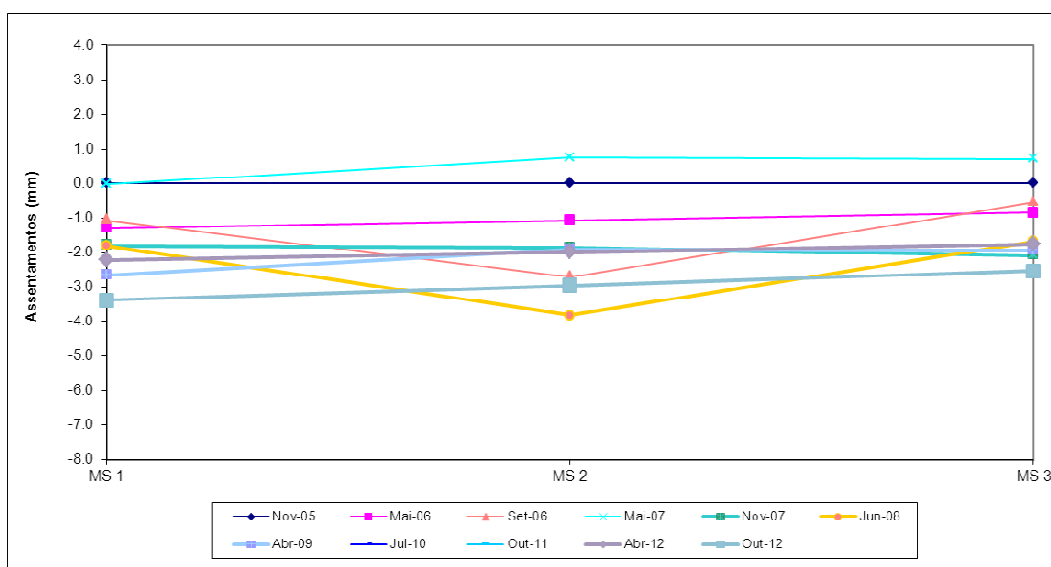


Figura 5.2 – Assentamentos no coroamento da portela MD

ANEXO 5 (2/9)

2 - CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL

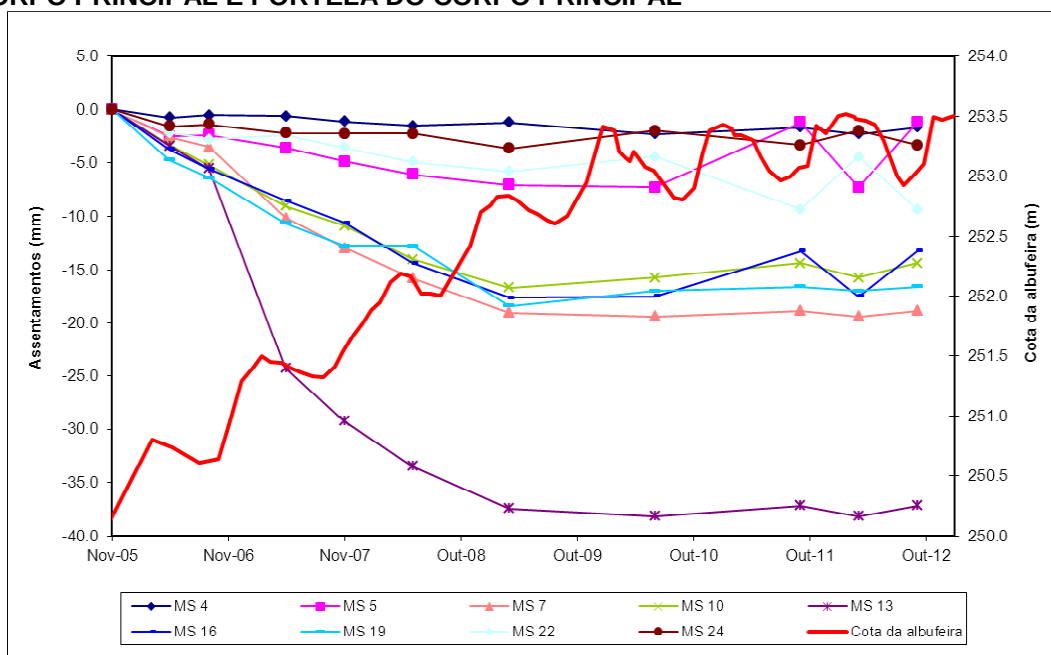


Figura 5.3 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas no coroamento do corpo principal

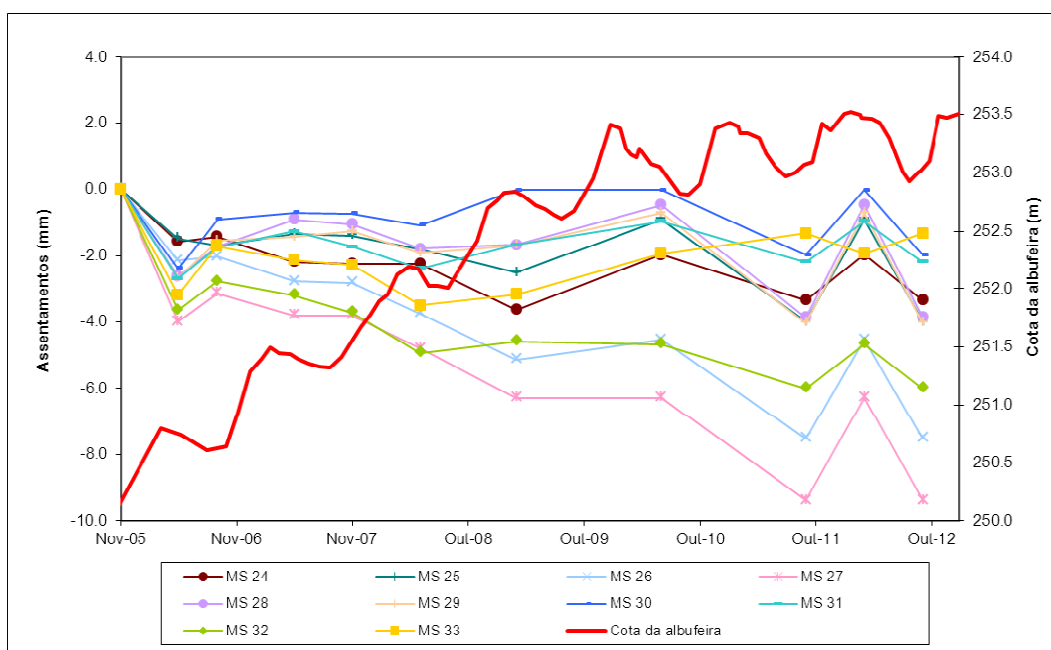


Figura 5.4 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela do corpo principal

ANEXO 5 (4/9)

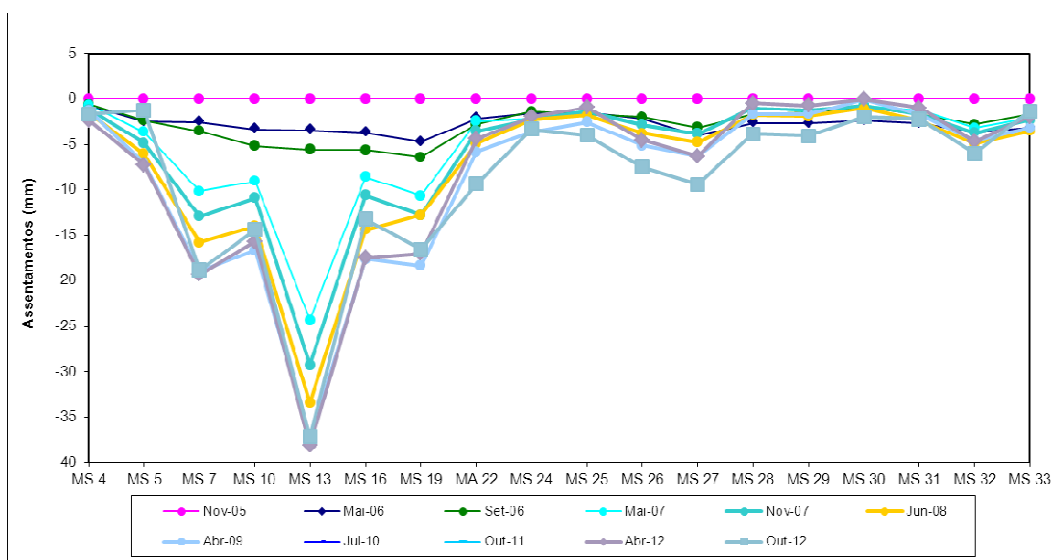


Figura 5.5 - Assentamentos no coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal

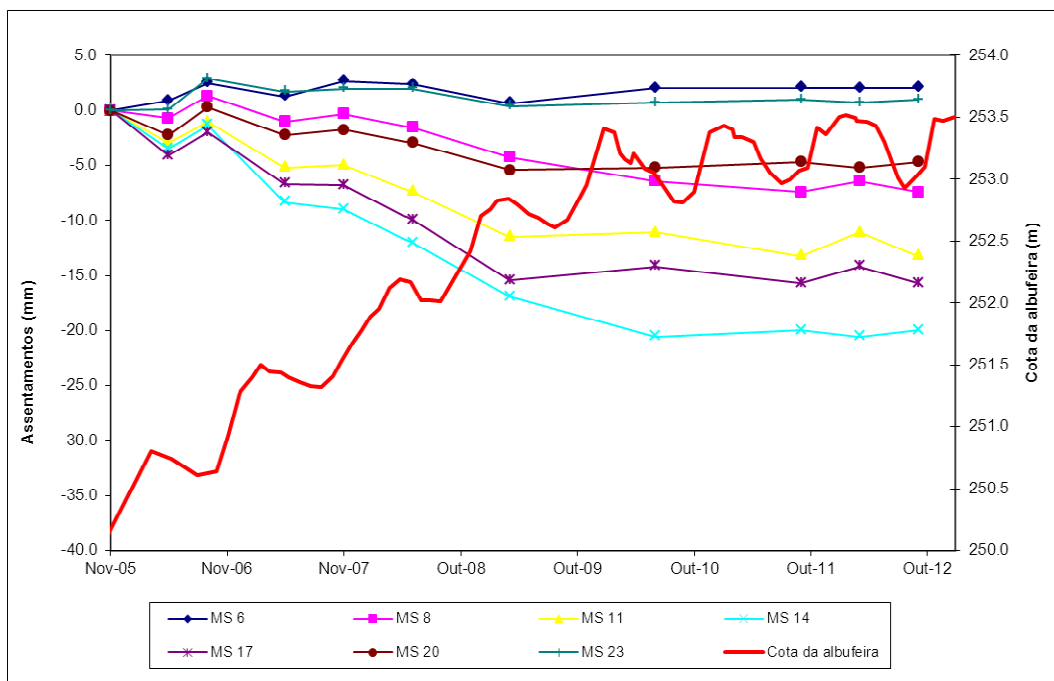


Figura 5.6 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na banqueta superior do corpo principal

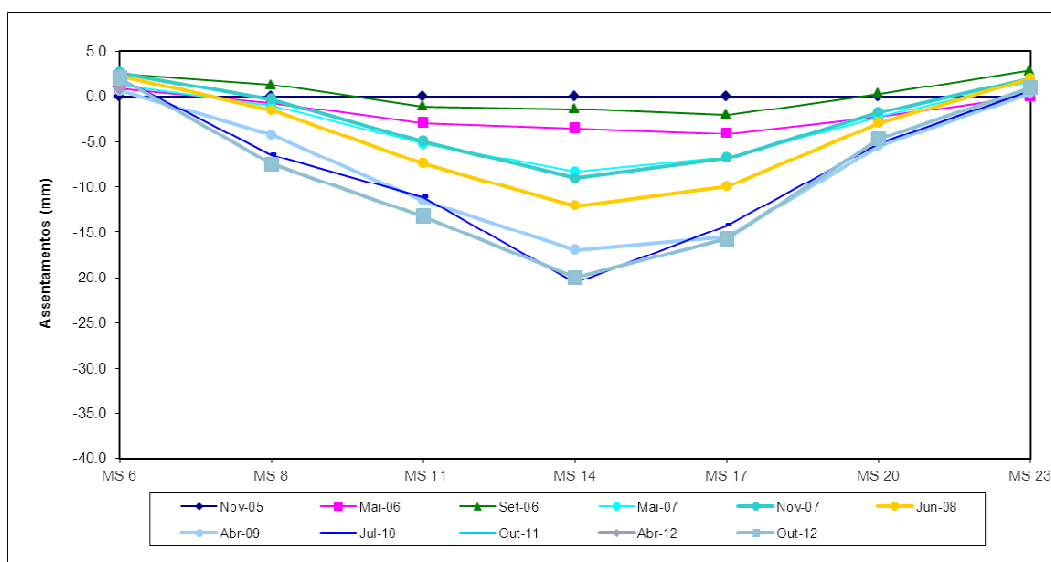


Figura 5.7 - Assentamentos na banqueta superior do corpo principal

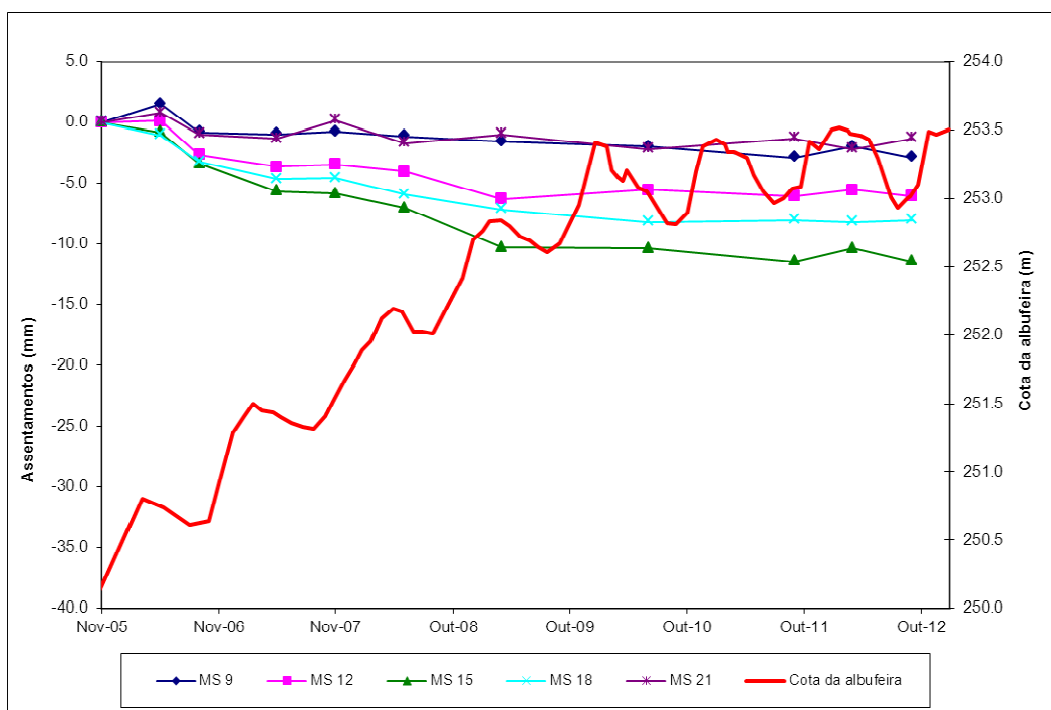


Figura 5.8 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na banqueta intermédia do corpo principal

