



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA  
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

# **RBGEA**

## **REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL**



**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA  
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL**

**REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL**

*Publicação Científica da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*

### **EDITORES**

Alessandra Cristina Corsi - IPT  
Prof. Dr. Emílio Velloso Barroso - UFRJ  
Prof. Dra. Kátia Canil - UFABC  
Prof. Dra. Malva Andrea Mancuso - UFSM  
Prof. Me. Marcelo Denser Monteiro - Metrô - SP / UAM

### **REVISORES**

Adalberto Aurélio Azevedo - IPT	José Domingos Gallas - USP
Alberto Pio Fiori - UFPR	José Eduardo Rodrigues - USP
Aline Freitas da Silva - DRM-RJ	José Eduardo Zaine - UNESP
Alessandra Cristina Corsi - IPT	José Luiz Albuquerque Filho - IPT
Angelo José Consoni - TSAP	Kátia Canil - UFABC
Antonio Cendrero - Univ. da Cantabria (Espanha)	Leandro Eugênio da Silva Cerri - UNESP
Antonio Manoel Santos Oliveira - UNG	Lídia K. Tominaga - IG/SMA
Candido Bordeaux Rego Neto - IPUF	Luis de Almeida Prado Bacellar - UFOP
Clovis Gonzatti - CIENTEC	Luiz Nishiyama - UFU
Denise de la Corte Bacci - USP	Luiz Fernando D'Agostino - Nucleo
Diana Sarita Hamburger - UFABC	Malva Andrea Mancuso - UFSM
Dirceu Pagotto Stein - Geoexec	Marcelo Fischer Gramani - IPT
Edilson Pissato - USP	Marcilene Dantas Ferreira - UFSCar
Eduardo Brandau Quitete - IPT	Marcelo Denser Monteiro - Metrô - SP / UAM
Eduardo Goulart Collares - UEMG	Marcia Pressinotti - IG/SMA
Eduardo Soares de Macedo - IPT	Marcio A. Cunha - Consultor
Emilio Velloso Barroso - UFRJ	Maria Cristina Jacinto Almeida - IPT
Eraldo L. Pastore - Consultor	Maria Heloisa B.O. Frascá - Consultora
Fábio Soares Magalhães - Vogbr	Maria José Brollo - IG/SMA
Flávio Almeida da Silva - Engecorps	Marta Luzia de Souza - UEM
Frederico Garcia Sobreira - UFOP	Nelson Meirim Coutinho - GEORIO
Ginaldo Campanha - USP	Newton Moreira de Souza - UnB
Guido Guidicini - Geoenergia	Noris Costa Diniz - UnB
Helena Polivanov - UFRJ	Oswaldo Augusto Filho - USP
Jair Santoro - IG/SMA	Reinaldo Lorandi - UFSCar
João Francisco Alves Silveira - Consultor	Renato Luiz Prado - USP
Jorge Kazuo Yamamoto - USP	Ricardo Vedovello - IG/SMA
José Alcino Rodrigues de Carvalho - Univ. Nova de Lisboa (Port.)	Yociteru Hasui - Consultor
José Augusto de Lollo - UNESP	

### **APOIO EDITORIAL**

Luciana Marques

### **PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO**

Rita Motta - Editora Tribo da Ilha

---

**Volume 5 - Número 2**

2015

ISSN 2237-4590

---

## DIRETORIA ABGE GESTÃO 2016/2018

---

**Presidente:** Adalberto Aurélio Azevedo  
**Vice Presidente:** Lídia Keiko Tominaga  
**Diretor Secretário:** Alessandra Cristina Corsi  
**Diretor Secretário Adjunto:** Deyna Pinho  
**Diretor Financeiro:** José Luiz Albuquerque Filho  
**Diretor de Cursos:** Ivan José DELatim  
**Diretora de Eventos:** Fábio Augusto Gomes Vieira Reis  
**Diretora de Eventos Adjunto:** Renata Augusta Rocha N. de Oliveira  
**Diretor de Comunicação:** Marcelo Denser Monteiro  
**Diretor de Comunicação Adjunto:** Tiago Antonelli  
**Diretor de Publicação:** Andrea Bartorelli  
**Diretor de Publicação Adjunto:** Edilson Pissato

### CONSELHO DELIBERATIVO

Adalberto Azevedo, Alessandra Corsi, Andrea Bartorelli, Deyna Pinho, Edilson Pissato, Fábio Reis, Flávio Almeida, Glaucia Cuchierato, Ivan Delatim, José Luiz Albuquerque Filho, Leandro Castro, Lídia Tominaga, Luiz Fernando, Marcelo Denser, Mateus Delatim, Renata Rocha, Silvia Kitaraha e Tiago Antonelli.

