



Aplicação da técnica de Caminhamento Elétrico Multieletrodos (CEME) associada à geoquímica para avaliação de áreas impactadas por hidrocarbonetos.

Alexandre Golia ; Márcia Mary de Oliveira e Silva Passos; Carlos Vitor Barcelos; Brain tecnologia

Copyright 2006, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no II Simpósio de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, Natal/RN, 21-23 de setembro de 2006. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Tecno-científica do II SR-SBGf mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

A elaboração do presente trabalho tem como principal finalidade apresentar a metodologia utilizada para diagnóstico em área impactada por hidrocarboneto decorrente da disposição de resíduos oleosos no solo. Para cumprir os objetivos propostos foram utilizadas as técnicas de Caminhamento Elétrico Multieletrodos (CEME) juntamente com um plano de sondagem bem detalhado, orientado pelo CEME, com análises químicas de amostras de solo. O CEME é uma poderosa ferramenta de imageamento subterrâneo principalmente para o caso específico desse trabalho, uma vez que distingue materiais, que possuam resistividade elétrica contrastante, como é o caso de hidrocarbonetos no solo. A integração das ferramentas geofísicas e geoquímicas apresenta-se como uma metodologia precisa para a avaliação de impacto ambiental causado por acidentes envolvendo hidrocarbonetos e/ou produtos químicos.

Introdução

A técnica geofísica de Caminhamento Elétrico Multieletrodos (CEME) aplicada na área investigada foi interpretada com a finalidade de se obter informações relativas às variações na resistividade aparente dos materiais investigados. Tais variações podem, entre outros fatores, ser decorrentes de: diferentes litotipos na seção, presença de hidrocarbonetos (anomalia resistiva), dutos, objetos enterrados e água (anomalia condutiva). Neste trabalho privilegiaram-se as anomalias resistivas (AR). As anomalias resistivas são indicativas da possível ocorrência de hidrocarbonetos, sendo, portanto, adotadas nesse trabalho como critério para investigação de presença de derivados de petróleo. Para que se faça a definição de uma AR como área com ocorrência de hidrocarboneto fez-se necessário a execução de sondagem pontual para coleta e análise geoquímica.

Metodologia

O trabalho apresentou as seguintes etapas para a sua execução:

- (1) Levantamento Geofísico: constituído pelo Caminhamento Elétrico Multieletrodo, para a identificação de anomalias resistivas;
- (2) Sondagem e Geoquímica: constituído pela execução de Sondagens a Trado, Amostragem de Solo e Análises Geoquímicas;

Para cumprir os objetivos propostos serão apresentadas 6 seções de CEME. Para a aquisição das mesmas foi utilizado o arranjo Wenner de eletrodos. O espaçamento entre eletrodos variou de 0,7 a 1,5 metros, resultando em seções de CEME com comprimento entre 28 a 60 metros.

As amostras de solo, de seis sondagens executadas, foram coletadas através da perfuração com trado mecânico nas profundidades de 0,5 m, 1,0 m, 2,0 m e 4,0 m de profundidade. Quando constatada a existência de hidrocarboneto, seja ela na superfície onde seria executada a perfuração ou em algum intervalo intermediário aos descritos acima esta amostra também foi coletada para análise.

As análises químicas de 27 amostras de solo foram executadas pelo laboratório Analytical Solutions Ltda sendo analisados os seguintes componentes: HTP (Hidrocarboneto Total de Petróleo), HPA (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) e BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno).

Resultados

De maneira geral, o padrão geoeletrico das seções de CEME, mostrado nas Figuras 01 a 05, é caracterizado por anomalias resistivas nas porções superiores das seções. Uma exceção é mostrada na Figura 06, onde a alta resistividade está concentrada na porção intermediária da seção, em maior profundidade. Observa-se que o maior valor de resistividade registrado foi de 18,8 ohm.m, como mostrado na Figura 04. Isto se deve ao fato de que a água subterrânea do local investigado tem alta salinidade, sofrendo influência da água do mar.

