

ANÁLISE DE EQUIPAMENTOS PARA MONITORAMENTO DE NÍVEIS ESTÁTICOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Mickaelon Belchior Vasconcelos¹; Ney Gonzaga de Sousa ²;

Claudio César Aguiar Cajazeiras¹ Liano da Silva Veríssimo¹

Resumo - A rede de monitoramento das águas subterrâneas implantada e operada pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil, vem utilizando três tipos de equipamentos de acordo com o seu método de aquisição de informações: borbulhamento (injetor de ar); boia e contrapeso e transdutor de pressão com compensação barométrica. Os requisitos essenciais para uso destes equipamentos é que os mesmos devem coletar informações de nível d'água a cada hora, possuir memória armazenadora de dados suficiente para mais de 6 meses, possuir suprimento energético próprio e ter o tamanho que se adapte ao tubo de revestimento do poço monitorado. Os equipamentos utilizados possuem dimensões físicas diferenciadas, e em decorrência da metodologia de cada um, possuem também vantagens e limitações diferenciadas. Dentre as três metodologias apresentadas, as que possuem maiores possibilidades de utilização trata-se do sistema de boia e contrapeso e transdutor de pressão. A inexistência de esgotamento energético nos equipamentos transdutores de pressão em teste impossibilita uma análise mais precisa quanto ao custo benefício do mesmo. A partir da análise realizada, verifica-se que cada metodologia deve ser analisada pelo usuário para identificar o que melhor se adapta a sua situação, e na ausência de equipamentos, recorrer as medições de níveis pelo método manual.

Palavras-Chave - Equipamentos, Monitoramento, Nível estático.

Abstract - The groundwater monitoring network deployed and operated by the CPRM - Geological Survey of Brazil, comes with three types of equipment according to their method of acquiring information: bubbling; floater and counterweight and a pressure transducer. The essential requirements for use of these devices is that they must collect information from water level every hour, have memory enough to store more than 6 months data have its own power supply and have the size that suits the casing the monitored well. The equipment used have different physical dimensions, and due to the each methodology, also have different advantages and limitations. Among the three methodologies presented, which have higher possibilities of using it is the float and counterweight and pressure transducer system. The lack of energy depletion in the pressure transducer test equipment precludes a more precise analysis on the cost benefit of the same. From the analysis, it appears that each methodology should be examined by the user to identify what best to your situation, and lack of equipment, use manual methods to measurements of levels.

¹ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/ Serviço Geológico do Brasil, Residência de Fortaleza - REFO; Av. Antônio Sales, 1418, Bairro Joaquim Távora, Fortaleza - Ceará; mickaelon.vasconcelos@cprm.gov.br; claudio.cajazeiras@cprm.gov.br;liano.verissimo@cprm.gov.br.

² Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM/ Serviço Geológico do Brasil, Residência de Teresina - RETE; Teresina - Piauí; ney.gonzaga@cprm.gov.br

1 - INTRODUÇÃO

A Rede de Monitoramento das Águas Subterrâneas implantada e operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) a partir de 2009, já se consolida nacionalmente como um meio estruturado de aquisição de dados padronizados dos principais aquíferos Brasileiros, sendo publicados alguns resultados como Vasconcelos & Mourão (2010); Freitas & Goffermann (2010); Santos *et al.* (2012) e Genaro *et al.* (2013). Com aproximadamente 252 poços de monitoramento em 24 aquíferos (Genaro *et al.*, 2013), representa uma realidade na caracterização sazonal de variações da zona saturada dos aquíferos.

No ano de 2010 foi publicado pelo Ministério do Meio Ambiente, através do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) a Resolução nº 107 (BRASIL, 2010), que “*estabelece diretrizes e critérios a serem adotados para planejamento, implantação e operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas*”.

A aquisição das informações periódicas dos níveis estáticos dos aquíferos estão sendo realizadas através da utilização de três tipos de equipamentos:

- Transdutor de Pressão com compensação barométrica;
- Borbulhamento (injetor de ar);
- Sistema de boia e contrapeso.

