

# IMPORTÂNCIA DO POSICIONAMENTO DOS PERFIS DE VLF NA PESQUISA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM TERRENOS CRISTINO DO SEMI-ÁRIDO DO BRASIL

José Geilson Alves Demetrio <sup>1</sup> & Helena Magalhães Porto Lira <sup>2</sup>

**RESUMO** - Na busca por água no semi-árido brasileiro todas as ferramentas que possam auxiliar nesta tarefa são importantes. O VLF (Very Low Frequency) é um método geofísico (eletromagnético) que nos últimos dez anos vem sendo bastante utilizado, destacando-se a praticidade e o baixo custo para realizações de perfis. Porém, toda metodologia tem suas limitações, ou restrições. No caso do VLF uma das restrições é quanto a o posicionamento dos perfis em relação à estrutura a ser pesquisada e a fonte emissora VLF. Este trabalho é voltado principalmente para aqueles que estão se iniciando no método VLF. Serão apresentados alguns exemplos de formas inadequadas e adequadas de execuções de perfis VLF, bem como uma forma alternativa de posicionamento/caminhamento dos perfis, quando não for possível abertura de picadas.

**ABSTRACT** - In the search for water in the semi-arid Brazilian region all the tools that can assist in this affair are important. VLF (Very Low Frequency) is a geophysical method (electromagnetic) that in last ten years it comes sufficiently being used, being distinguished it easiness and the low cost for accomplishments of profiles. However, all methodology has its limitations, or restrictions. In the case of VLF one of the restrictions it is how much to the positioning of the profiles in relation to the structure to be researched and emitting source VLF. This work is come back mainly toward those that are if initiated in method VLF. Examples of VLF profiles will be presented. Some of these executed by correct forms and other incorrect forms, as well as an alternative form of positioning/heading of the profiles, when it will not be possible opening a track.

**Palavras-chaves:** VLF, Locação de poços, semi-árido

---

<sup>1</sup> Professor Adjunto da UFPE, Dep. Eng. de Minas, LABHID – e-mail: geilson@npd.ufpe.br

<sup>2</sup> Geóloga da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA –PE, e-mail: helena.lira@funasa.gov.br

## **Introdução**

Sem dúvida alguma a busca por água no semi-árido é uma das principais preocupações dos nordestinos, especialmente aqueles que vivem na zona rural. Como a maior parte (cerca de 70%) do semi-árido está sobre terrenos de rochas cristalinas torna essa busca mais difícil ainda.

Para os geólogos essa a tarefa de localizar poços também não é fácil, tanto assim, que as chances de ocorrência de poços seco (vazões inferiores a 200 L/h) é em torno de 25%. Nos trabalhos de prospecção de água subterrânea nessa região os geólogos se valem de várias ferramentas, entre elas a geofísica. Os métodos geofísicos mais utilizados têm sido a eletroristividade e o VLF (Very Low Frequency), esse último apenas nos últimos 10 anos. O método VLF vem se destacando pela praticidade, rapidez e baixo custo da execução dos perfis, apenas o custo do equipamento que ainda é muito alto. Como toda ferramenta geofísica o VLF tem suas limitações, cabendo ao geólogo conhecê-las muito bem, para que possa fazer as interpretações das informações obtidas de forma correta. Nesse trabalho serão discutidas algumas dessas limitações, que embora sejam simples de controlar, às vezes são negligenciadas ao se utilizar o VLF.

O objetivo principal desse trabalho é orientar novos usuários do VLF, mostrando-lhes com exemplos práticos a importância do posicionamento dos perfis. Todo o desenvolvimento desse trabalho está voltado para os usuários do equipamento da ABEM, o WADI, porém em suas linhas gerais pode ser utilizado para os usuários de qualquer outro equipamento.