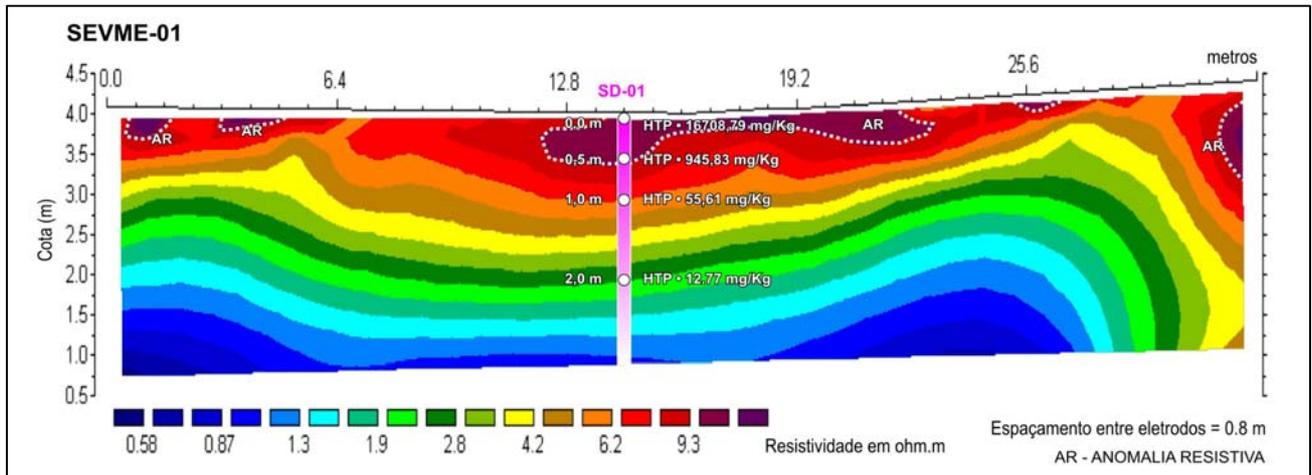


Figura 01

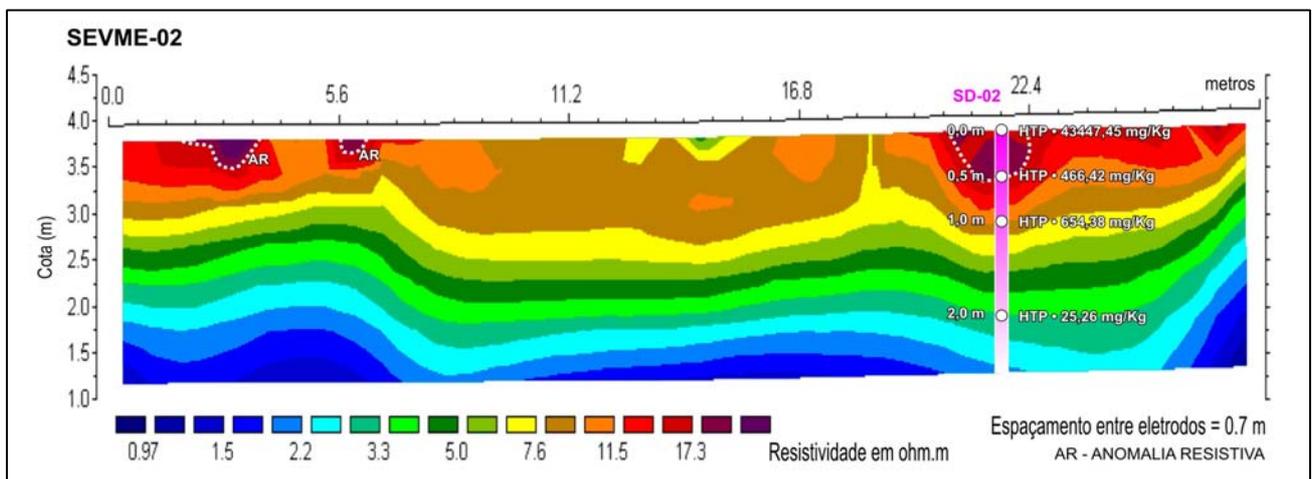


Figura 02

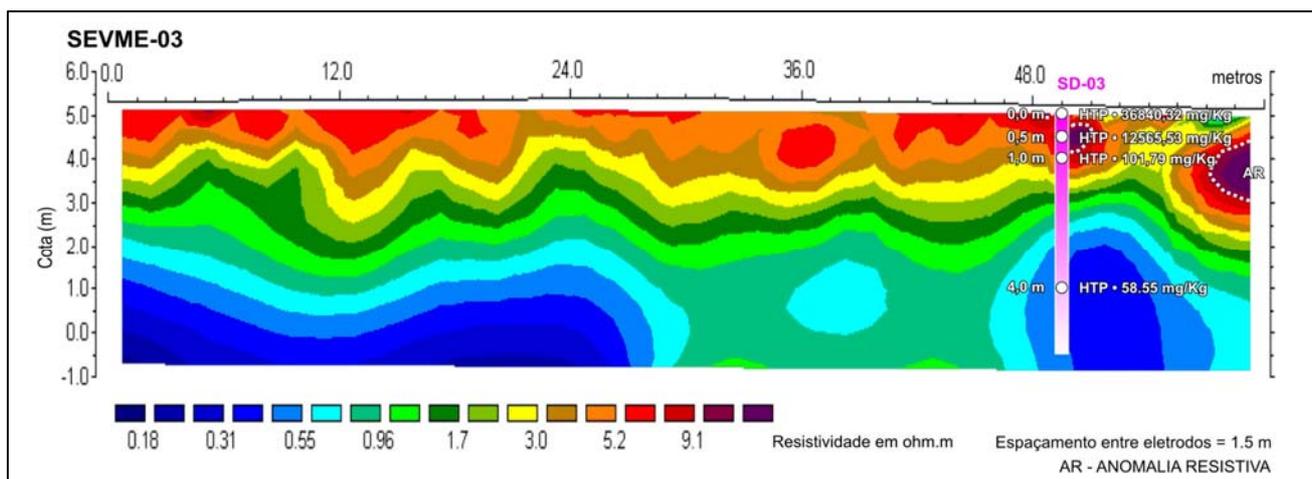


Figura 03

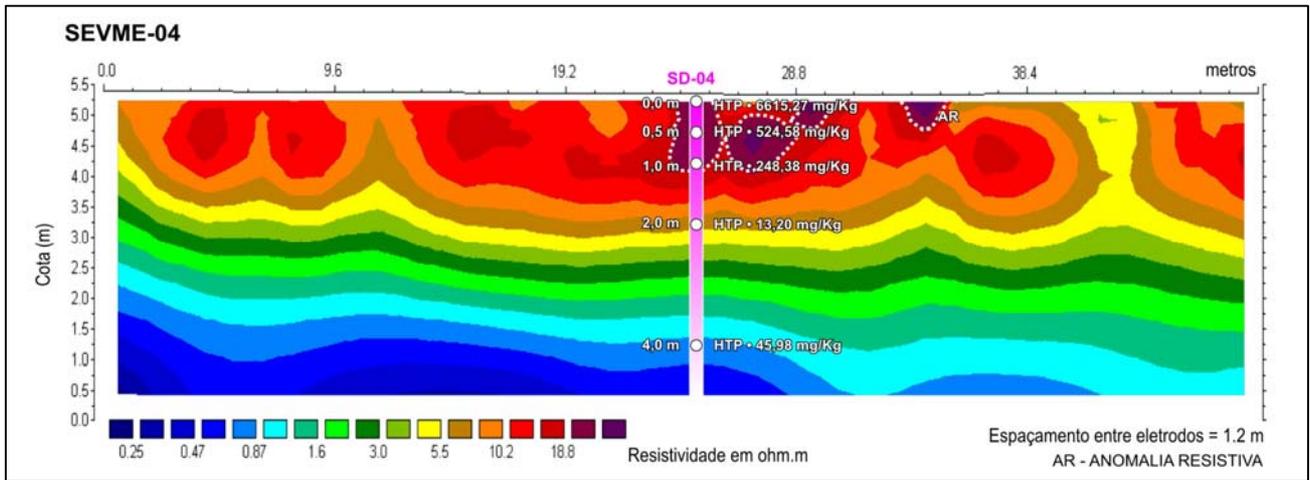


Figura 04

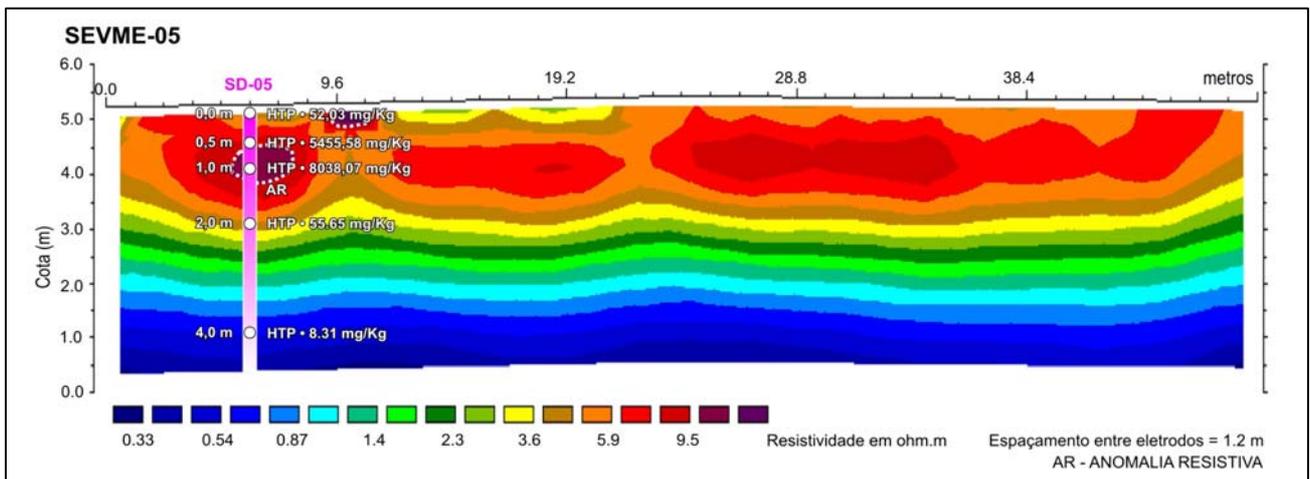


Figura 05

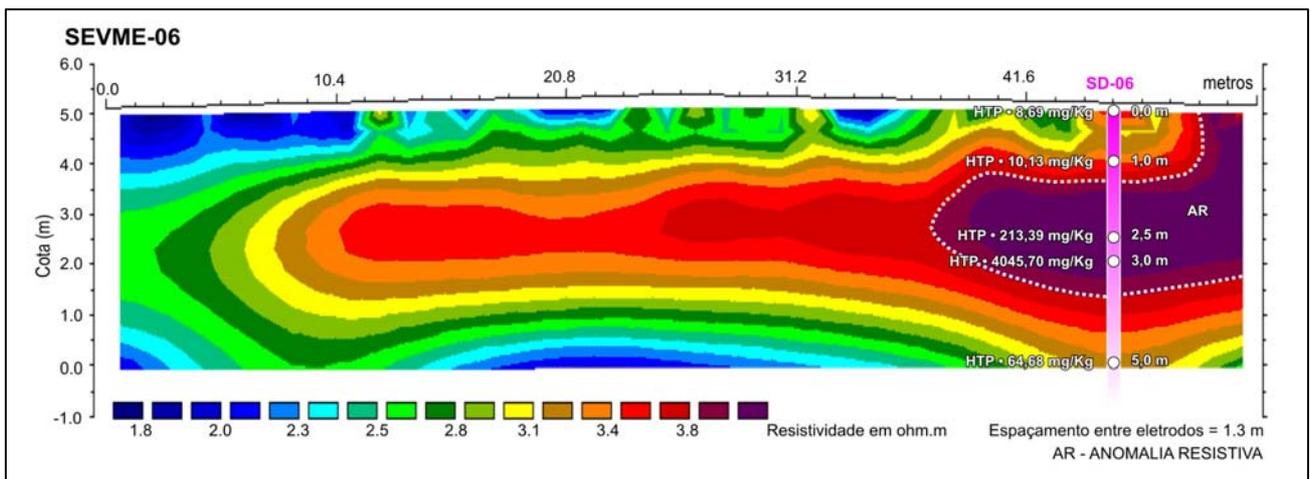


Figura 06

SONDAGEM	UNIDADE	HTP mg/kg	HPA TOTAL mg/kg	HPA															BTEX						
				Hidrocarbonetos Totais de Petróleo															Hidrocarbonetos Poliaromáticos						
				Benzzo(a) Pireno	Benzzo(b) Fluoranteno	Benzzo(k) Fluoranteno	Criseno	Acenafiteno	Fluoreno	Antraceno	Benzzo(ghi) Perileno	Fenantreno	Dibenzzo(a,h) Antraceno	Indeno(1,2,3-cd)Pireno	Pireno	Acenafiteno	Fluoranteno	Naftaleno	Benzzo(a) Antraceno	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p-Xileno	o-xileno	
BaP	BbF	BkF	Cris	AcI	Flu	Ant	B(ghi)P	Fen	D(a,h)A	I(123cd)P	Pir	Act	Naf	BaA	B	T	E	m,p-x	o-x						