Os requisitos essenciais para uso destes três tipos de equipamentos é que os mesmos possam coletar informações de nível d’água a cada hora; possuir memória armazenadora de dados suficiente para mais de seis (6) meses; suprimento energético independente; ter o tamanho que se adapte ao tubo de revestimento do poço monitorado, que no caso é igual ou superior a quatro polegadas.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar as características básicas de três tipos de metodologias utilizadas no monitoramento de aquíferos, e avaliá-las segundo suas características gerais, desde a instalação até a aquisição dos dados monitorados armazenados na sua memória.

2 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados apresentam dimensões físicas distintas, e em decorrência da metodologia de cada um, possuem também diferentes vantagens e limitações.

A limitação quanto ao uso de pilhas como fonte energética, está relacionada com a qualidade das mesmas, pois com as variações de temperatura no interior do poço, podem acelerar o desgaste avançado das mesmas, comprometendo a sua durabilidade, e em alguns casos extremos, liberar líquido que pode atingir o circuito elétrico do equipamento de monitoramento. Na figura 1 é

apresentado um detalhe para a problemática de vazamento de líquidos das pilhas, acarretando possíveis problemas para funcionamento do equipamento.



Figura 1 - Visualização do compartimento de pilha em um equipamento, após vazamento de líquido da mesma.

Todos os equipamentos utilizados possuem uma precisão milimétrica, sendo os mesmos aferidos constantemente com dados de medições de nível estático com equipamentos manuais.

Na figura 02 é apresentado um desenho esquemático das partes de cada tipo de equipamento utilizado, e posteriormente comentado as características básicas de cada princípio metodológico aplicado para a aquisição de dados.

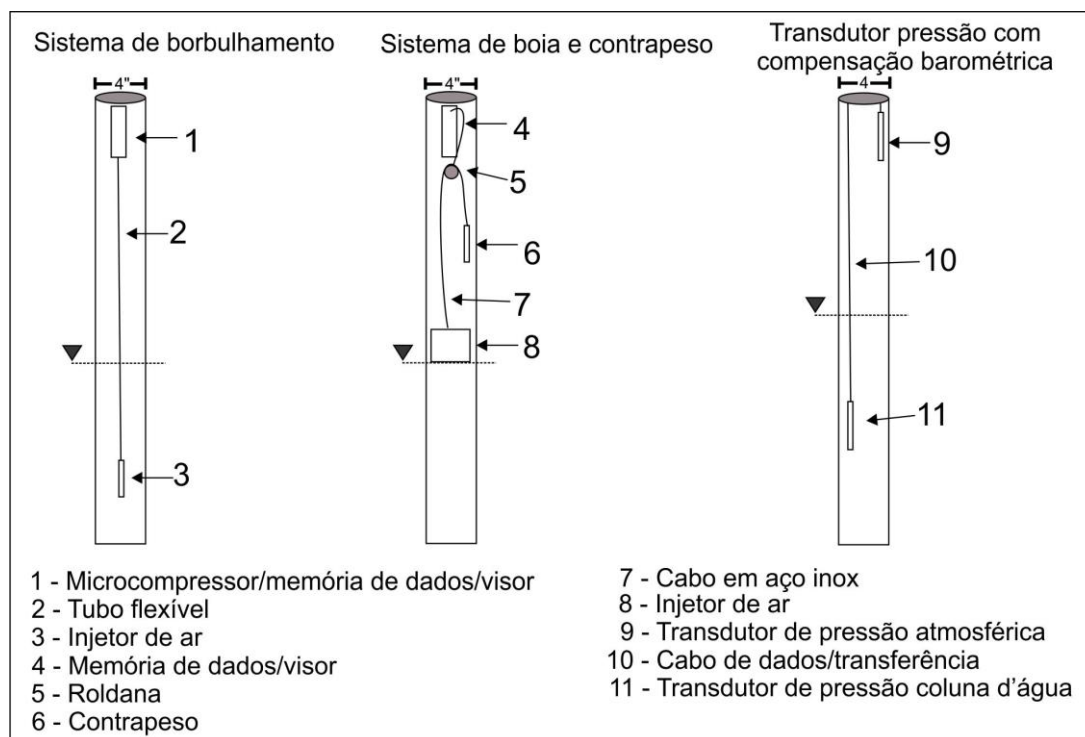


Figura 02 - Equipamentos utilizados para monitoramento de níveis das águas subterrâneas com suas indicações dos seus componentes em destaque.