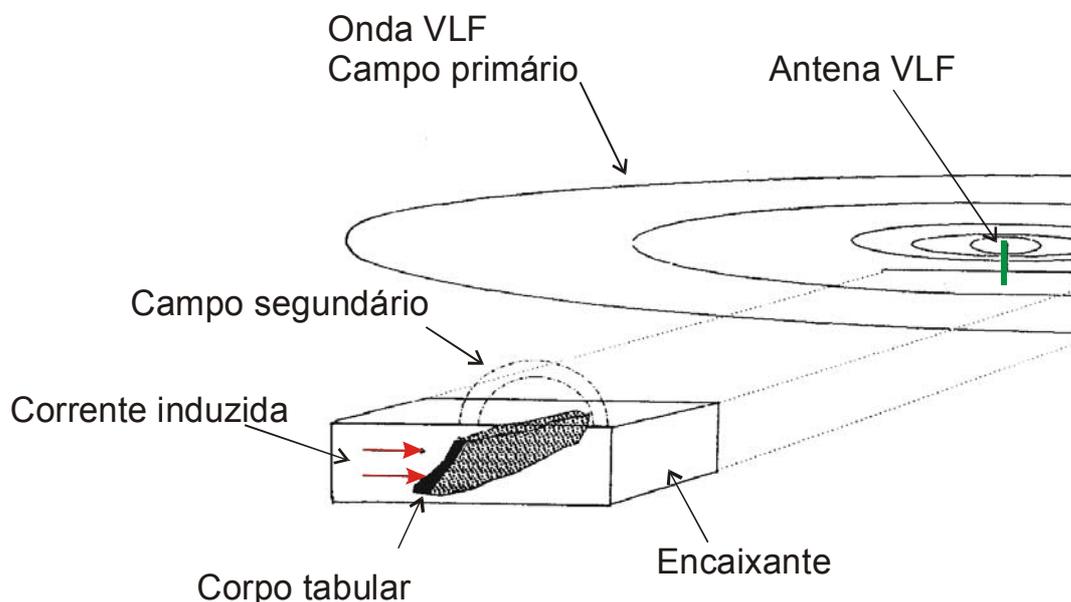
Em todos os perfis aqui apresentados, os dados originais foram filtrados utilizando o esquema proposto por Karous e Hjelt, 1983. Segundo Ogilvy e Lee, 1991, esse filtro é o mais utilizado atualmente entre os usuários do método, por que permite a investigação em diferentes profundidades, ao contrário do filtro utilizado por Frazer, 1969.

## **O Método VLF**

A sigla VLF do inglês Very Low Frequency, é utilizada para designar uma frequência de rádio na faixa de 15 a 30 kHz, normalmente empregada na comunicação militar para manter contato com submarinos.

O método VLF, é um método eletromagnético, que se baseia na deformação do campo magnético primário, de uma onda eletromagnética, emitida por uma estação de rádio VLF. Ao atravessar um corpo tabular, alinhado segundo a direção de propagação da onda VLF, e resistividade elétrica menor do que a encaixante, a onda VLF induzirá o surgimento de uma corrente elétrica, que por sua vez induzirá um campo magnético. A composição do campo magnético primário da onda VLF com o campo magnético induzido irá gerar um campo magnético resultante, que tem a forma de um elipsóide. O equipamento utilizado, ABEM/WADI, mede a inclinação do elipsóide e sua elipsidade (razão entre o eixo menor e maior do elipsóide). A

inclinação irá fornecer informações sobre a posição do corpo tabular (fratura preenchida, dique, tubo enterrado, etc) – Componente Real. A elepsidade dá informações sobre a condutividade elétrica do corpo tubular – Componente Imaginária. Na figura 1 é apresentado um esquema desse princípio de funcionamento do VLF.



Fonte: Adaptado do manual do ABEM-WADI

Figura 1 – Princípio de funcionamento do método VLF

Para aplicação desse método é, portanto, necessário a existência de uma estação emissora de ondas VLF e um corpo tabular, vertical a sub-vertical, alinhado com a direção de propagação dessas ondas. Existem no mundo diversas estações de emissão de ondas VLF, porém, normalmente, no nordeste do Brasil só conseguimos sintonizar a estação NAA, que fica localizada nos Estados Unidos. Tal fato nos limita a prospectar fraturamentos de direção aproximadamente norte-sul. Em outras direções, mesmo existindo fraturas, a metodologia se aplicará na dependência de se conseguir sintonizar alguma estação para essa direção.