### NÚCLEO RIO DE JANEIRO - Aline Freitas das Silva

**Conselho Deliberativo:** Aline Freitas Silva, Hugo Machado, Rodrigo França, Rodney Nascimento, Rúbia Azevedo e Thiago Santos

### NÚCLEO MINAS GERAIS - Fábio Magalhães

**Conselho Deliberativo:** Alberto Amaral, Fábio Magalhães, Gilvan Sá, Luis Bacellar, Maria Giovana Parizzi, Sandra Fernandes e Thiago Teixeira

### NÚCLEO SUL - Malva Andrea Mancuso

**Conselho Deliberativo:** Alberto P. Fiori, Andrea V. Nummer, Débora Lamberty, Eduardo C.B. Carvalho, Erik Wunder, Hermann Vargas, Juan Antonio A. Flores, Luiz A. Bressani e Malva Andrea Mancuso.

### NÚCLEO CENTRO OESTE - Ingrid Lima

**Conselho Deliberativo:** Bruno Diniz, Dário Peixoto, Getúlio Ezequiel, Ingrid Lima, João Armelin, Kurt Albrecht, Juliana Sobreira e Ricardo Vilhena

### NÚCLEO NORTE - Cláudio Szlafstein

**Conselho Deliberativo:** Dianne Danielle Farias Fonseca, Lenilson José Souza de Queiroz, Luciana de Jesus P.P. Miyagawa, José Antonio da Silva, Renato R. Mendonça, Jubal C. Filho e Nilton de Souza Campelo, Loury Bastos, Patrícia Mara Lages Simões, Raimundo Almir C. da Conceição, Sheila Gatinho Teixeira, Túlio A. de Araújo Mendes.

### NÚCLEO NORDESTE - Carlos Henrique Medeiros

**Conselho Deliberativo:** Edval Lopes da Silva, Fagner França, Francisco Said Gonçalves, Heitor Neves Maia, José Braz Diniz Filho, Kleiton Cassimiro, José Vitoriano de Britto Neto, Marcos Paulo Souza Novais, Olavo Santos Junior, Ubiratã Maciel, Ricardo Farias do Amaral e Vanildo Fonseca



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA  
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

### SECRETARIA EXECUTIVA

**Secretária Executiva:** Luciana Marques  
Av. Profº Almeida Prado, 532 – Prédio 11 –  
Cidade Universitária – São Paulo – SP  
Telefone: (11) 3767-4361 / (11) 3719-0661  
Email: [abge@abge.org.br](mailto:abge@abge.org.br) – Home Page: [www.abge.org.br](http://www.abge.org.br)

---





É com grande satisfação que apresentamos o segundo número da Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (RBGEA) do ano de 2015. Os artigos publicados abordam diferentes temas na área da Geologia de Engenharia e Ambiental, sendo de interesse de todos os associados da ABGE.

Maurício Pozzobon e colaboradores tratam da análise da suscetibilidade a deslizamentos da unidade geomorfológica Serrania do Baixo e Médio Itajaí-Açu, no município de Blumenau/SC. Os autores aplicaram a regra de Bayes da probabilidade condicional, através da técnica de pesos de evidência, para analisar as relações espaciais entre um conjunto de potenciais fatores condicionantes de deslizamentos e um conjunto de 205 cicatrizes de deslizamentos ocorridos em 2008, na área de estudo. São apresentadas 6 diferentes combinações de integração dos fatores.

O artigo apresentado por Daniela Garroux Gonçalves de Oliveira e colaboradores aborda a aplicação do televisionamento de sondagens em uma fase de projeto básico do Metrô de São Paulo. A partir dos dados de estruturas obtidas em 17 sondagens, com a perfilagem de 503 metros de rocha, foram definidos os principais blocos formados e analisada a estabilidade destes ao longo dos trechos de túnel e nas paredes de vala de estações e poços.

Marcos Tanaka Riyis e coautores apresentam um estudo de caso onde diversas ferramentas de investigação de alta resolução foram utilizadas em conjunto para determinar, delimitar e caracterizar as diversas camadas estratigráficas de um

solo residual contaminado por óleo lubrificante para a estimativa da massa de contaminantes.

Uma metodologia alternativa para determinação do escoamento superficial por chuva e dos sedimentos gerados por erosão em taludes naturais ou construídos, aplicada por meio da adoção de um sistema de chapas de coletas é proposto no trabalho de Jucielli Quatrin Nunes e colaboradores da UFTPR e da UNESP.