ANEXO 5 (6/9)

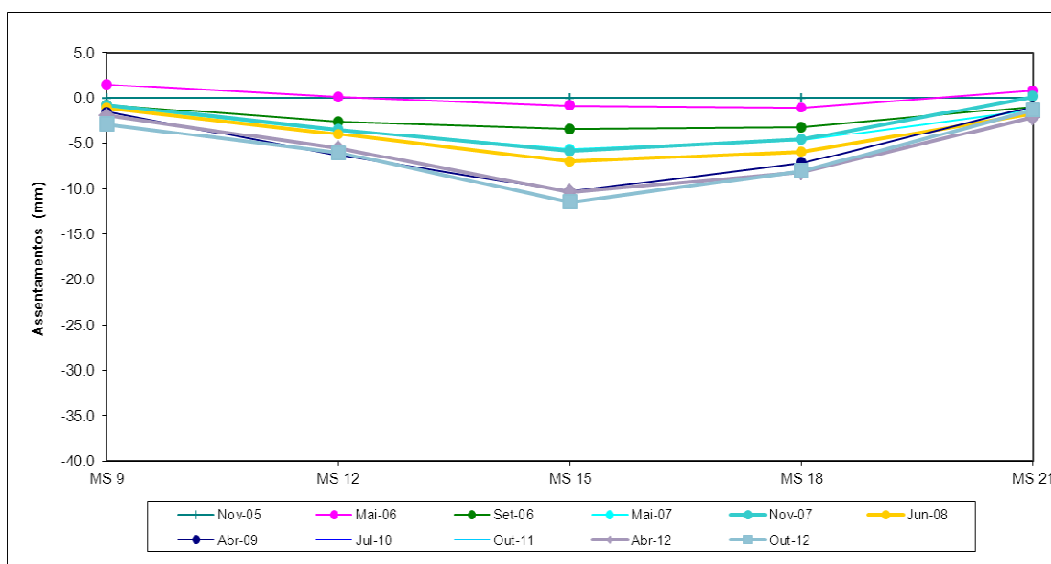


Figura 5.9 - Assentamentos na banquetta intermédia do corpo principal

3 - PORTELA ME1

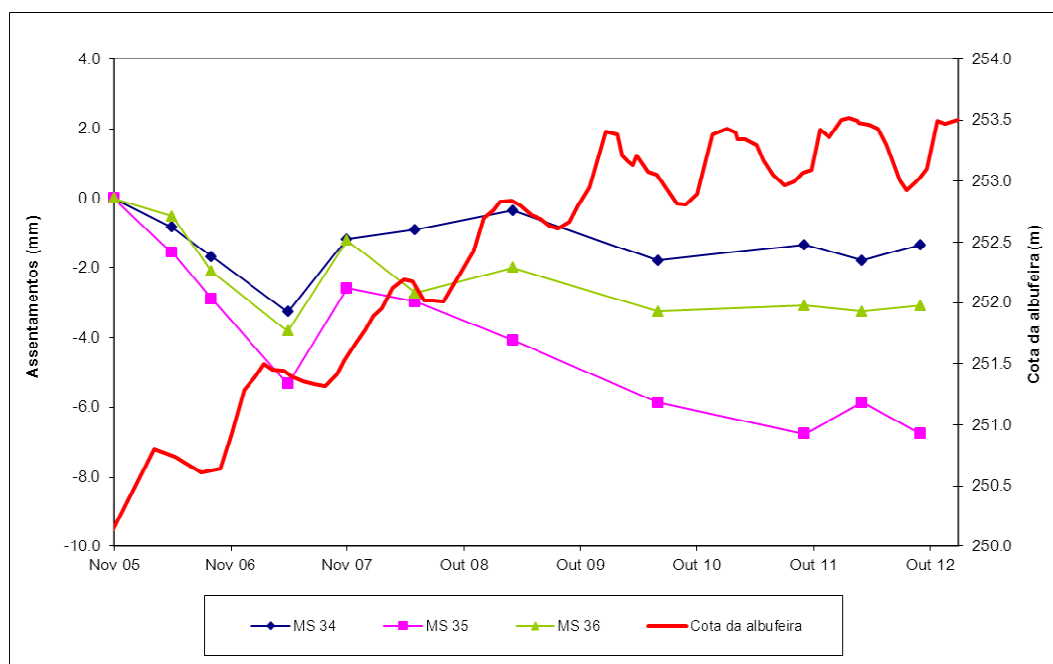


Figura 5.10 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela ME1

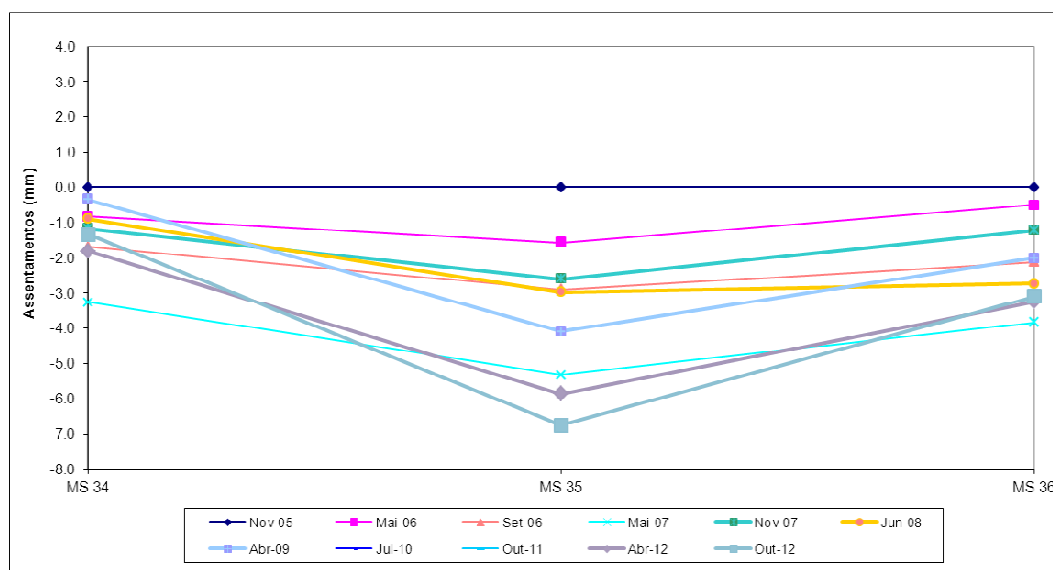


Figura 5.11 - Assentamentos no coroamento da portela ME1

ANEXO 5 (8/9)

4 - PORTELA ME2

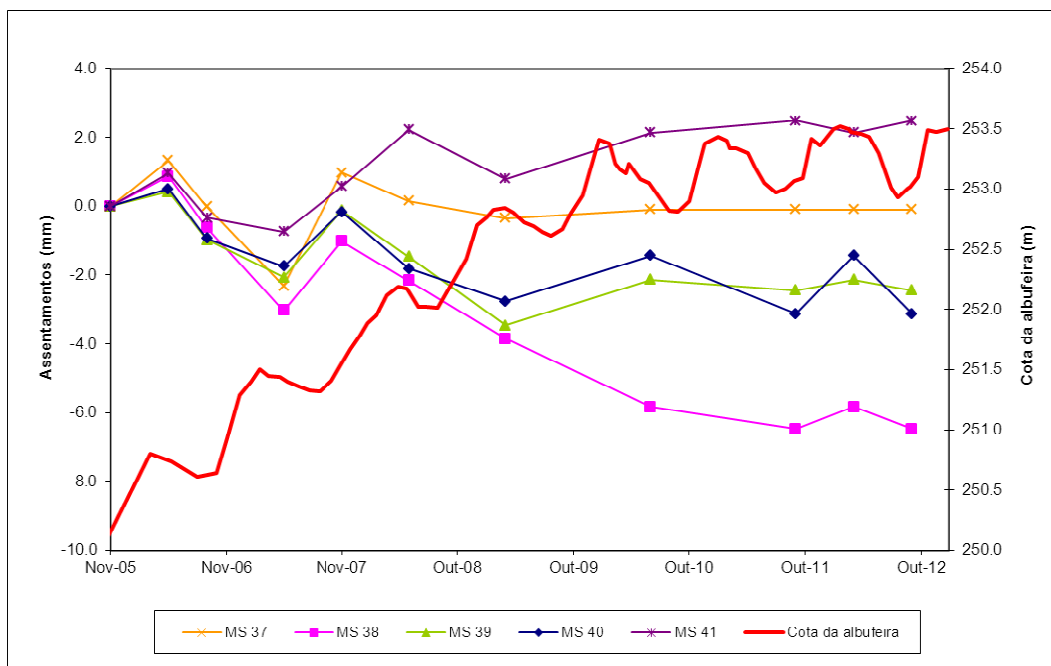


Figura 5.12 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela ME2

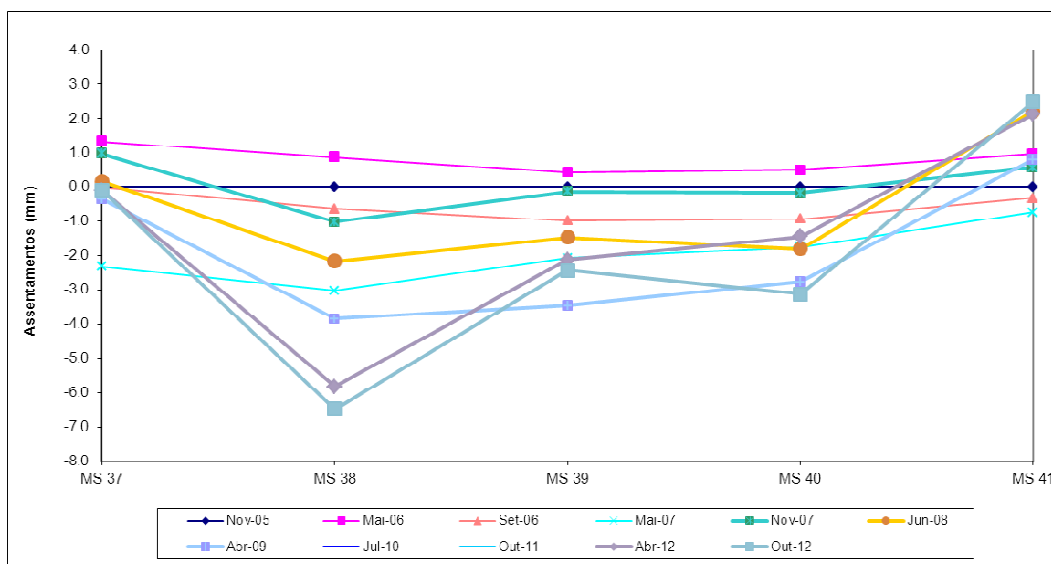


Figura 5.13 - Assentamentos no coroamento da portela ME2

DESLOCAMENTOS SUPERFICIAIS HORIZONTAIS

NOTAS:

- Os deslocamentos horizontais apresentados nos gráficos das várias zonas do aterro (Figuras 6.1, 6.3, 6.4, 6.5, 6.9 e 6.11) estão ampliados 2000 vezes; nestes gráficos a escala dos M e P está à escala real;
- Nos referidos gráficos apresenta-se uma escala gráfica correspondente a 10 mm de deslocamento horizontal;
- Nos gráficos onde se apresentam os deslocamentos superficiais de cada marca encontra-se representado a castanho o alinhamento do coroamento e com um ponto cor-de-laranja a última leitura;
- Dada a construção dos diques no interior da albufeira, apenas foi possível medir os deslocamentos superficiais horizontais nas banquetas do corpo principal.