- **Borbulhador ou injetor de ar**

Este equipamento possui um sistema que contém um microcompressor interno, capaz de gerar o deslocamento de ar, e com isso, detectar a variação do nível estático. Para realizar as medições, o mesmo fica instalado na boca do poço (inserido dentro do tubo de revestimento) sustentado por um suporte (Figura 3), e outra parte, a ponteira injetora de ar, fica submersa, conectada com componente principal através de um tubo flexível, responsável pela condução do ar que será injetado.



Figura 3 - Suportes de proteção para sustentar os equipamentos dentro do revestimento do poço. Para cada tipo de equipamento, existe um modelo de suporte.

Possui um tamanho suficiente para ser inserido em um tubo de revestimento de quatro polegadas, com sua alimentação energética realizada através de quatro pilhas alcalinas do tipo C (tamanho médio). Verifica-se, que pelas observações realizadas durante a utilização dos equipamentos instalados, o intervalo de troca das pilhas “seguro” é de no máximo cinco meses, utilizando um intervalo de coleta de 60 minutos.

A configuração do equipamento e a transferência dos dados do equipamento para o computador é realizada por infra-vermelho, sendo a configuração do *software* realizada com medidas calibradas com o medidor de nível d’água manual.

- **Sistema de Boia e Contrapeso**

Composto basicamente por uma boia em contato direto com o nível da água no poço interligada a um contrapeso através de um cabo que passa em uma roldana. A função da roldana é registrar as oscilações positivas e negativas dos níveis que serão armazenados na memória interna do equipamento (*data logger*).

A fonte de energia para funcionamento do equipamento, é feita através de uma (1) pilha do tipo C (tamanho médio), capaz de suprir as necessidades energéticas em período aproximado de 5 meses (variando de acordo com a qualidade da pilha), com uma configuração de coleta de informações de 60 minutos. Trata-se de um equipamento que requer medidas precisas do nível estático para a sua instalação, e suas limitações estão relacionadas às grandes variações do nível estático, o que em algumas situações pode gerar um travamento do sistema em decorrência de ambos (boia e contrapeso) não possuírem o empuxo suficiente para movimentá-los.

A configuração da programação do *software* requer algumas precauções em relação a sua unidade de medida, que para níveis iguais ou acima de 20 m, o *software* deve ser configurado para centímetros. A transferência dos dados é feita por infravermelho, sendo observados raras falhas de comunicação entre o *data logger* e o computador.

Este sistema foi testado em alguns poços, porém foram identificados problemas relativamente simples em relação à oxidação de prendedores do cabo de aço (Figura 4) e possíveis estrangulamento da boia no tubo do revestimento do poço. O processo de oxidação pode ser solucionado com o envolvimento da presilha de metal com uma fita emborrachada (Figura 5).

Existe uma nítida limitação deste equipamento no que refere-se ao diâmetro de revestimento do poço, pois a boia possui um diâmetro próximo de quatro (4) polegadas. Em níveis relativamente profundos, o cabo do medidor manual de nível, pode envolver o cabo da boia e/ou do contrapeso, ocasionando uma desconfiguração do equipamento.