### **Posicionamento dos Perfis VLF**

Segundo a descrição do método VLF, é bem claro a necessidade das estruturas que se quer pesquisar e a direção dos perfis tenham posicionamento muito bem definido em relação à fonte VLF. Como dito anteriormente, a estrutura a ser pesquisada deve estar paralela a direção de propagação da onda eletromagnética e o perfil a ser realizado perpendicular a essa estrutura. Por isso, a grande importância do estudo prévio de fotografias aéreas para selecionar os possíveis alvos e determinar suas direções. Definida a direção das estruturas mais interessantes, deve-se posicionar no sentido que será realizado o perfil, que é perpendicular a direção da estrutura alvo. Em seguida se faz um rastreio da estação emissora VLF mais adequada para aquela direção. Isto é feito

selecionando uma fonte VLF cuja intensidade do sinal fique entre 10 e 50, fora dessa faixa as leituras feitas pelo equipamento não são confiáveis, segundo o fabricante. A forma prática de verificar se a direção do perfil está correta é comparando a intensidade do sinal na direção do perfil e perpendicular à direção do perfil. Na direção do perfil o sinal deve ter intensidade máxima e perpendicular mínima. Embora isto seja uma recomendação que consta do manual do equipamento às vezes não se dar à devida atenção. Outra observação importante no momento da realização dos perfis de VLF é que o perfil siga uma linha reta, não dar para mudar direção, como se faz por exemplo quando se usa eletroresistividade. Quando não se seguem essas orientações os resultados obtidos não são confiáveis, podendo conduzir a erros grosseiros.

### **Exemplo de Posicionamento Errado**

Quando começamos a utilização do VLF foi tentando reproduzir alguns perfis da dissertação de mestrado de Ferreira, 1986, como não conseguimos reproduzir os perfis, inicialmente atribuímos tal fato a nosso pouca experiência, na época, com o VLF. Também percebemos em outros perfis que realizamos, acompanhando estradas ou caminhos, para não ter que se abrir picadas, a não reprodução satisfatória dos mesmos. Isso de início foi desestimulante, pois se esperava que a resposta fosse sempre a mesma, pois se o corpo tabular condutivo estava lá e uma onda VLF o atravessar não se via razão para em um momento o perfil fosse de uma forma e em outro momento de outra forma. Para ilustramos apresentamos dois perfis na figura 2, um realizado por Demetrio, 1998 (perfil 1) e o outro por Ferreira, 1986 (perfil 2), realizados no mesmo local. Percebe-se nitidamente que os perfis apresentam respostas completamente diferentes. Apenas a linhas gerais é que se pode dizer que foram reproduzidas. Por isso, pensávamos, ou método não é bom ou se estar fazendo alguma coisa errada. Foi quando percebemos a importância da direção do perfil, que na realidade se traduz na direção da antena receptora, que fica atada por um cinto em nossa cintura. Não adianta o perfil ser uma perfeita linha reta, perpendicular à direção de propagação da onda VLF e no momento da leitura a antena receptora está desalinhada.