1 - PORTELA MD

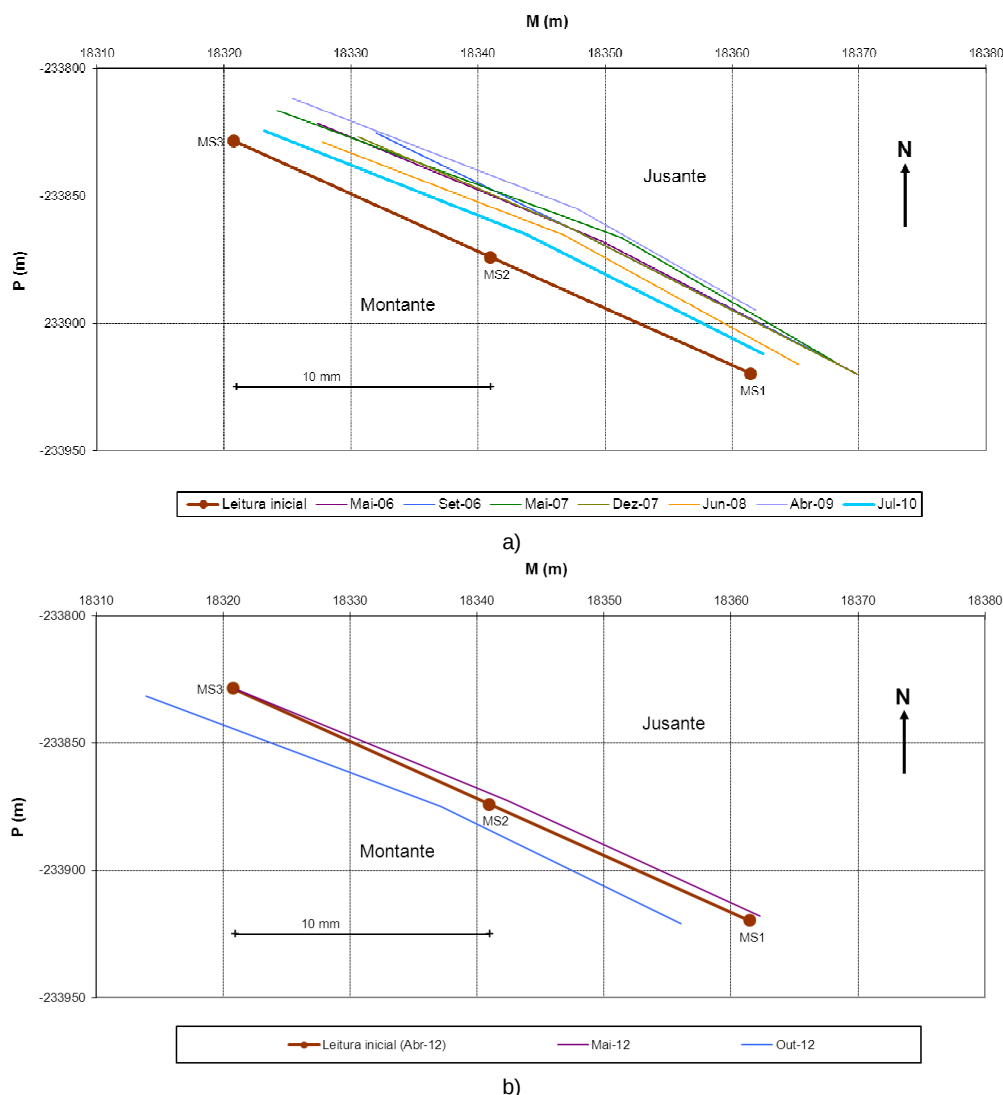


Figura 6.1 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento da portela MD: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (2/14)

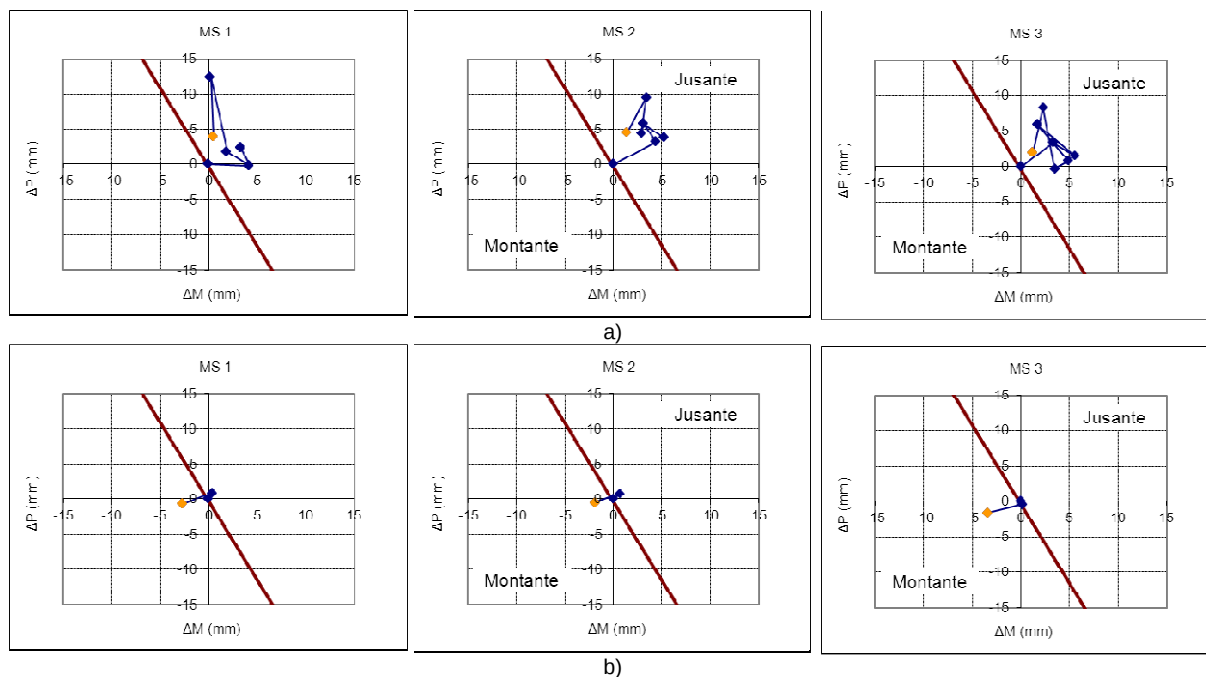


Figura 6.2 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento da portela MD: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

2 - CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL

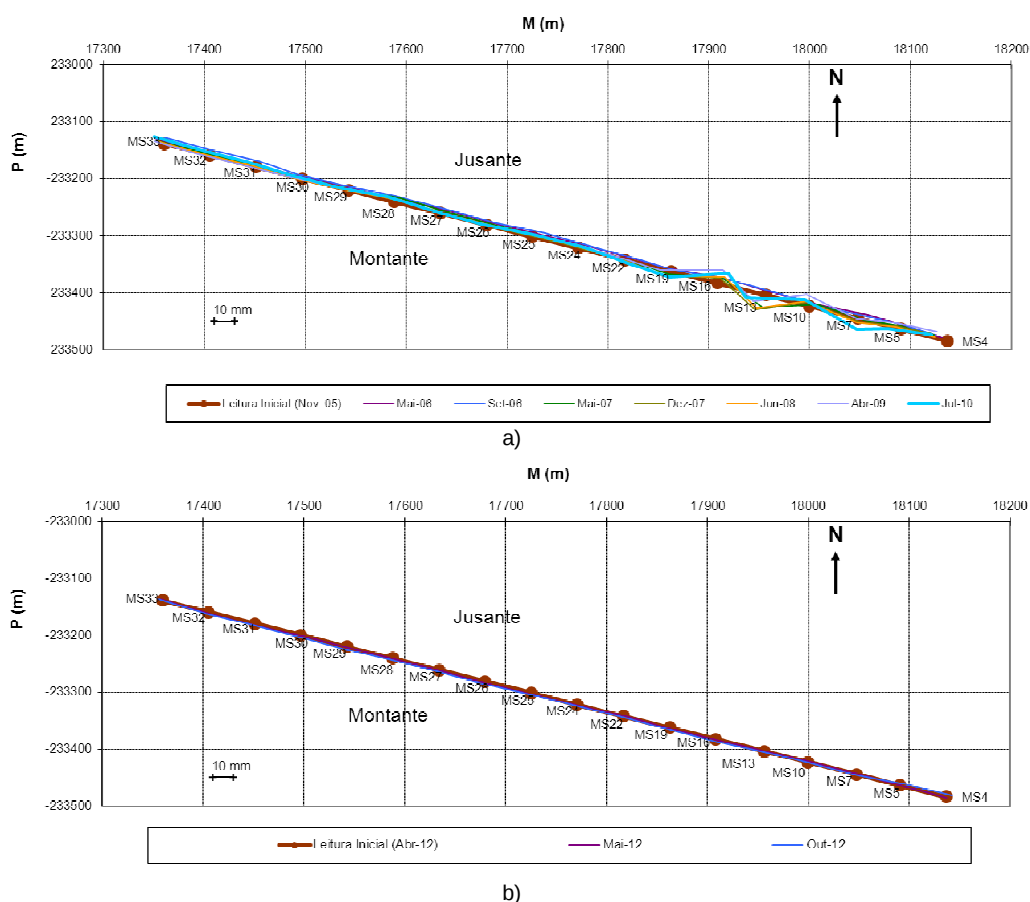


Figura 6.3 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (4/14)