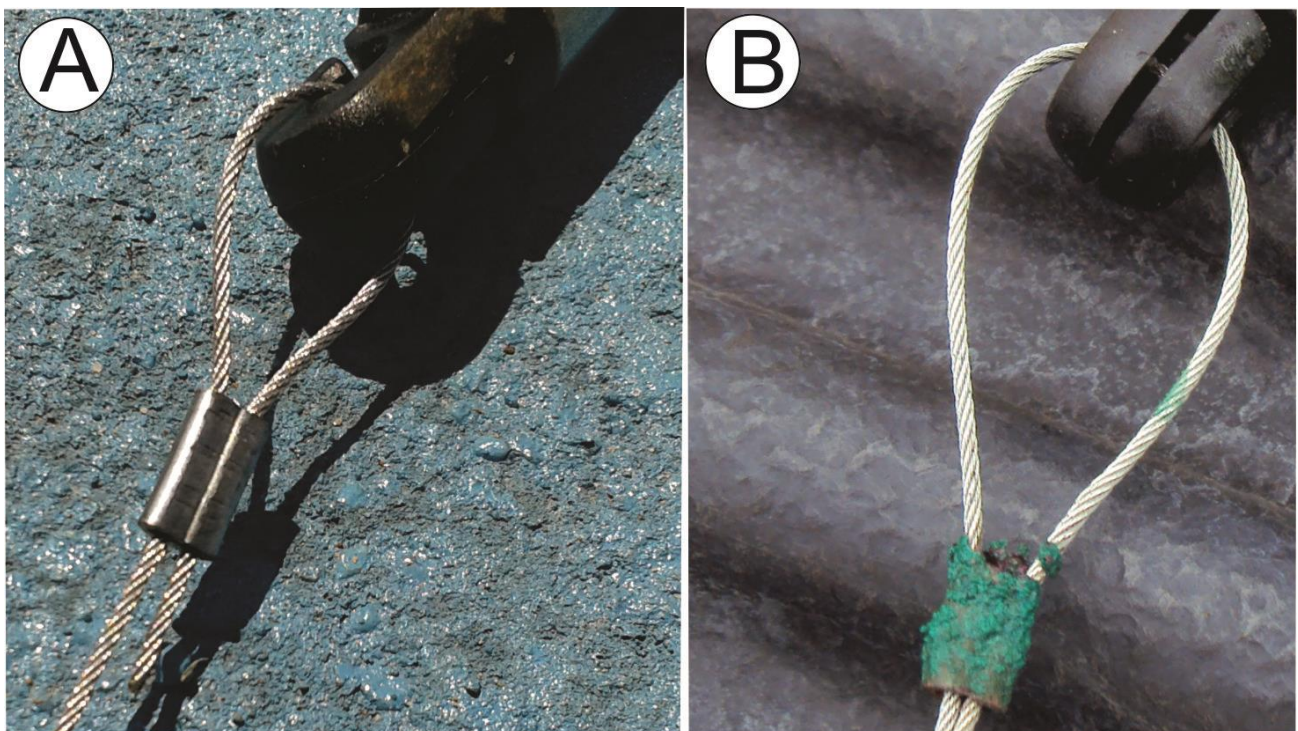


Figura 4 - Cabo de sustentação do contrapeso com detalhe para o processo de oxidação da presilha de fixação.