SD-01	0	16708.79	73.86	N.D.	N.D.	N.D.	2.29	2.01	13.01	7.89	N.D.	60.94	N.D.	N.D.	5.81	5.13	0.99	1.33	0.43	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	0.5	945.83	3.66	N.D.	N.D.	N.D.	0.11	N.D.	0.61	0.26	N.D.	3.29	N.D.	N.D.	0.30	0.21	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	1	55.61	0.33	N.D.	N.D.	N.D.	0.01	N.D.	0.05	0.02	N.D.	0.30	N.D.	N.D.	0.03	0.01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	2	12.77	0.07	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.01	N.D.	N.D.	0.07	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
SD-02	0	4347.45	120.43	15.31	7.16	3.37	70.23	N.D.	N.D.	7.11	5.27	1.11	9.79	3.27	106.05	N.D.	8.66	N.D.	21.41	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	0.5	466.42	4.27	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.40	0.55	N.D.	3.24	N.D.	N.D.	0.35	0.33	N.D.	0.48	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	1	654.38	8.96	N.D.	N.D.	N.D.	0.01	0.15	0.61	1.09	N.D.	6.17	N.D.	N.D.	0.56	0.45	0.10	1.59	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	2	25.26	0.39	N.D.	N.D.	N.D.	0.03	N.D.	0.03	0.06	N.D.	0.29	N.D.	N.D.	0.06	0.02	N.D.	0.01	N.D.	N.D.	N.D.	0.00	0.01	0.00	