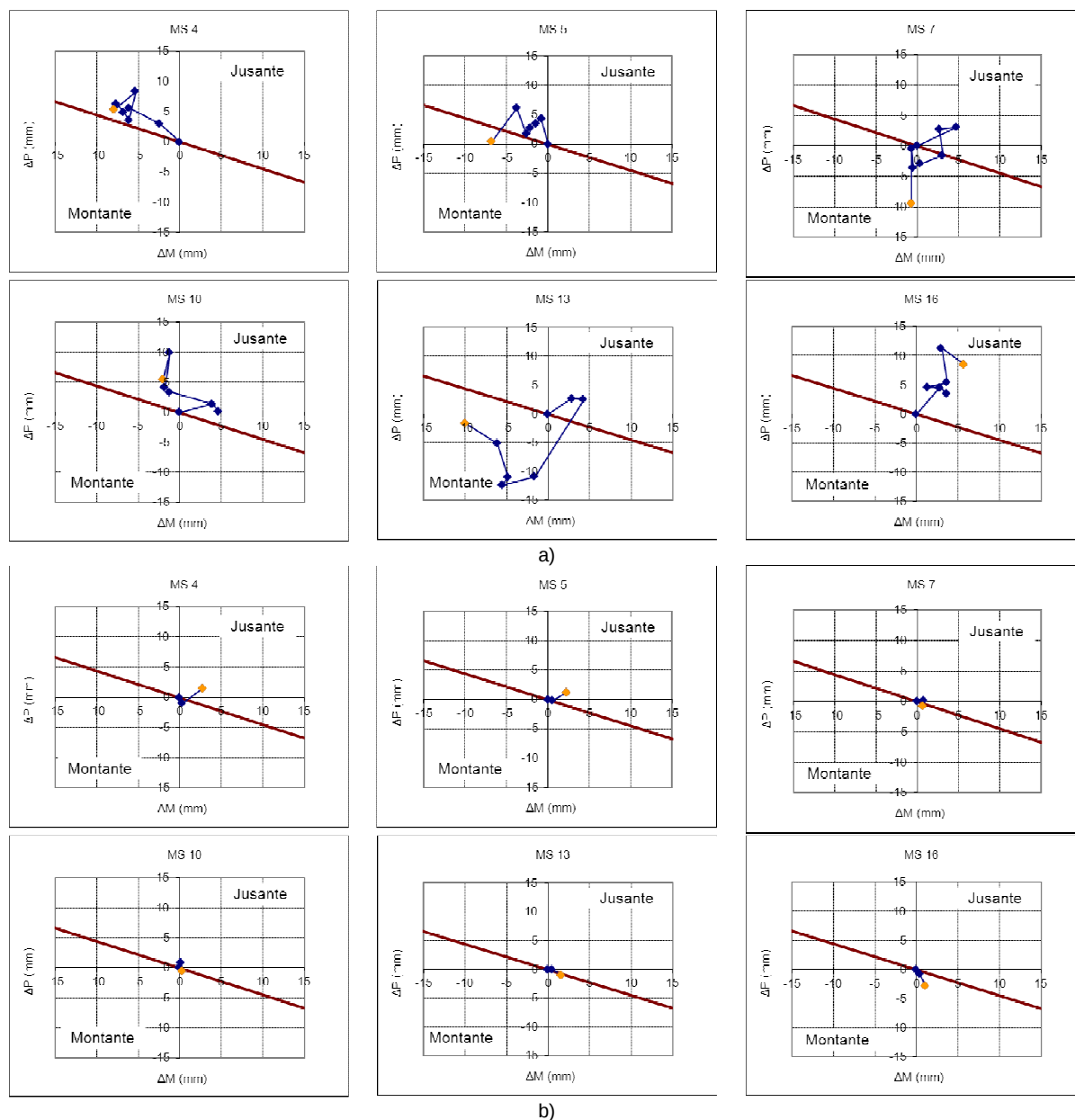


Figura 6.4 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

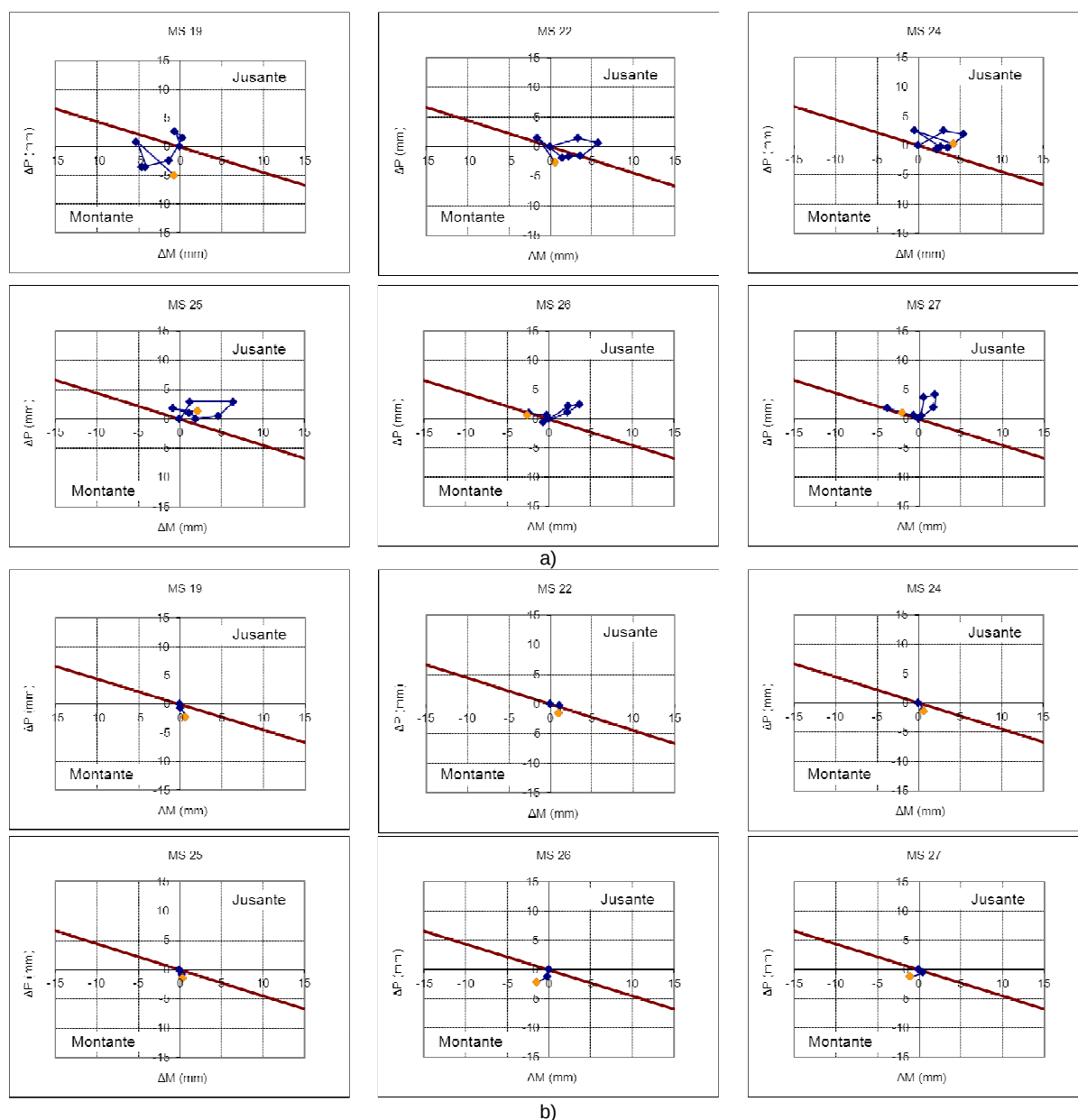


Figura 6.4 (continuação) – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (6/14)

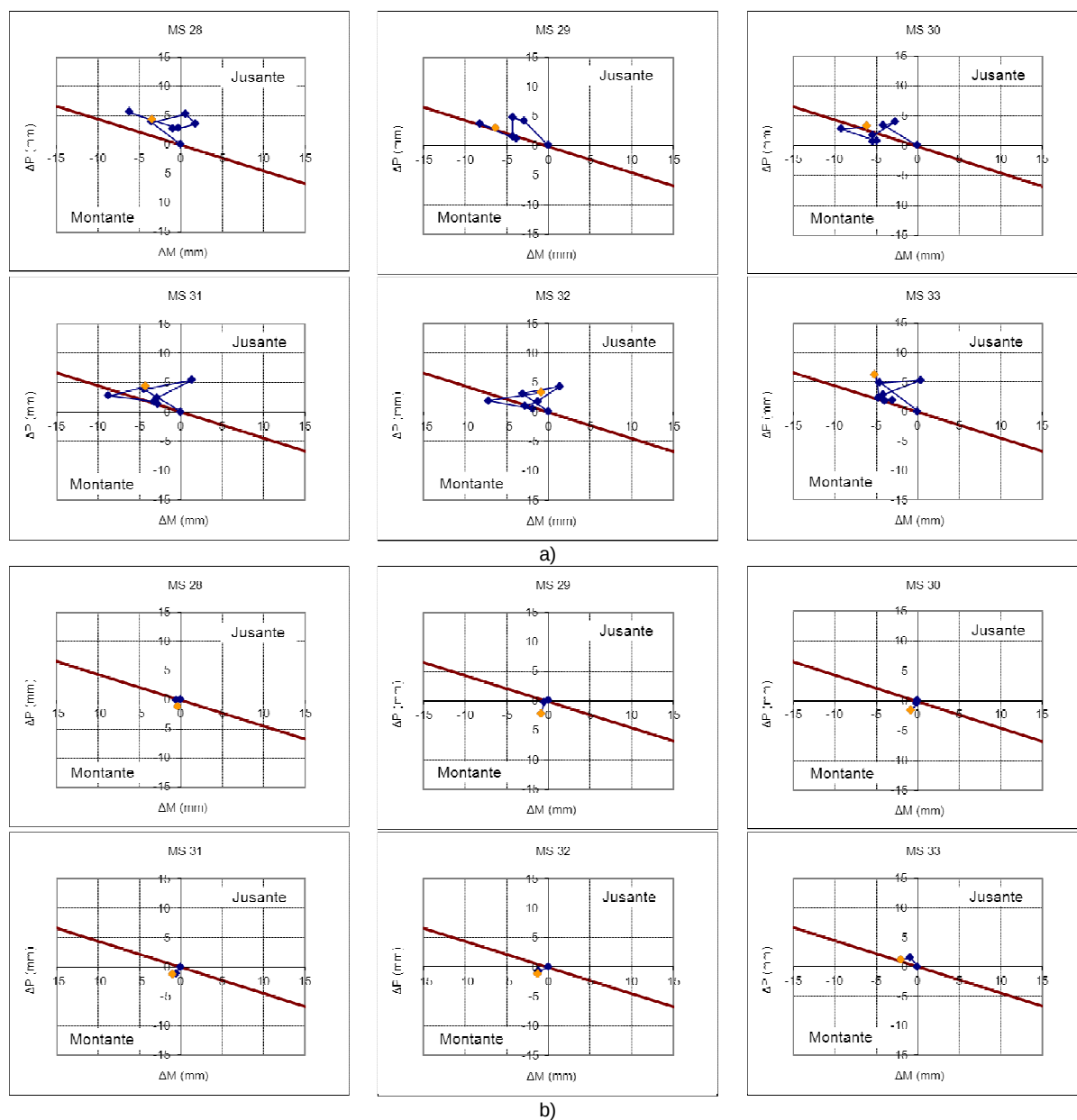


Figura 6.4 (continuação) – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

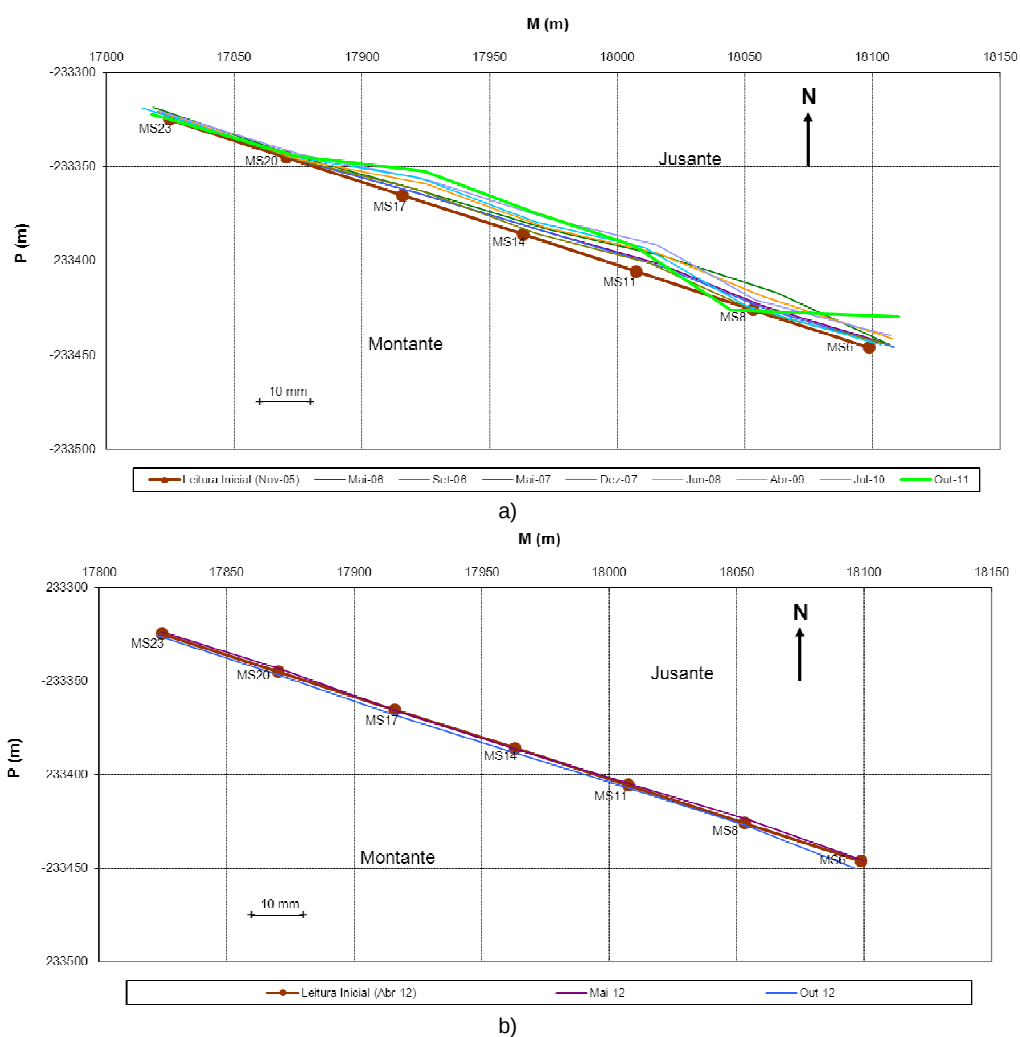


Figura 6.5 – Deslocamentos superficiais horizontais na banquetta superior do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (8/14)

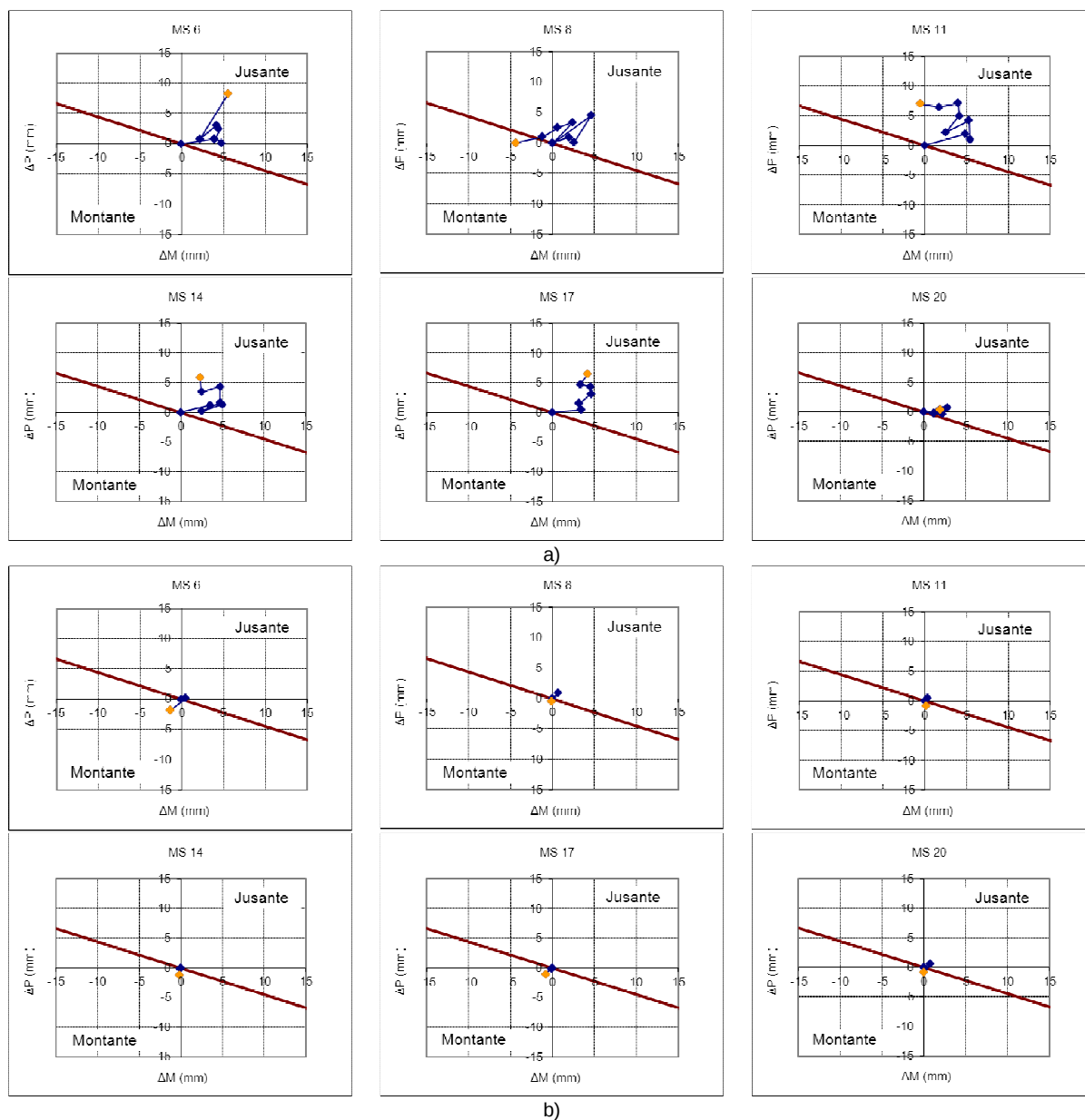


Figura 6.6 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da banquetta superior do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