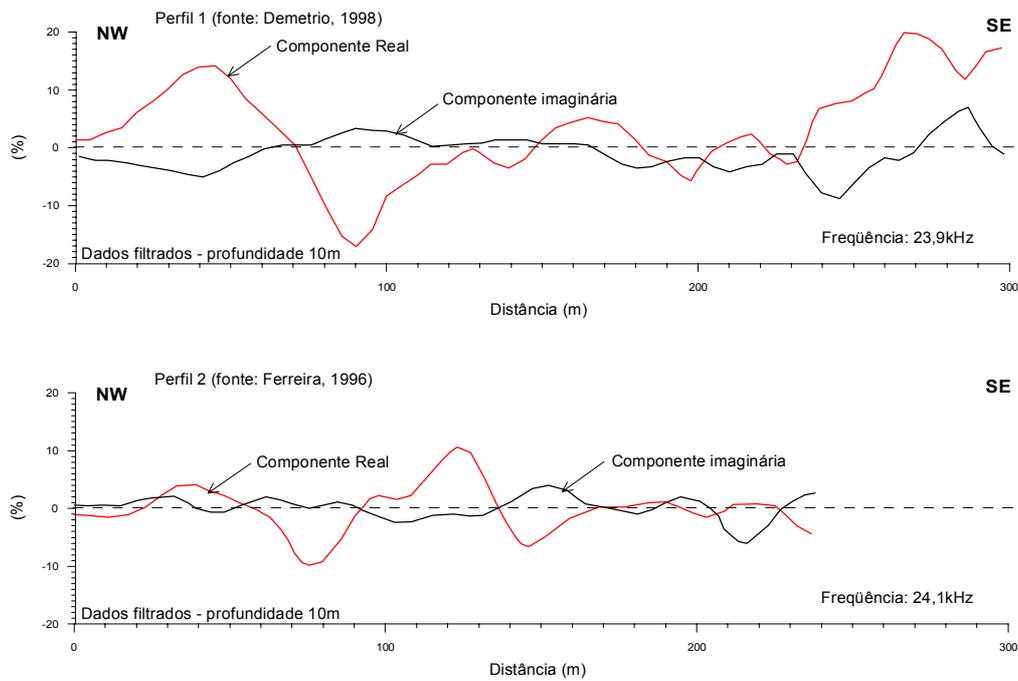


Figura 2 – Perfil VLF

Com essa preocupação em mente foram feitos inúmeros perfis para se verificar a importância do posicionamento da antena receptora. Na figura 3 é apresentado dois perfis realizados no Ceará, no município de Quixeré, próximo da fronteira com o Rio Grande do Norte. Pelo indicativo do sinal o perfil deveria ser realizado na direção 265°-85°, porém o único caminho disponível era na direção 300°-120°. Como se pode observar na figura 3 não há qualquer semelhança entre os dois perfis, ou seja, uma interpretação feita em uma situação desse tipo seria total desprovida de significado.

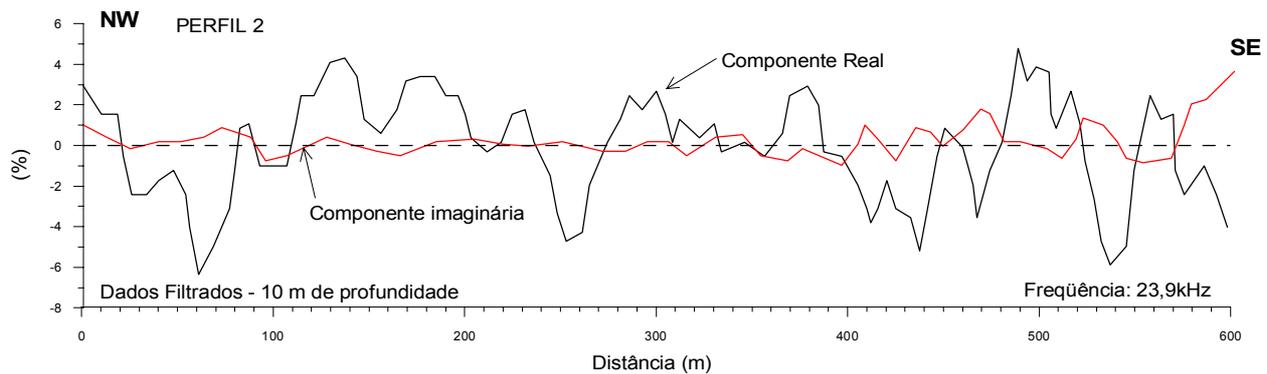
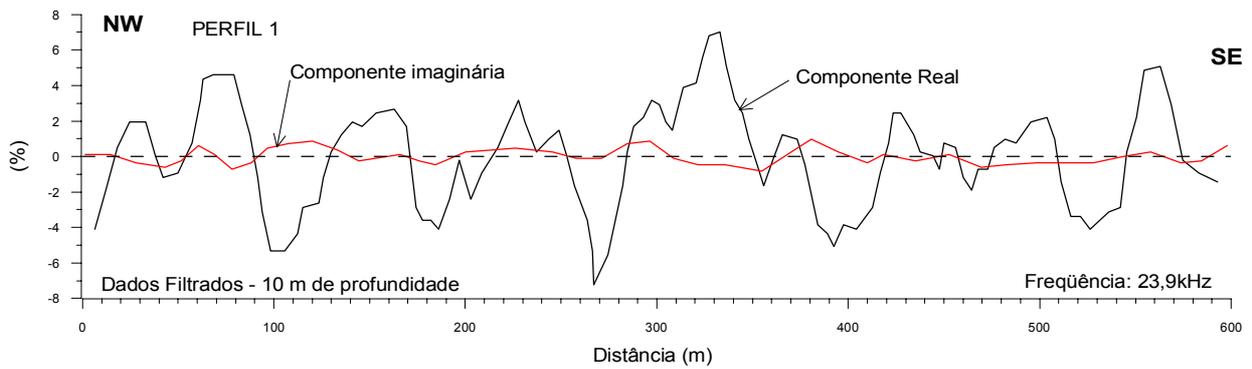