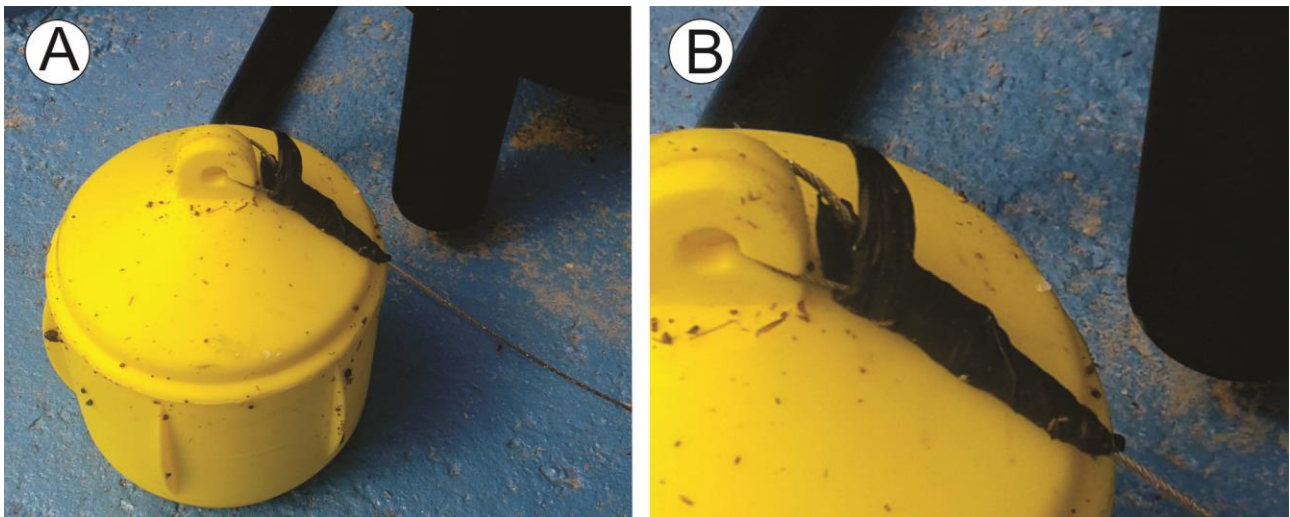


Figura 5 - Detalhe do revestimento em borracha envolvendo a presilha do cabo de sustentação da boia.

- **Transdutor de pressão com compensação barométrica**

O mecanismo básico deste equipamento trata-se do reconhecimento da variação na coluna de água existente sobre o mesmo. Possui um tamanho relativamente pequeno (inferior a 20 cm de comprimento e diâmetro de aproximadamente 3 cm), ocupando pouco espaço para transporte, e sem possibilidades aparentes de fragilidade. Em decorrência do cabo de dados ser acoplado ao transdutor, à quantidade de cabos pode representar um ponto negativo, pois os excedentes terão que serem colocados também dentro do poço, no caso de não ter a intenção de fragmentá-los. Uma saída para este problema é reduzir a quantidade de cabos excedentes.

A alimentação para funcionamento deste equipamento depende da vida útil da fonte de energia e intervalo de coleta de dados, porém estima-se em uma duração superior a 5 anos.

Os equipamentos utilizados são fixados na parte superior do tubo de revestimento do poço com o auxílio de um suporte (Figura 2) composto de barras rosqueada (1/4”) e chapa de polietileno (6 mm), sendo condicionado o excedente de cabos de dados não utilizados.

A programação do transdutor requer a aferição das medidas a partir de um medidor de nível estático manual, e posterior lançamento das informações através do *software* para o transdutor. A informação real dos níveis estáticos são obtidas através do ajuste dos dados para correções de dados atmosféricos a partir de um segundo transdutor instalado na boca do poço (parte externa da coluna d’água) que adquire informações das variações da pressão atmosférica. A extração dos dados é feita por conexão direta através de um “pino”, permitindo assim, que ocorram falhas de comunicação, quando ocorrer movimentação física dessa conexão.

Possui limitações de fabricação quanto à variação da coluna d’água dentro do poço, ou seja, para cada modelo de transdutor de pressão, existe uma pressão limitante “range”, o que assegura na qualidade do dado coletado.

3 - DISCUSSÕES

Em termos gerais, o sistema injetor de ar é bastante limitado, pois é aplicável somente para aquíferos com nível estático de até 10 metros.

O sistema de boia e contrapeso apresenta uma boa adaptação para qualquer profundidade, porém um dos principais fatores limitantes é o uso somente em poços com diâmetro superior a quatro polegadas e em condições de poços que não possuem significativas amplitudes de variações de níveis. Em decorrência de sua fonte energética ser feita com pilhas alcalinas do tipo C (tamanho médio), a sua substituição é de aproximadamente a cada quatro meses, e ou no máximo cinco meses. A qualidade destas pilhas é essencial para que as mesmas não danifiquem os equipamentos com vazamentos de líquidos. Uma desvantagem ambiental trata-se da quantidade de pilhas residuais acumuladas após a sua utilização nos equipamentos.