Vitor Santini Müller e coautores da UFSC publicam um artigo onde apresentam um protocolo para a realização, em campo, de ensaios de cisalhamento direto em regime de múltiplos estágios no contexto de mapeamento geotécnico; uma alternativa que possibilita a obtenção expedita de parâmetros de resistência a partir de uma adaptação do equipamento tradicionalmente utilizado em laboratório.

O artigo de Fábio Conrado de Queiróz e colaboradores apresenta uma compilação de dados de propriedades e parâmetros físicos do acervo de rochas silicatadas do IPT, composto por um universo de 412 amostras. Os resultados desta compilação contribuem significativamente com a definição de parâmetros para estudos futuros.

Estamos certos de que o conjunto das informações disponíveis em mais este número da RBGEA configura uma contribuição relevante de profissionais da área de Geologia de Engenharia e Ambiental para a aplicação de novas metodologias e novos procedimentos na área.

Desejamos a todos uma ótima leitura!





- 9** ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA SERRANIA DO BAIXO E MÉDIO ITAJAÍ-AÇU, NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU/SC  
*Maurício Pozzobon*  
*Gustavo R. Curcio*  
*Claudinei T. da Silveira*
- 26** APLICAÇÃO DO TELEVISIONAMENTO DE SONDAgens EM FASE DE PROJETO BÁSICO DO METRÔ DE SÃO PAULO  
*Daniela Garroux Gonçalves de Oliveira*  
*Marcelo Denser Monteiro*  
*Fabio Taioli*  
*Hugo Cassio Rocha*  
*Gabriel Guimarães Facuri*  
*Alessandro Lugli Nascimento*
- 38** ESTIMATIVA DA MASSA DE CONTAMINANTES COMPARANDO TÉCNICAS TRADICIONAIS COM FERRAMENTAS DE INVESTIGAÇÃO DE ALTA RESOLUÇÃO (HRSC)  
*Marcos Tanaka Riyis*  
*Heraldo Luiz Giacheti*  
*Mauro Tanaka Riyis*  
*Rafael Muraro Derrite*
- 50** METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA DETERMINAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL POR CHUVA E DOS SEDIMENTOS GERADOS POR EROSÃO EM ENCOSTAS  
*Jucielli Quatrin Nunes*  
*Vitor André Genehr*  
*Simone Andrea Furegatti*
- 61** PROPOSIÇÕES PARA UM CISALHAMENTO DIRETO DE CAMPO: ALTERNATIVA EM MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS  
*Vitor Santini Müller*  
*Nilo Rodrigues Júnior*  
*Matheus Klein Flac*  
*Murilo da Silva Espíndola*  
*Regiane Mara Sbroglia*  
*Rafael Augusto dos Reis Higashi*  
*Juan Antonio Altamirano Flores*



# ESTIMATIVA DA MASSA DE CONTAMINANTES COMPARANDO TÉCNICAS TRADICIONAIS COM FERRAMENTAS DE INVESTIGAÇÃO DE ALTA RESOLUÇÃO (HRSC)

*HYDROCARBONS MASS ESTIMATION COMPARING CONVENTIONAL TOOLS WITH  
HIGH-RESOLUTION SITE CHARACTERIZATION TOOLS*

MARCOS TANAKA RIYIS

*ECD Sondagens Ambientais Ltda.; Centro Universitário SENAC. Faculdade de  
Engenharia de Bauru (FEB)/UNESP. Sorocaba-SP. E-mail: marcos@ecdambiental.com.br*

HERALDO LUIZ GIACHETI

*Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB)/UNESP – Departamento de  
Engenharia Civil. Bauru-SP. E-mail: giacheti@feb.unesp.br*

MAURO TANAKA RIYIS

*ECD Sondagens Ambientais Ltda. Sorocaba-SP. E-mail: mauro@ecdambiental.com.br*

RAFAEL MURARO DERRITE

*Stricto Soluções Ambientais Ltda e Faculdade de Engenharia de  
Bauru (FEB)/UNESP. Sorocaba-SP. E-mail: rafael@strictoambiental.com.br*