Figura 3 – Exemplo de Perfis VLF mal Posicionados

Vários outros perfis foram realizados, inclusive “perfis” parados, ou seja, ficamos fixos em um ponto e foram feitas medidas como se estivéssemos andando. Quando a antena receptora era posicionada corretamente, as curvas ficavam muito próximas de zero, caso contrário às vezes até eram obtidos “perfis” que para uma pessoa desavisada poderia até locar um poço, como é o caso do perfil da figura 4, que foi realizado dentro do Labhid – Laboratório de Hidrogeologia – UFPE/CTG, que fica no terceiro andar Centro de Tecnologia e Geociências. Não se sabendo o histórico desse perfil poder-se-ia até pensar em locar um poço na estação 140.

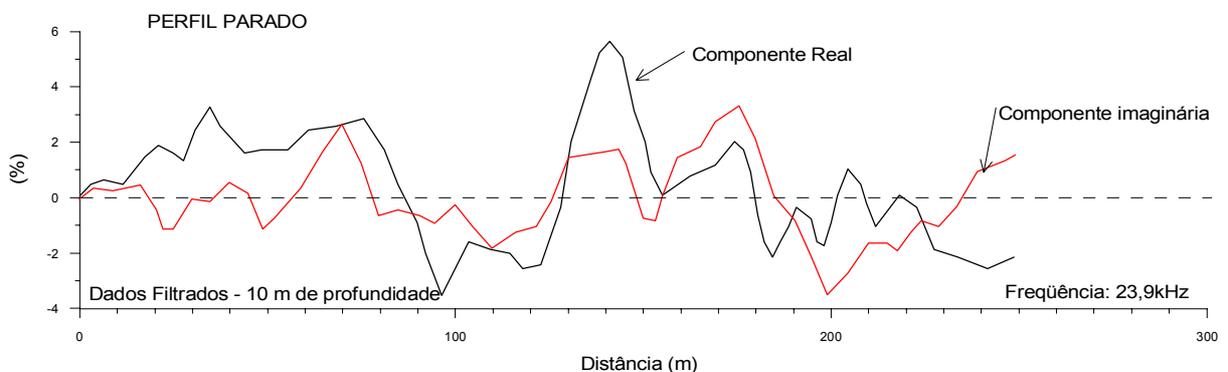


Figura 4 – Exemplo de “Perfil” Parado

### **Exemplo de Posicionamento Correto**

Dos vários exemplos disponíveis, foi escolhido um perfil realizado na cidade de Lagoa do Ouro, agreste meridional pernambucano. Essa escolha deve-se basicamente por ter sido o único local onde se tem repetição do perfil VLF em época diferente. Foram realizados inicialmente dois perfis, um no dia 02/03/2002 e outro no dia 03/02/2002 e um terceiro no dia 30/03/2002, ou seja, cerca de dois meses após o segundo perfil. Até o momento do fechamento desse trabalho esses tinham sido os únicos perfis realizados nesse local, mas, está prevista uma série de repetições desse perfil pelos próximos dois anos, com o objetivo de verificar se haverá variações na resposta dos perfis VLF com alternância das estações chuvosa e seca e devido às flutuações do nível estático. Todos esses perfis são apresentados na figura 5. Nota-se claramente a reprodução quase que perfeita das curvas nos três perfis, bastante diferente do que foi observado na figura 2 e 3.