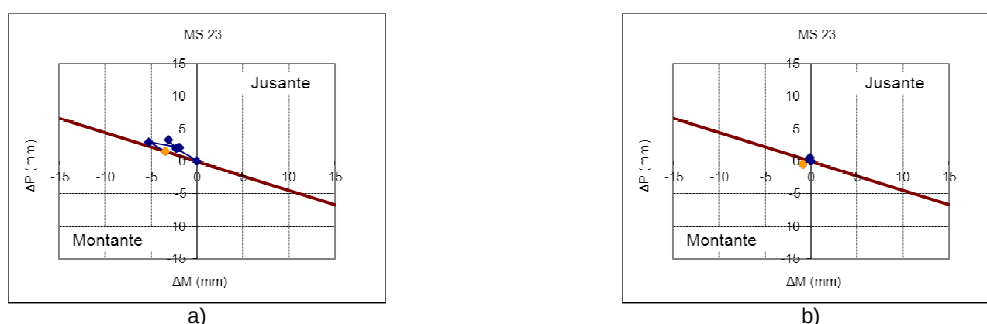


Figura 6.6 (continuação) – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da banquetta superior do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

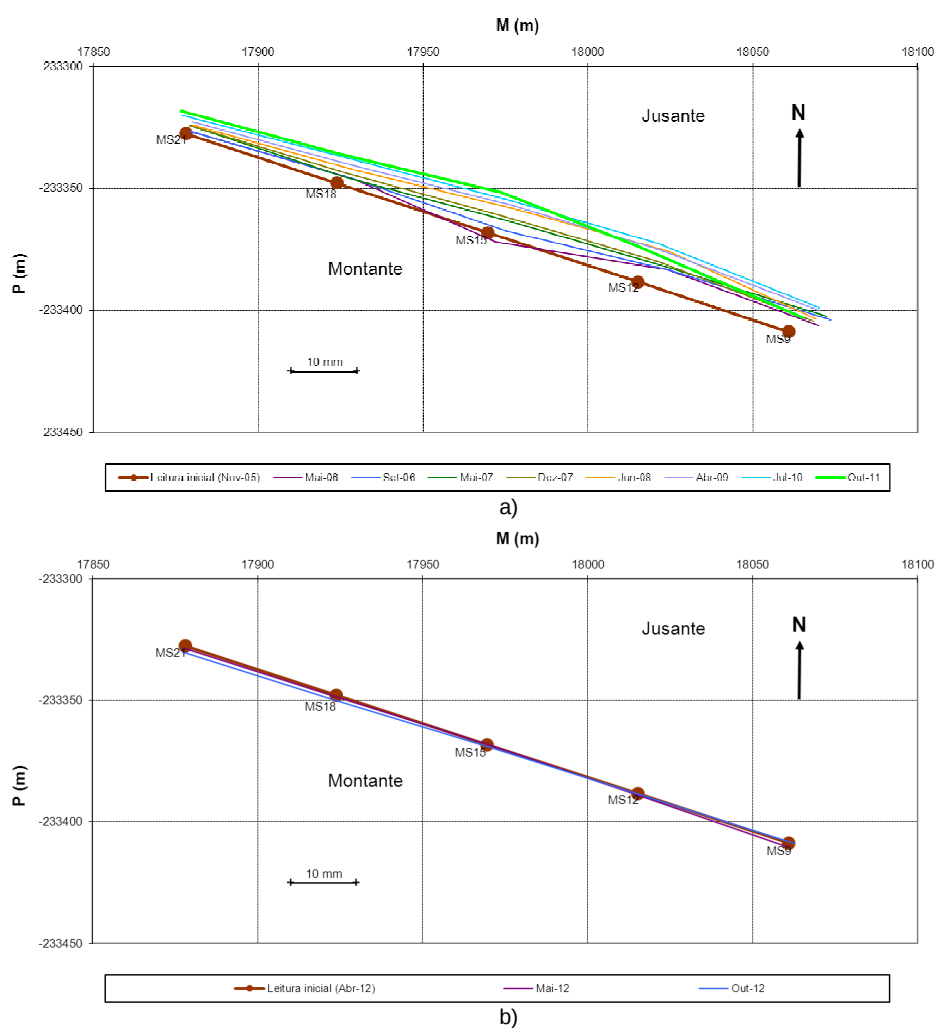


Figura 6.7 – Deslocamentos superficiais horizontais na banquetta intermédia do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (10/14)

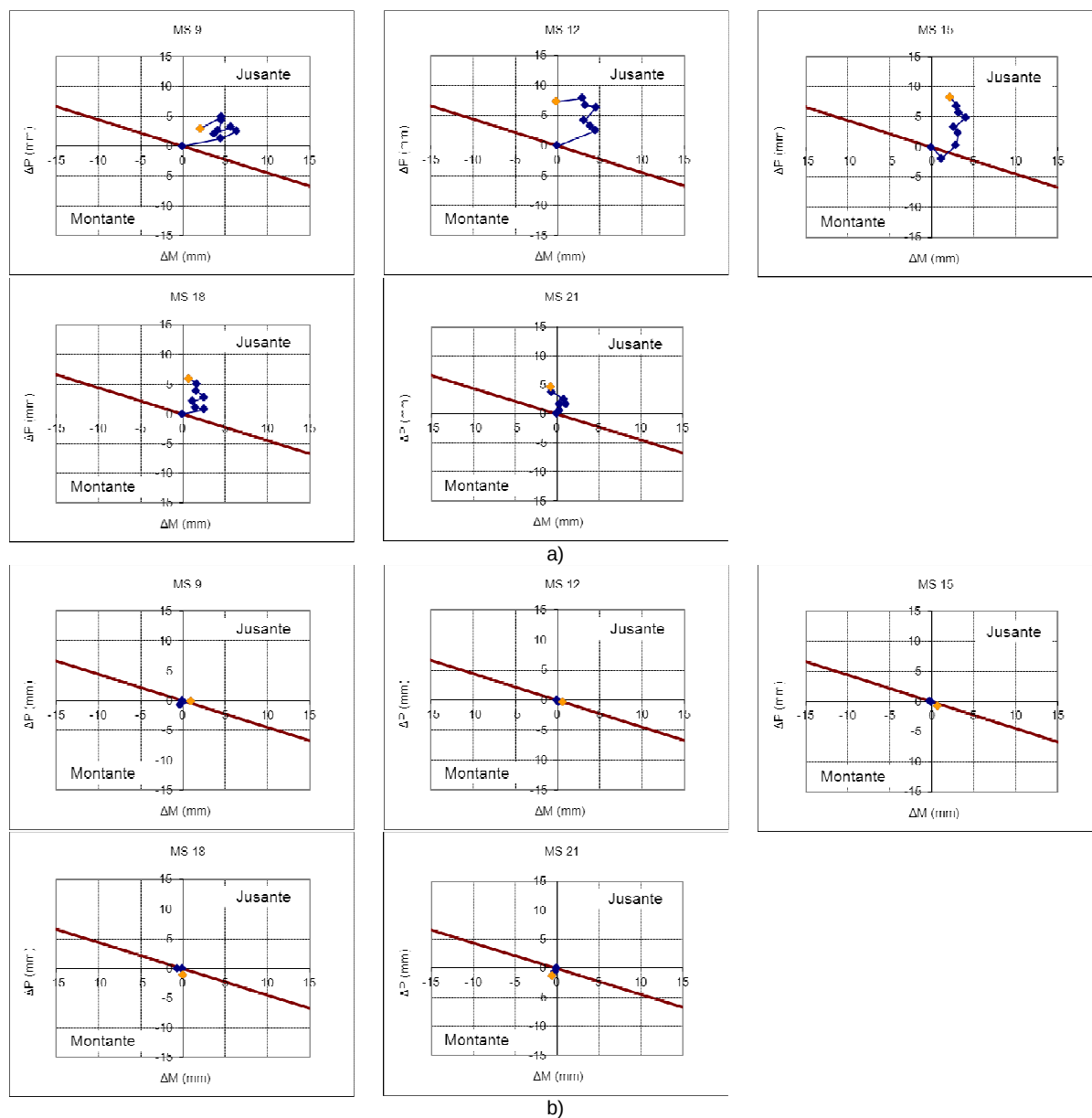


Figura 6.8 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da banquetta intermédia do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

3 - PORTELA ME1

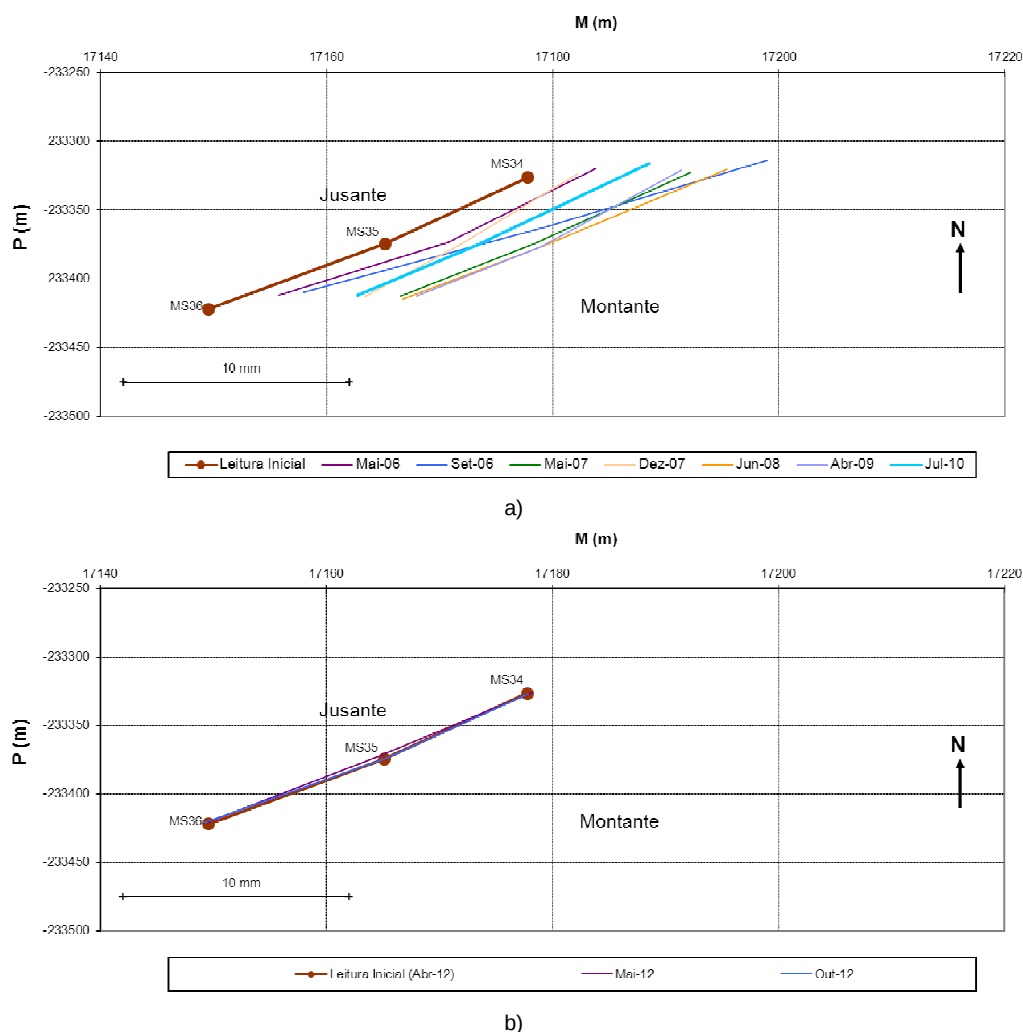


Figura 6.9 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento da portela ME1: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (12/14)