## RESUMO ABSTRACT

Uma das principais perguntas a serem respondidas pela investigação detalhada e pela investigação para remediação no Gerenciamento de Áreas Contaminadas é qual a massa de contaminante que precisa ser remediada, seja por remoção de massa, seja por transferência ou mudança de estado desse contaminante. Quando a maior parte da massa se encontra em fase retida, adsorvida ou residual, a abordagem tradicional de amostragem de solo apresenta muitas incertezas, que não permitem uma boa estimativa dessa massa. O presente trabalho mostra um estudo de caso em que diversas ferramentas de investigação de alta resolução foram utilizadas em conjunto para determinar, delimitar e caracterizar as diversas camadas estratigráficas de um solo residual contaminado por óleo lubrificante de cadeia longa. Além dessa avaliação em detalhe do meio físico, foram coletadas e encaminhadas ao laboratório de análises químicas várias amostras (variando entre 4 e 10) de cada ponto de amostragem. O cruzamento das informações em detalhe do meio físico com

One of the main questions to be answered by site assessment and remedial site investigation in Contaminated Sites is the contaminant mass to be removed, either by mass removal remediation technics, or by mass transfer process. When most of the mass is in adsorbed phase, the traditional soil sampling approach has many uncertainties that do not allow a reliable mass estimative. This paper shows a case study in which several high-resolution site characterization (HRSC) tools and interpretation approach were used together to determine, define and characterize the different stratigraphic layers of a lubricating oil contaminated soil. Besides this detailed geological evaluation, many soil samples (4 to 10) were selected and sent to chemical analysis laboratory in each soil sampling point. The crossing of the detailed hydrostratigraphic information with specific punctual concentrations allowed a very accurate estimate of the adsorbed lubricating oil total mass to be removed. The estimated mass by high resolution investigation is 30591 kg, while the mass

as concentrações pontuais permitiram uma estimativa muito precisa da massa total de óleo lubrificante a ser remediado. A massa estimada pela investigação de alta resolução é de 30.591 Kg, enquanto a massa estimada por abordagem tradicional era de 73.800 Kg, mostrando que uma investigação adequada reduz os custos na remediação.

**Palavras-chave:** Investigação geoambiental, investigação de alta resolução, amostragem de solo, remediação, áreas contaminadas

## 1 INTRODUÇÃO

O Decreto 59.263, que regulamenta a Lei Estadual 13.577, estabelece que, nos projetos de intervenção em áreas contaminadas, sejam priorizadas medidas de remoção de massa (São Paulo, 2013). Para que essa massa seja removida, é preciso que o Modelo Conceitual da área tenha definido, de forma clara, a quantificação dessa massa, onde ela está e qual a sua interação com o meio físico. Esse Modelo Conceitual é definido e refinado durante as etapas de diagnóstico. O Manual do Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (1999) preconiza que, ao final do diagnóstico (no referido documento, ao final da Investigação para Remediação), é fundamental que esse Modelo Conceitual tenha poucas e gerenciáveis incertezas.

Quando o contaminante é um composto orgânico volátil (VOC) ou semivolátil (SVOC), a massa de contaminantes pode estar em fase livre, retida, dissolvida ou vapor, e a quantificação da massa deve ocorrer em todas as mídias de interesse.

Diversas referências, como Elis (2014), Pitkin (2008), Pitkin et. al. (1999), apontam que a maior parte da massa de contaminante está em fase retida, adsorvida ou residual no solo, normalmente na zona saturada (com exceção da área fonte, onde há boa parte da massa retida na zona não saturada), portanto, a quantificação dessa massa que está de alguma forma ligada ao solo é fundamental para qualquer plano de intervenção que envolva remediação. Mesmo para os que não envolvem a remoção de massa, essa quantificação é essencial para justificar a escolha por outro método alternativo de intervenção, como: contenção, medidas de engenharia ou de controle institucional.

was estimated by traditional approach of 73800 kg showing that a proper investigation reduces costs in remediation.

**Keywords:** Geo-environmental site characterization, high-resolution site characterization, soil sampling, contaminated sites

Os procedimentos da CETESB (2007) específicos para investigação de hidrocarbonetos de petróleo obrigam uma avaliação, em campo, da presença de Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) no solo, medidos através de um equipamento apropriado de detecção desses VOCs, como um detector por oxidação catalítica ou um detector por fotoionização (PID). Essa medição de VOCs no solo é exigida somente até a franja capilar, portanto, não existe a obrigatoriedade (ou seja, se não é obrigado, dificilmente é feito) de amostrar o solo na zona saturada. Da mesma forma, o senso comum no Brasil entende que seguir o Manual do Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (1999), mesmo para investigação de VOC clorados, significa amostrar o solo até a franja capilar, e a água subterrânea na zona saturada, ou seja, são raras as vezes em que ocorre amostragem de solo na zona saturada para determinação da massa retida, ou mesmo da massa total, mesmo sendo essa uma atividade essencial para a elaboração de um plano de intervenção adequado (Riyis, 2014).