SD-03	0	36840.32	3.67	N.D.	N.D.	N.D.	3.67	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	0.5	12565.53	1.11	N.D.	N.D.	N.D.	1.11	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	
	1	101.79	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
	4	58.55	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
SD-04	0	8615.27	1.98	0.37	N.D.	N.D.	1.32	N.D.	0.26	N.D.	0.31	N.D.	N.D.	N.D.	0.29	N.D.	N.D.	0.35	N.D.	N.D.	N.D.	0.00	0.00	N.D.	
	0.5	524.58	2.21	0.03	0.01	0.00	0.10	0.01	0.19	0.31	0.01	1.64	N.D.	N.D.	0.09	0.33	0.01	0.11	0.04	N.D.	0.01	0.00	0.00	N.D.	
	1	248.38	1.21	N.D.	N.D.	N.D.	0.02	0.04	0.19	0.13	N.D.	0.80	N.D.	N.D.	0.03	0.13	N.D.	0.26	N.D.	N.D.	N.D.	0.00	0.00	0.02	
	2	13.20	0.07	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.01	0.01	N.D.	0.07	N.D.	N.D.	N.D.	0.00	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00	0.00	N.D.	
SD-05	0	52.03	0.02	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.02	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	0.5	5455.58	80.47	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.33	N.D.	N.D.	1.53	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	78.94	N.D.	0.03	0.01	1.58	1.61	2.65	
	1	8038.07	100.08	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.17	1.79	0.15	N.D.	1.87	N.D.	N.D.	0.18	0.35	N.D.	98.06	N.D.	0.19	0.02	0.73	1.03	2.07	
	2	55.65	0.31	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.01	N.D.	N.D.	0.01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.29	N.D.	0.04	N.D.	0.31	0.21	0.52	
SD-06	4	8.31	0.04	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.04	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	0.5	8.69	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	1	10.13	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	2.5	213.39	0.00	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	3	4045.70	0.84	0.02	0.01	0.02	0.46	N.D.	N.D.	0.26	0.05	0.02	N.D.	N.D.	0.20	N.D.	0.01	N.D.	0.01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
5	64.68	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	