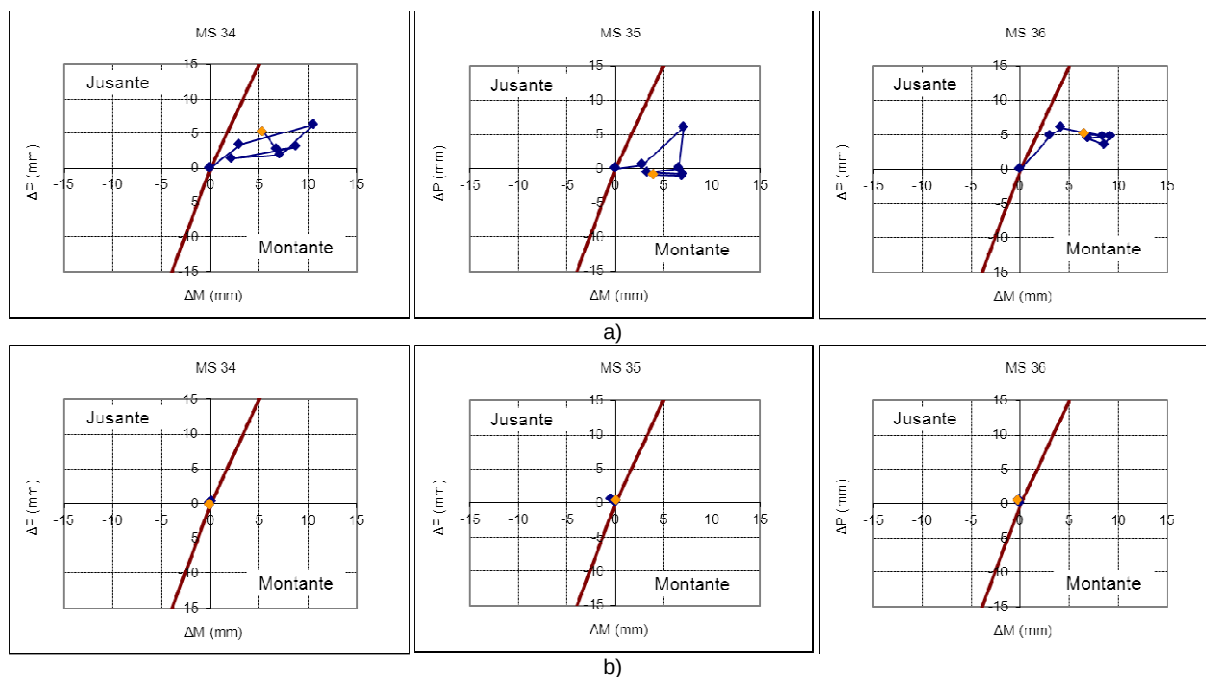


Figura 6.10 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da portela ME1: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

4 - PORTELA ME2

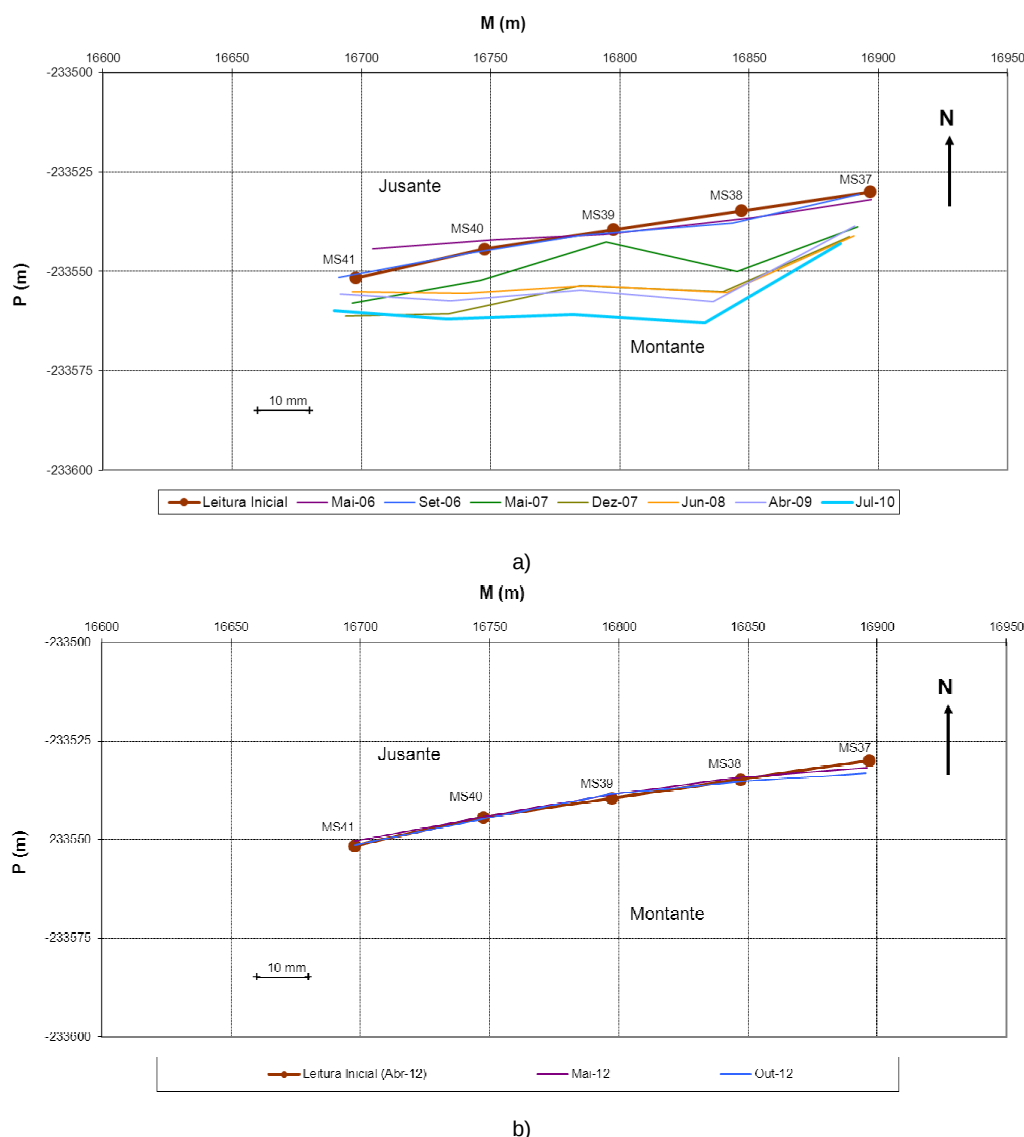


Figura 6.11 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento da portela ME2: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (14/14)

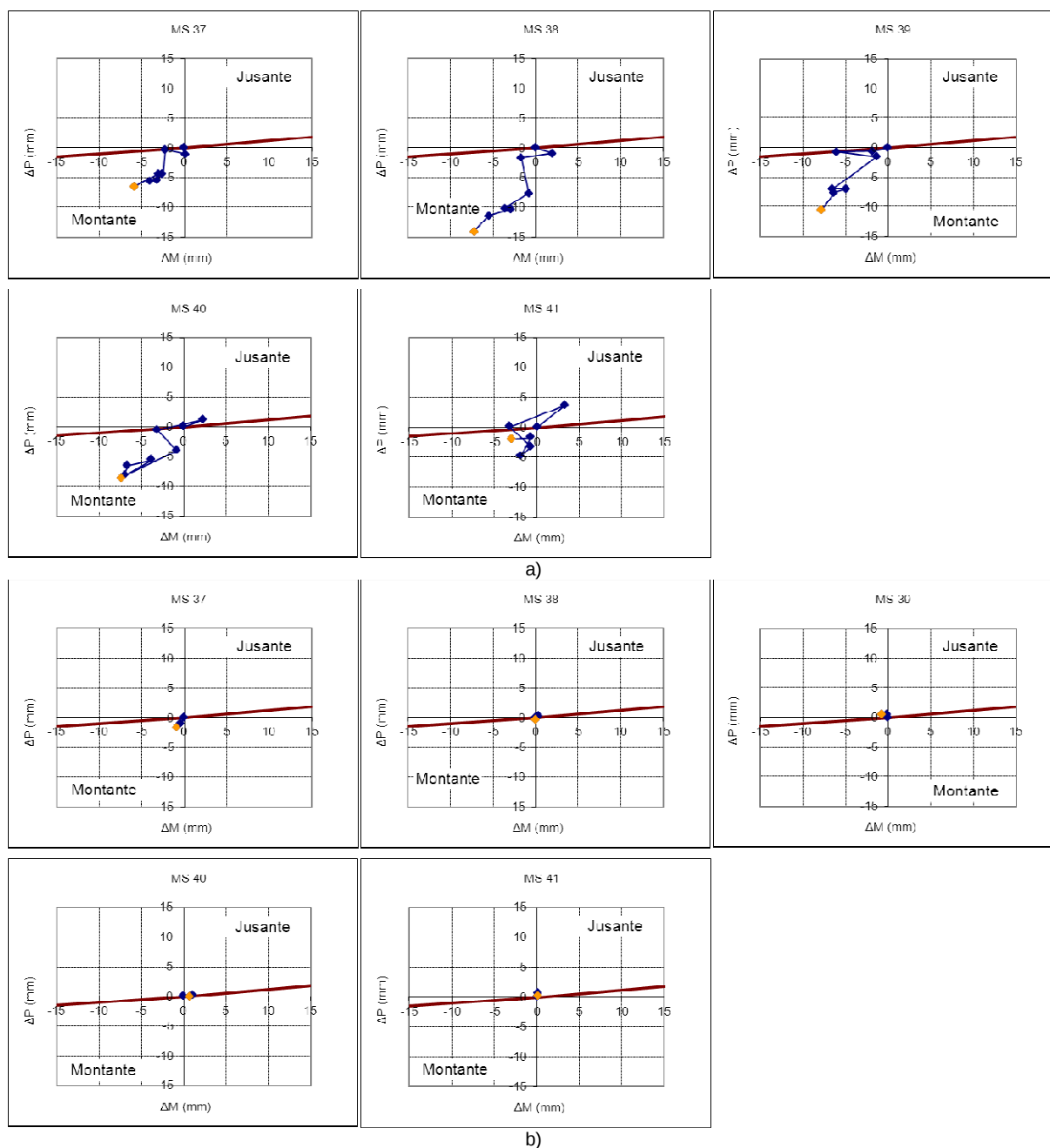


Figura 6.12 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da portela ME2: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

DESLOCAMENTOS INTERNOS

NOTA: Direcção A – transversal (montante-jusante); Direcção B – longitudinal

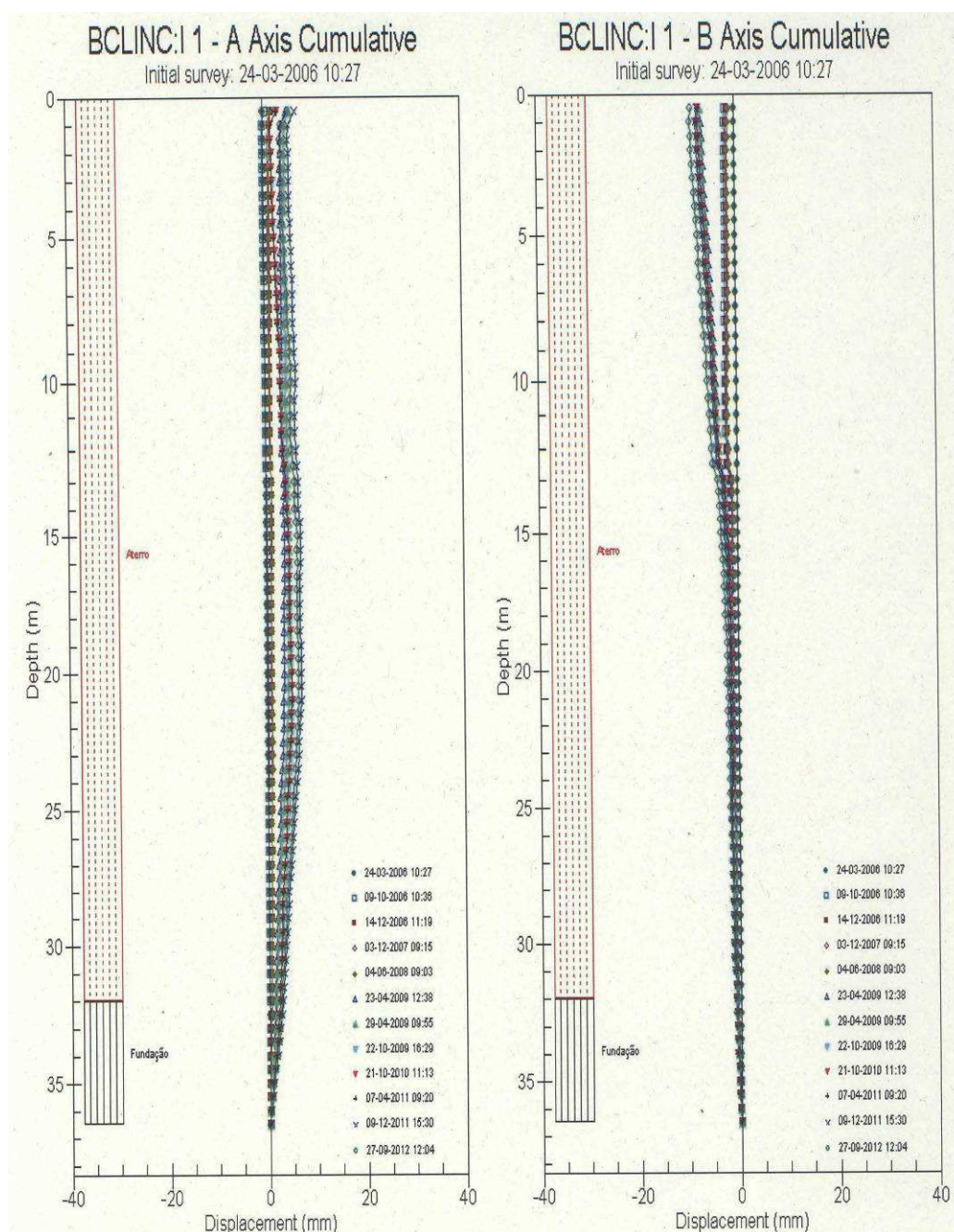


Figura 7.1 – Deslocamentos acumulados no inclinómetro I1

ANEXO 7 (2/8)