Uma das grandes vantagens do sistema de transdutor de pressão é a sua utilização em poços com diâmetros inferiores a quatro polegadas, porém possui também limitações quanto a variações significativas do nível estático do aquífero, ou seja, cada equipamento possui uma faixa limite máxima de coluna d'água que pode ser exercida sobre o mesmo. Por ser uma cápsula blindada, o acesso a fonte energética está limitado a empresa fabricante do equipamento, desta forma, por ter uma vida útil, na maioria dos modelos, oscilando entre 5 e 7 anos, esse tipo de equipamento ainda deve ser avaliado quanto a relação custo-benefício.

4 - SOFTWARE PARA CONSISTÊNCIA DE DADOS E CARACTERÍSTICAS DAS VARIAÇÕES DE NÍVEIS DOS AQUÍFEROS

O monitoramento de um poço de observação, com a obtenção de 24 medidas diárias, representa uma caracterização detalhada de suas interferências ocorridas *in loco*. Diante dos efeitos causadores das variações, os mais comuns são: a) a variação natural em decorrência da recarga das chuvas; b) poços de produção em seu entorno, que poderão ter sua magnitude de interferência de acordo com a distância dos mesmos e volume bombeado, e c) variações de marés oceânicas em poços próximos ao litoral.

Os dados adquiridos pelos equipamentos de monitoramento da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas implantada e operada pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil, são processados em um *software* desenvolvido exclusivamente para a análise dos dados dos mesmos, informando dados discrepantes, dados brutos, dados sintetizados e dados consistidos. O software recebe a denominação de “Sistema Integrado Rimas Siagas – SIRS”, e o mesmo possibilita a importação dos dados brutos oriundo dos equipamentos de monitoramento, a sua validação,

visualização de arquivos com dados históricos e a sintetização de valores horários para diários (pelo cálculo da mediana) e envio a um servidor para armazenamento (Genaro *et al.* 2013).

Na figura 6 é apresentada um exemplo da variação dos níveis dos aquíferos monitorados. Pode-se verificar em A, a gradual redução dos níveis durante o monitoramento do aquífero Cabeças no município de Brasileira - Piauí, com uma redução de 25 cm em 12 meses, sem ocorrências de interferências, porém em B, também no monitoramento do aquífero Cabeças, no município de Castelo do Piauí, verifica-se nitidamente as interferências de poços próximos e a elevação máxima do nível ocorrida em maio de 2012, e posterior o processo de redução da zona saturada.

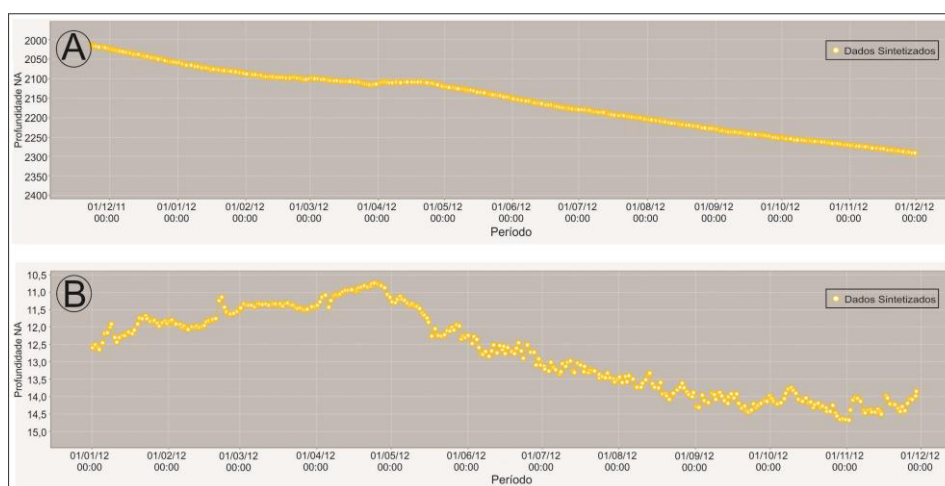


Figura 6 - Configuração diferenciada nas variações de níveis: A) Variações de níveis com pouca interferência, município de Brasileira; B) Variações de níveis com interferências diárias em decorrência da proximidade de outros poços, município de Castelo do Piauí - PI.