### **Posicionamentos Alternativos**

Às vezes seguir uma linha reta em uma direção pré-estabelecida significa abertura de picada. Dependendo da vegetação e dos recursos financeiros disponíveis abrir uma picada é inviável. Pensando nessa dificuldade, foi verificada a possibilidade de se fazer o caminhamento em uma direção e no momento da leitura posicionar a antena de recepção na direção correta, como explicado anteriormente. O exemplo que mostraremos a seguir foi realizado no mês de outubro de 2001, durante uma campanha de locação de poços feita para a Fundação Nacional de Saúde – Funasa, em uma área indígena no sertão pernambucano, na localidade denominada de Baixão, município de Carnaubeira. Após o exame das fotografias aéreas e a visita de campo foi selecionado o local mais favorável. Pelo sinal do VLF captado o perfil a ser realizado deveria ser na direção 80°-260°, só que nesta direção a caatinga era fechada. No então havia uma estrada com mais ou menos 200 m de comprimento em linha reta, que servia muito bem para a realização do perfil VLF, só que a direção dessa estrada era 40°-220°, 40° diferente da direção ideal. Diante desses fatos, foi decidido se fazer o perfil acompanhado a estrada, mas, em cada estação de medida, posicionar a antena receptora na direção ideal (80°-260°), e assim foi feito. A fim de verificar a validade de um perfil realizado nessas condições, o perfil foi repetido. Os resultados obtidos são apresentados na figura 6.