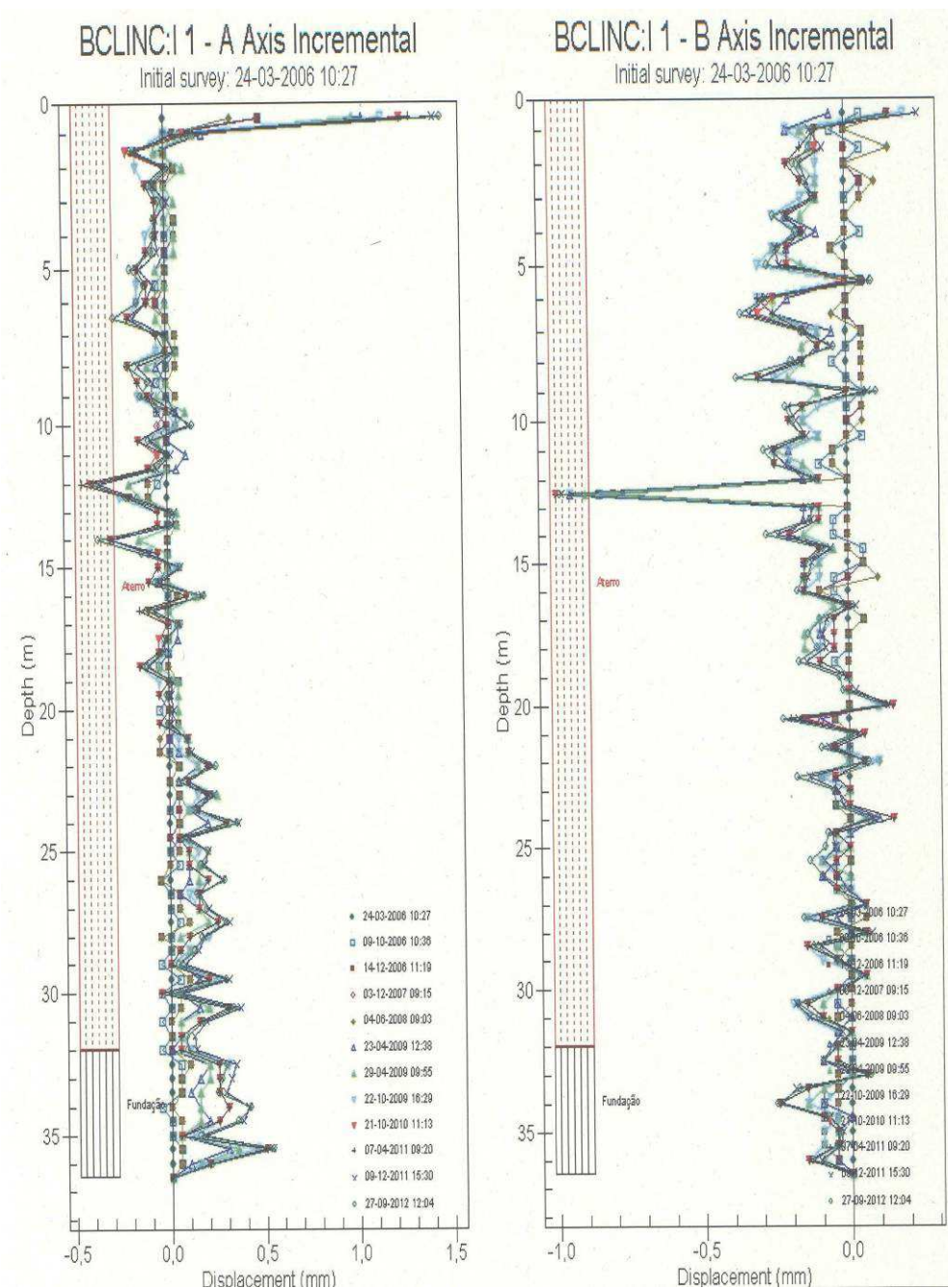


Figura 7.2 – Deslocamentos incrementais no inclinômetro I1

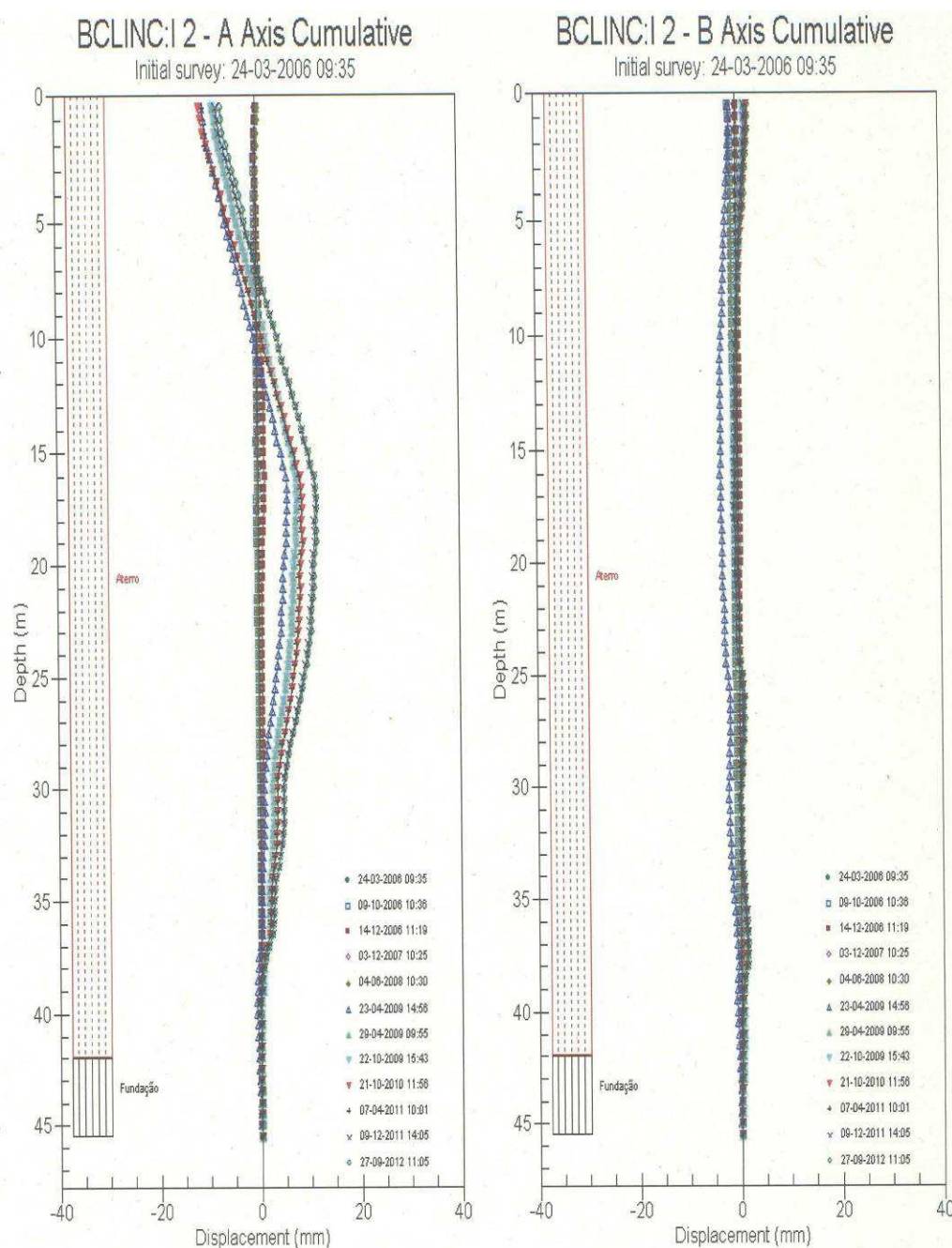


Figura 7.3 – Deslocamentos acumulados no inclinômetro I2

ANEXO 7 (4/8)

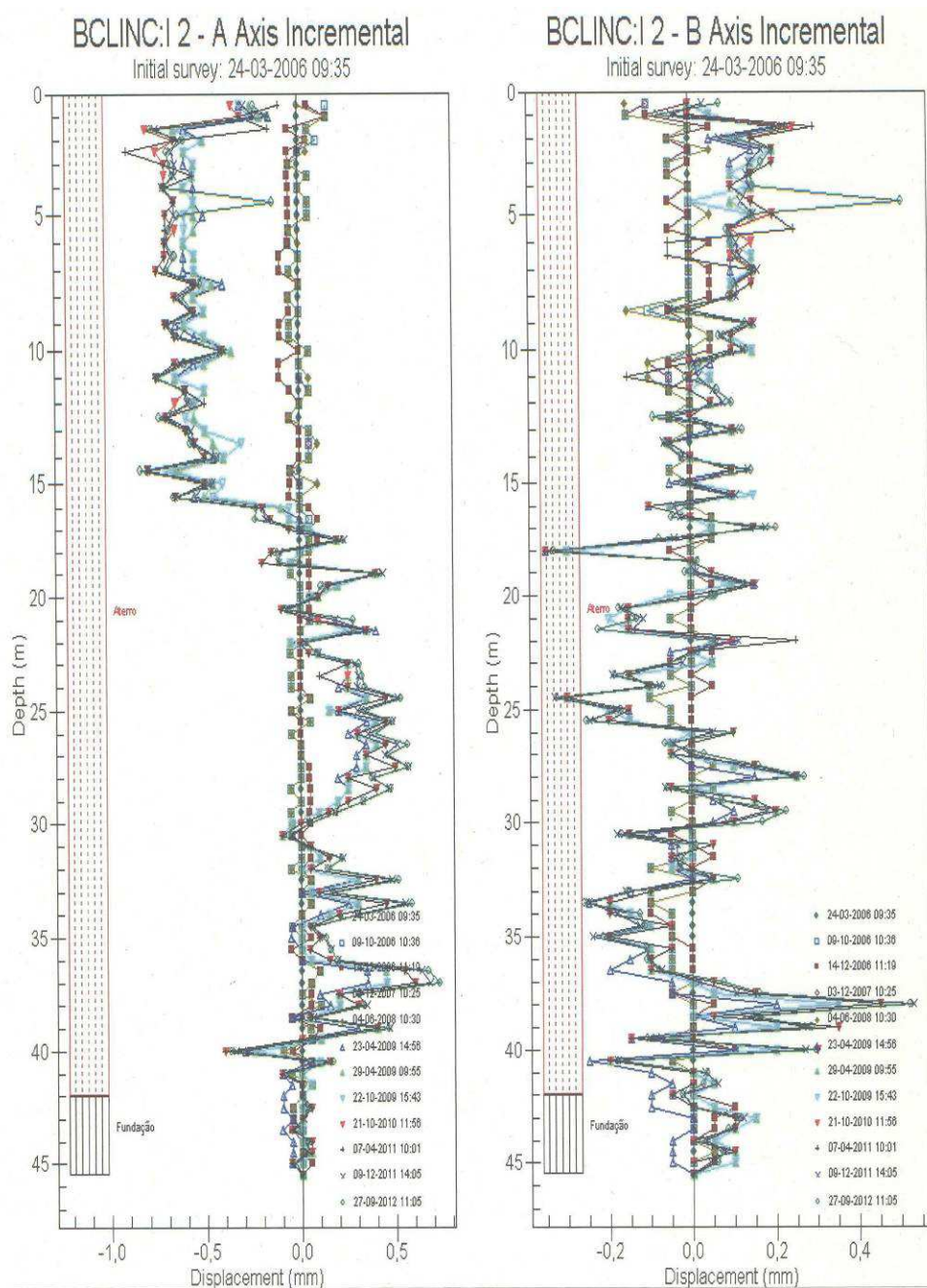


Figura 7.4 – Deslocamentos incrementais no inclinômetro I2

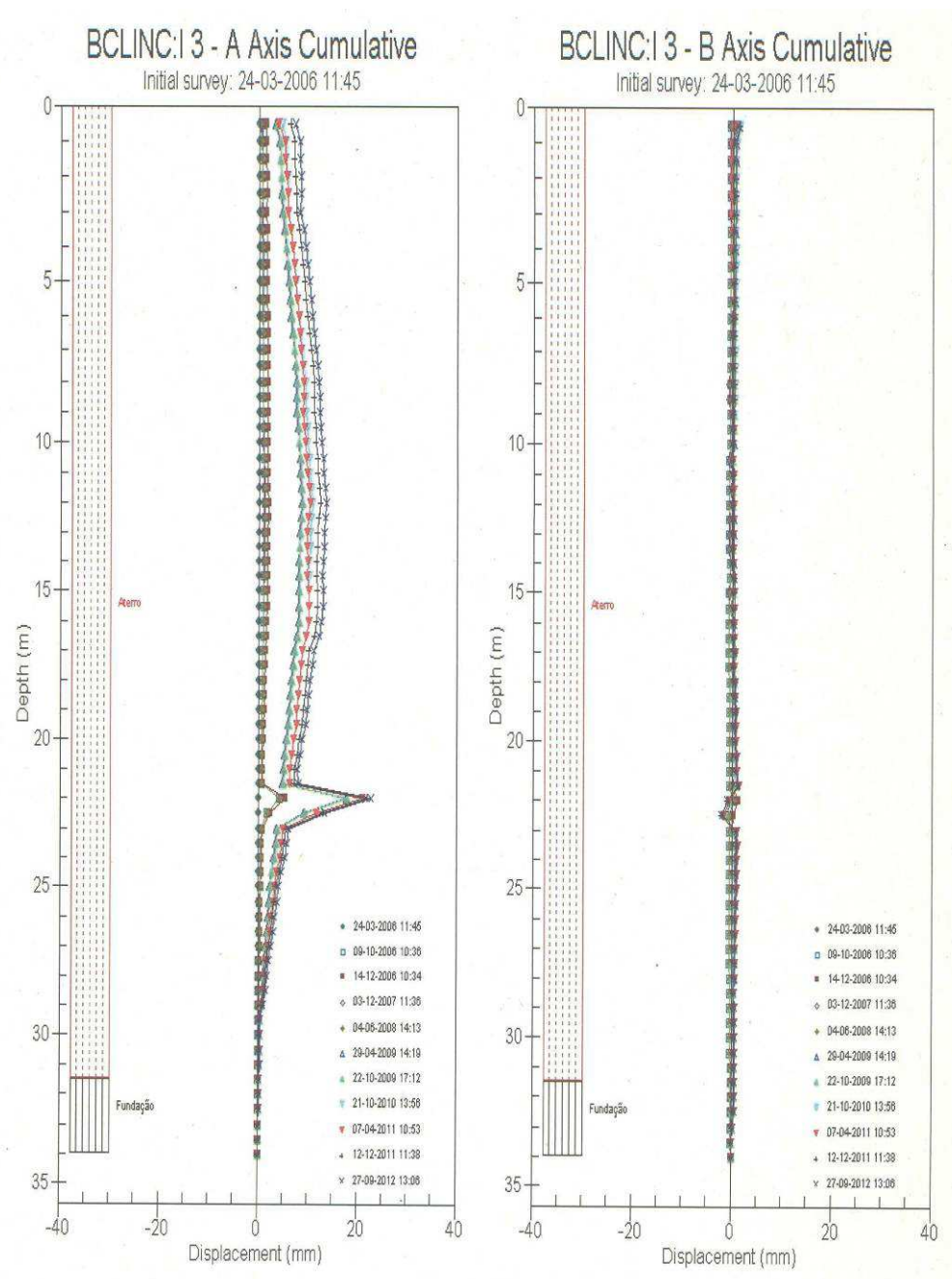


Figura 7.5 – Deslocamentos acumulados no inclinômetro I3

ANEXO 7 (6/8)