Na figura 7 é apresentada à disposição dos dados de acordo com o nível de detalhamento. Na figura 7, parte superior (A), uma visão geral dos dados coletados, com as oscilações máximas e mínimas das medidas, não sendo possível, nessa escala de tempo, distinguir as variações diárias em detalhe. No gráfico B, apresenta uma visão geral das informações, contendo os dados brutos, consistidos e sintetizados, porém sendo possível distinguir os ciclos de variações de níveis. No gráfico C, um detalhamento dos ciclos, onde pode ser verificado um comportamento semelhante a cada 24 horas, mostrando a possível influência de poços de produção em suas proximidades.

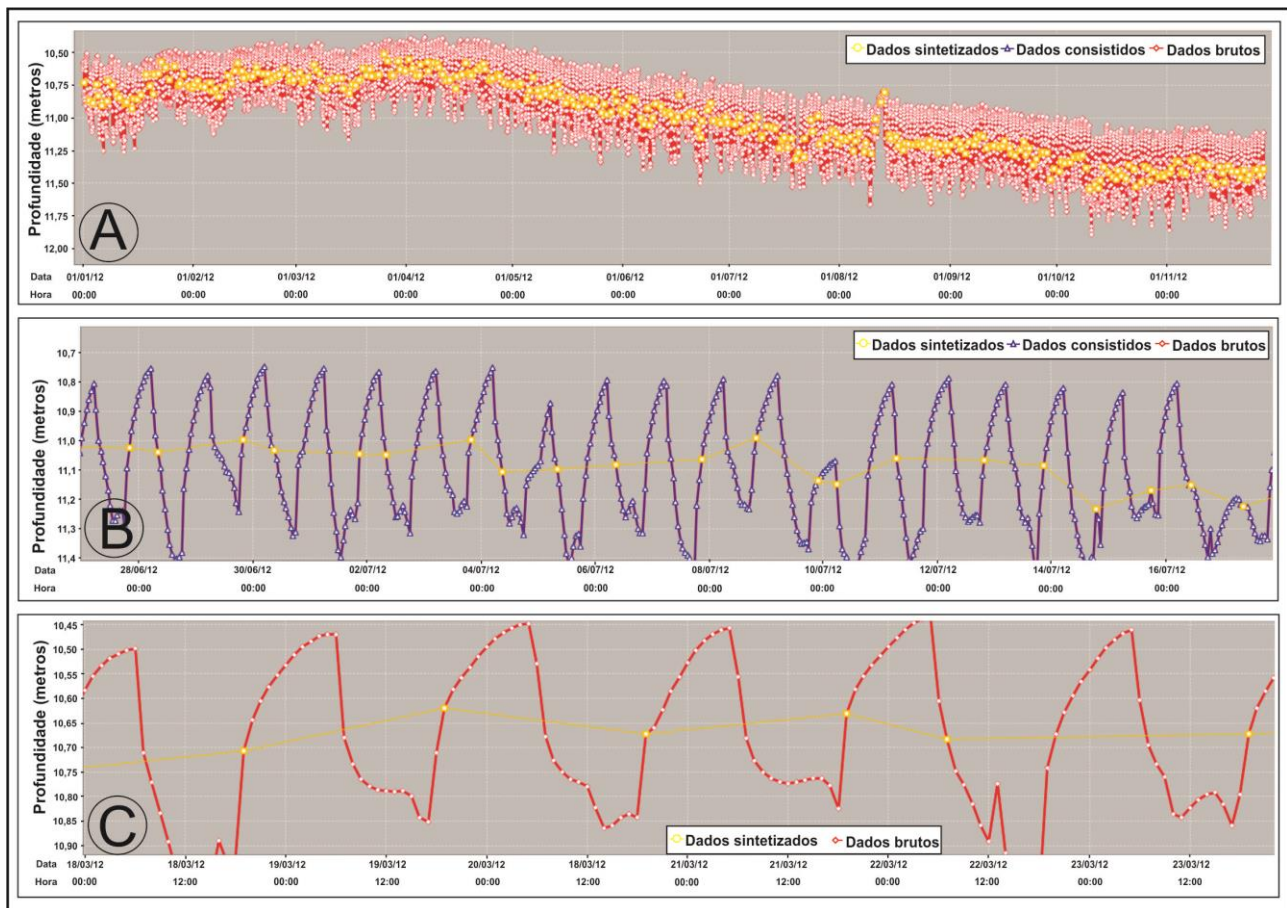


Figura 7 - Variações de níveis estáticos em um mesmo poço: A) Variações durante um ano de monitoramento; B) Variações diárias com dados sintetizados, consistidos e brutos; C) Variações diárias com os dados brutos e sintetizadas.

5 - CONCLUSÕES

Dentre as três metodologias apresentadas para de monitoramento de níveis do aquífero apresentadas, as que possuem maiores possibilidades de utilização tratam-se do sistema de boia e contrapeso e o transdutor de pressão com compensação barométrica. A inexistência de esgotamento energético nos transdutores de pressão utilizados até o momento, impossibilita uma análise detalhada quanto ao custo benefício do mesmo.

Em termos gerais, cada metodologia apresentada possui suas vantagens e desvantagens, porém, cabe ao usuário identificar a que melhor se adapta a sua situação, e na ausência de informações, que seja recorrido ao procedimento convencional de medições de nível, ou seja, o método manual, mantendo o processo de obtenção da informação.

REFERÊNCIAS

BRASIL, CNRH Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Resolução n° 107, de 13 de abril de 2010. Estabelece diretrizes e critérios a serem adotados para planejamento, implantação e operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas. Ministério do Meio Ambiente