Tabela 01

Os resultados de geoquímica das 27 amostras de solo coletadas nas seis sondagens executadas estão apresentados na Tabela 01.

A integração dos dados de geofísica e geoquímica mostra que as anomalias resistivas das seções de CEME estão associadas a hidrocarbonetos dispostos no solo do local investigado. As anomalias resistivas, dispostas mais próximas à superfície do terreno, das seções de CEME mostradas nas Figuras 01, 02, 03 e 04, têm uma correlação direta com os resultados de geoquímica das sondagens SD-01, 02, 03 e 04. Os valores mais elevados de hidrocarbonetos (HTP) foram detectados na superfície do solo, onde a resistividade é mais elevada, e se apresentaram decrescentes com a diminuição da resistividade em maiores profundidades.

Observa-se na Figura 05 que a anomalia resistiva, da seção de CEME, localizada a 1 metro de profundidade, apresentou uma correlação com os maiores valores de HTP da sondagem SD-05.

Uma anomalia resistiva em maior profundidade pode ser visualizada na Figura 06. Na sondagem SD-06 o maior valor de HTP das amostras de solo está situado a três metros de profundidade, sobre a anomalia resistiva da seção de CEME.

Conclusões

Conclui-se que o método geofísico de Caminhamento Elétrico Multielétrodos (CEME) balizados por sondagens, mostram-se eficientes, rápidos e seguros na detecção de zonas impactadas por hidrocarbonetos.

Permite-se com isso uma racionalização dos trabalhos de sondagem e das análises físico-químicas e, sobretudo, a um menor custo, incorporar um número de interpretações interativas e recursivas que aumentam a precisão da localização das zonas afetadas.

A integração das ferramentas geofísicas e geoquímicas apresenta-se como uma das mais precisas metodologias para a avaliação dos possíveis impactos ambientais rasos, causados por acidentes envolvendo hidrocarbonetos e/ou produtos químicos, uma vez que permite visualizar o meio físico através do delineamento de contrastes físicos e químicos das diversas feições que os constituem.

Agradecimentos

Agradecemos a Brain tecnologia Ltda e PETROBRAS S.A.

Referências

Dahlin, T., 1996. 2D resistivity surveying for environmental and engineering applications. First Break, 14, 275-284.

Krauskopf, K.B. & Bird, D.K. – 1995 – Introduction to Geochemistry. McGraw-Hill International Editions, Earth Science and Geology Series, 647 p.