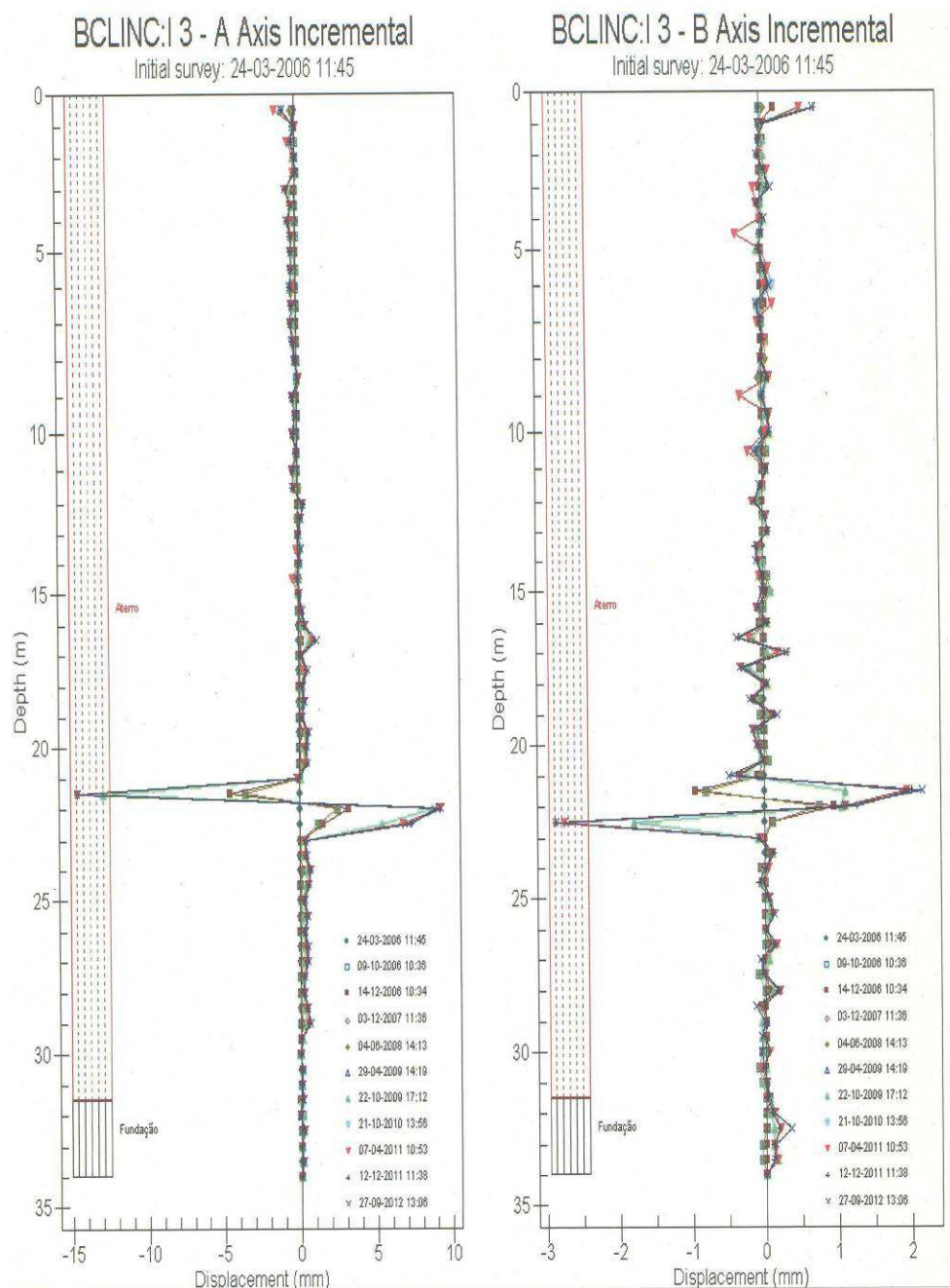


Figura 7.6 – Deslocamentos incrementais no inclinômetro I3

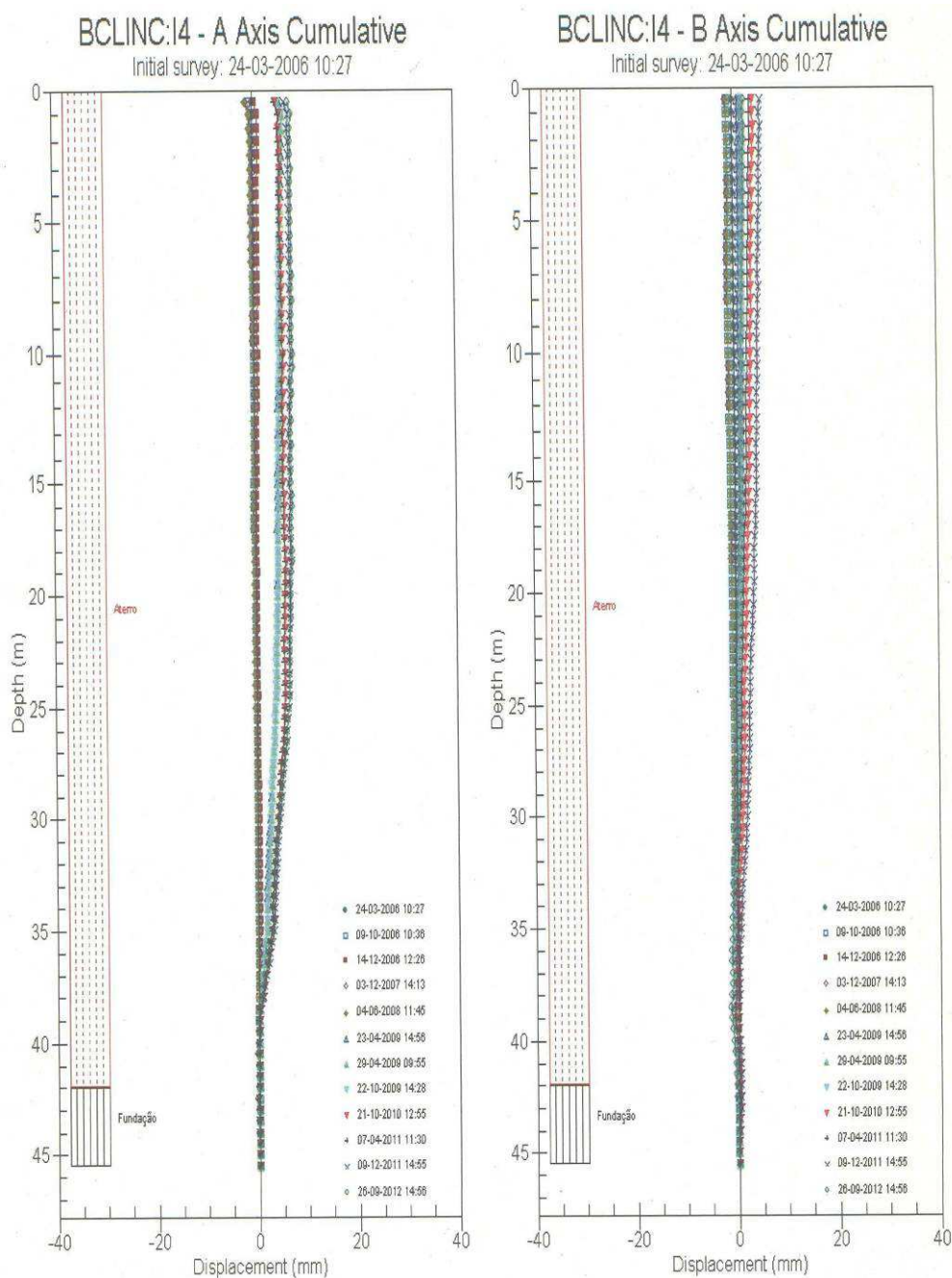


Figura 7.7 – Deslocamentos acumulados no inclinômetro I4

ANEXO 7 (8/8)

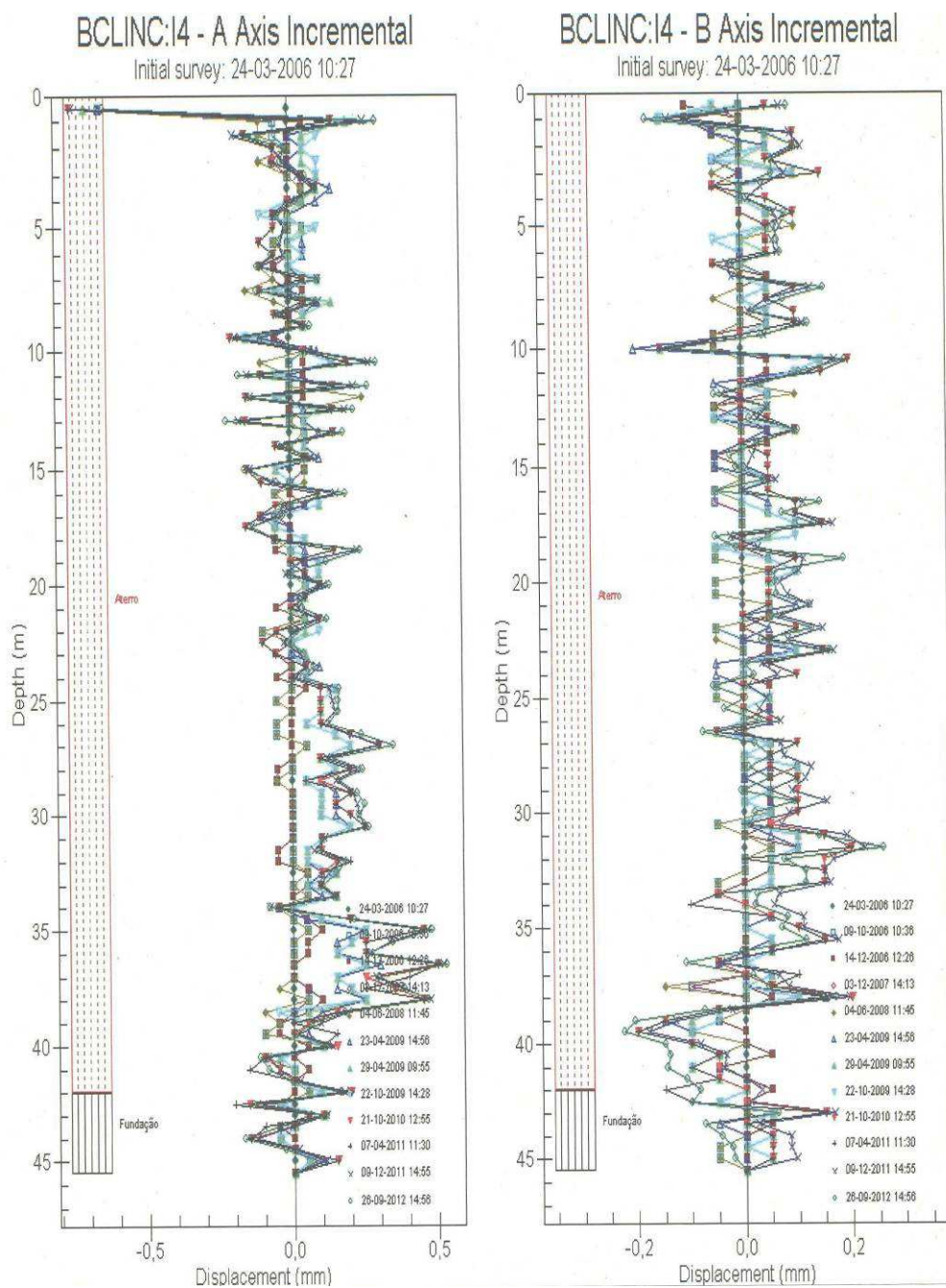


Figura 7.8 – Deslocamentos incrementais no inclinômetro 14

PLANTA ACTUAL DA INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO (JANEIRO 2013)