FREITAS, M. A.; Goffermann, M., 2010. Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas-RIMAS no Estado do Rio Grande do Sul. In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2010. São Luis. Publicação Digital. CD ROM.

GENARO, D. T.; Mourão, M.A.A; LIMA, J. B.; Oliveira, E. M.; Silva, J. C.; Peixinho, F. C. 2013. A Integração da Rede de Monitoramento de Águas Subterrâneas (Rimas) e o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) – SIRS, XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves – RS.

GOFFERMANN, M.; Troian, G. C.; Freitas, M. A., 2013. Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas (RIMAS) nos Estados do RS e SC. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves - RS.

IMBIRIBA JÚNIOR, M.; Melo, H.; Batista, J. M.; Pontes, M. X., 2013. Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas(RIMAS). Estado da Arte no Estado do Pará Brasil. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves – RS, 2013

IMBIRIBA JUNIOR, M.; Freimann, B. C.; Melo, J.P. dos S., 2013. Perfilagem Óptica: Aplicação em Rede de Monitoramento das Águas Subterrâneas. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves - RS.

MOURÃO, M. A. A.; Peixinho, F. C.; Feitosa, F. A. C.; Barreto, A. B. C., 2009. Fundamento para Implantação da Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009. Campo Grande. Anais. Publicação Digital. CD ROM.

SANTOS, C. B.; Silva, C. N.; Villar, P.C.P.M.; Rocha, B. S. S., A Utilização de Dataloggers no Projeto Rimas (Rede Integrada De Monitoramento De Águas Subterrâneas) No Aquífero Urucuia no Oeste da Bahia; *XVII Congresso Brasileiro de Água Subterrânea e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, Bonito-MT, 2012,*

VASCONCELOS, M. B.; Mourão, M. A. A., 2011. Panorama da Implantação da Rede Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas no Estado do Piauí - Brasil: Aquíferos Serra Grande e Cabeças (2009-2010). In: VII Congreso Argentino de Hidrologia y V Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas Actuales de la Hidrologia Subterrânea., 2011, Salta - Argentina. VII Congreso Argentino de Hidrologia y V Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas Actuales de la Hidrologia Subterrânea.