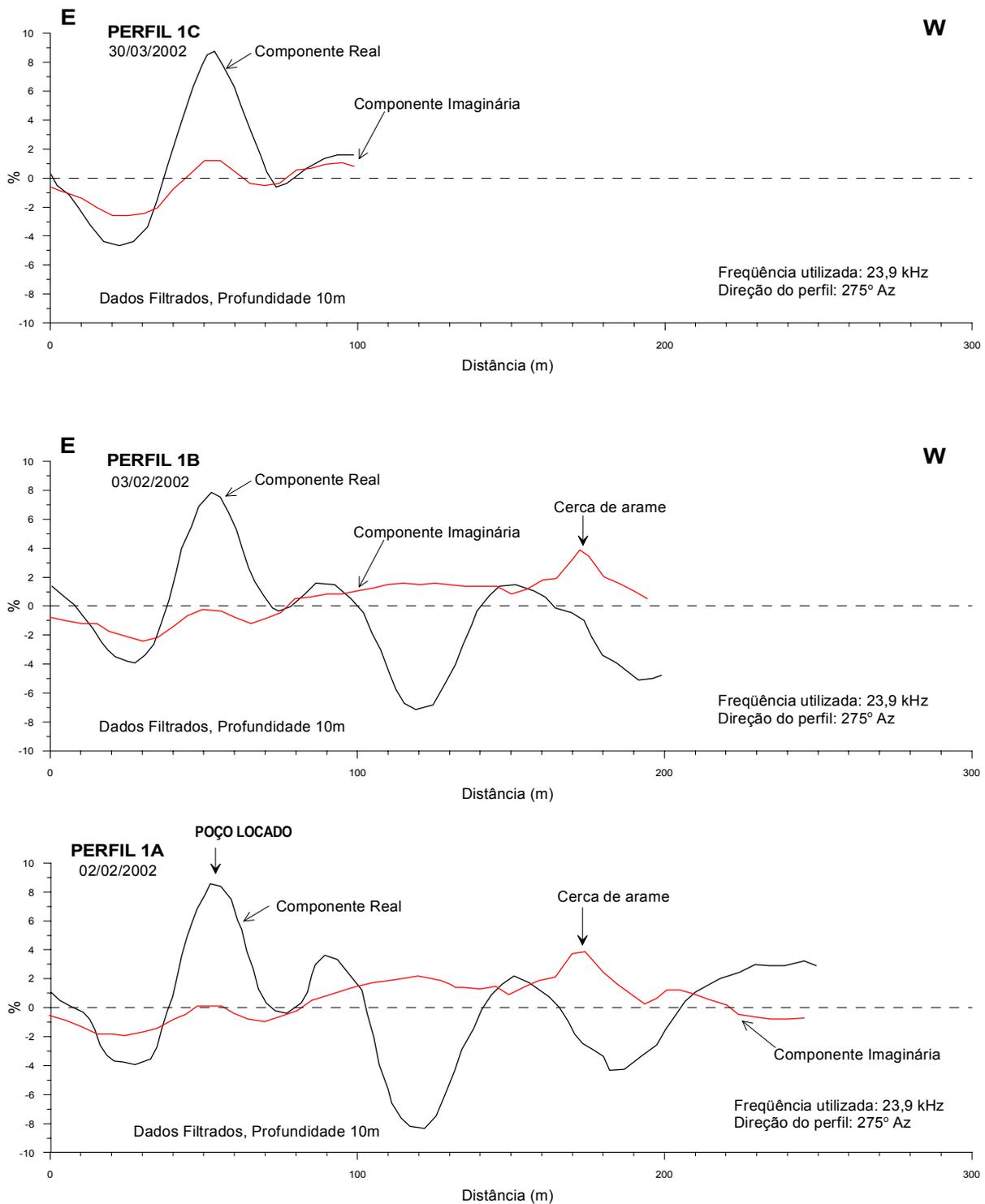


Figura 5 – Perfil VLF realizado em Lagoa do Ouro - PE

Como mostra a figura 6, os perfis realizados no Baixão são praticamente idênticos, o que deu segurança quanto às medidas realizadas para local um poço na estação 80. A vazão de produção informada posteriormente pela equipe de sondagem foi de 4,0 m<sup>3</sup>/h. A escolha desse exemplo prende-se exclusivamente ao fato de ter sido o perfil realizado com maior diferença entre a direção ideal e a direção de realização do perfil (40°). É importante observar, que em todos os casos a estrutura pesquisada tinha direção paralela, ou próxima, à direção de propagação da onda VLF.

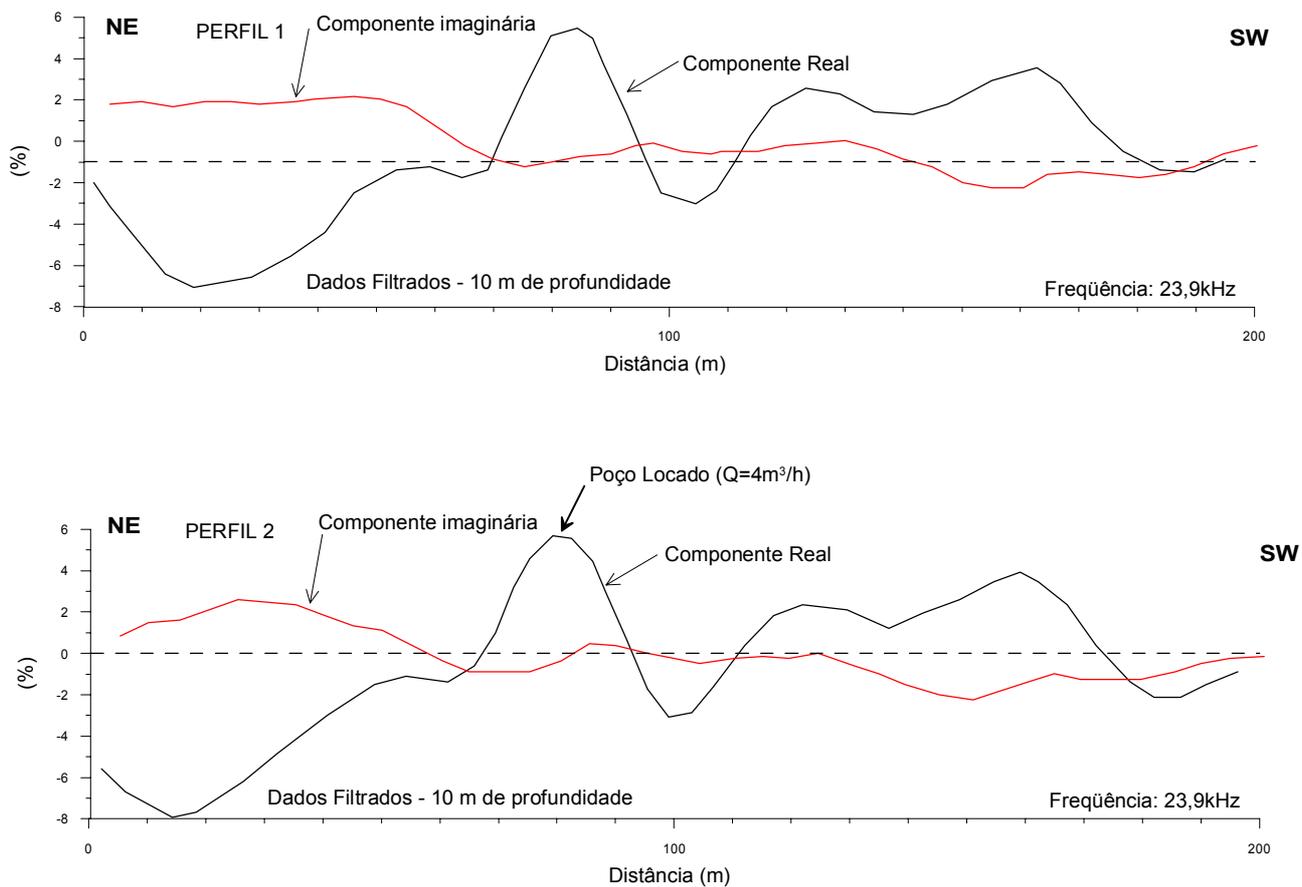


Figura 6 – Perfil VLF realizado no Baixão, Carnaubeira - PE

## Conclusões

Do exposto anteriormente, pode-se concluir que se usado corretamente o VLF é uma excelente ferramenta na detecção de zonas fraturadas em terrenos de rochas cristalinas do semi-árido brasileiro. Como é um método bastante prático e rápido, um perfil de 500 metros é possível ser realizado em 20 minutos, é fortemente recomendado que, os profissionais que utilizam essa metodologia para auxilia-los em trabalhos de locação, façam um perfil repetido, isso dará mais confiabilidade as suas interpretações.

## **Bibliografia**

- [1] KAROU, M e HJELT, S.E., 1983, *Linear Filtering of VLF Dip-angle Measurements*, Geophysical. Prospecting, 31, 782-794.
- [2] OGILVY, R.D. e LEE, A.C. 1991, *Interpretation of VLF-EM In-phase Data Using Current Density Pseudosections*, Geophysical. Prospecting, 39, 567-580.
- [3] FRASE, D.C., *Contouring of VLF-EM Data*, Geophysics, 34, 958-967.
- [4] ABEM WADI, *Instruction Manual*, Bromma, Suécia, (manual do equipamento sem data)
- [5] DEMETRIO, J.G.A., 1998, *Perfis de Temperatura na Locação de Poços Tubulares no Cristalino do Nordeste Brasileiro – Pesquisa da Viabilidade Técnica e Avaliação de Equipamentos, Materiais e Procedimentos*, Tese de Doutorado, USP/IG, São Paulo, 96 p
- [6] FERREIRA, J. de A., 1996, *Hidrogeologia e Hidroquímica da Região de Alagoinha-PE – Aplicação de Novos Critérios Técnicos para Locação de Poços no Aquífero Fissural*, Dissertação de Mestrado, UFPE/CT, Recife, 173 p