O presente trabalho mostra a diferença entre a massa total de hidrocarbonetos de petróleo estimada através do método tradicional, com amostragem de solo somente até a franja capilar e encaminhamento de uma única amostra daquele ponto para análise química em laboratório e a massa calculada através da abordagem proposta, que prevê coleta de amostras de solo na zona saturada e não saturada, realização de *screening* de campo e seleção de múltiplas amostras por ponto para encaminhamento ao laboratório de análises químicas. Essa abordagem permite um entendimento muito mais completo da distribuição dos contaminantes e de sua interação com o meio físico.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

- Sonda Mecanizada marca AMS, modelo Power Probe 9100-ATV (Power Probe) – Figura 1;



**Figura 1.** Sonda AMS Power Probe 9100 ATV efetuando operação *Dual Tube Sampling*.

- Ferramental para Cravação Contínua (*Direct Push*) com amostrador tubular *liner* modelo *Dual Tube*, onde o amostrador é revestido pelo tubo externo, e ambos são cravados simultaneamente. Além do amostrador tubular, o ferramental é composto de hastes prolongadoras, revestimentos prolongadores, acoplamentos e um retentor de amostras para auxiliar na recuperação do solo dentro do amostrador (Figuras 2 e 3). O amostrador tem 1,20 m de comprimento e 37 mm de diâmetro. O revestimento tem 1,20 m de comprimento e 70 mm de diâmetro;



**Figura 2.** Parte superior do Amostrador Tubular *Liner* revestido pelo tubo externo do *Dual Tube*.



**Figura 3.** Parte inferior do Amostrador Tubular *Liner* revestido pelo tubo externo do *Dual Tube*.

- Lâmpada de luz ultravioleta UV-A com comprimento de onda 330-360 nm;
- Espátulas de inox;
- Frascos sem preservantes, fornecidos pelo laboratório Analytical Technologies (Anatech).

### 2.2 Métodos

Em cada ponto de amostragem de solo, foi realizado o seguinte procedimento:

1. Cravação do ferramental de amostragem de solo *Dual Tube* (Figura 5);



**Figura 5.** Cravação do equipamento *Dual Tube* para coletar amostras de solo.

2. Retirada do amostrador *liner* de dentro do revestimento;
3. Identificação do ponto e profundidade da amostra no próprio *liner* (Figura 6);
4. Colocação de um novo amostrador dentro do revestimento;

5. Acoplamento das hastes prolongadoras e revestimentos prolongadores para a coleta de nova amostra;
6. No final da amostragem, retirada dos revestimentos ao mesmo tempo em que ocorria a adição, por gravidade, de calda de bentonita, para evitar contaminação cruzada pelo furo de sondagem.



Figura 6. Amostras de solo nos *liners*, identificadas com suas respectivas profundidades.

Após a retirada da amostra, era realizado, com cada *liner*, o seguinte procedimento:

1. Abertura do liner através de dois cortes longitudinais, gerando uma abertura de, aproximadamente, 1/3 do diâmetro total do amostrador;
2. Registro fotográfico com uma trena;
3. Análise da amostra com a lâmpada UV-A para identificação dos *hot spots* de óleo lubrificante retido/adsorvido no solo (Figura 8);



Figura 8. Detecção visual de produto no solo através de UV-A.

4. Registro fotográfico com a lâmpada UV-A ligada para evidenciar os *hot spots* (Figura 9);

5. Descrição do solo amostrado, para posterior elaboração do perfil estratigráfico;

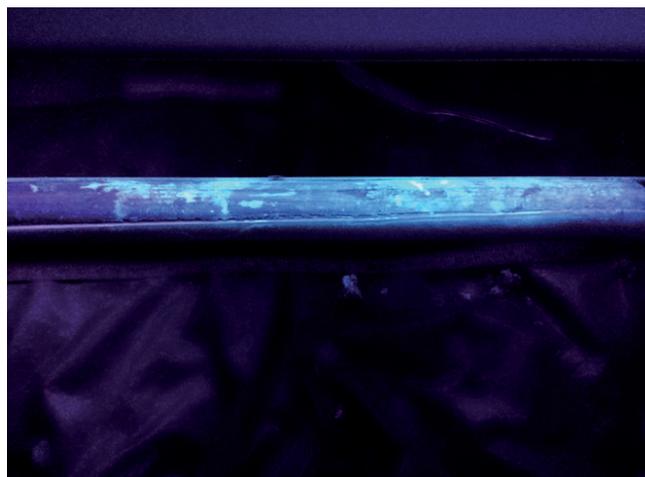
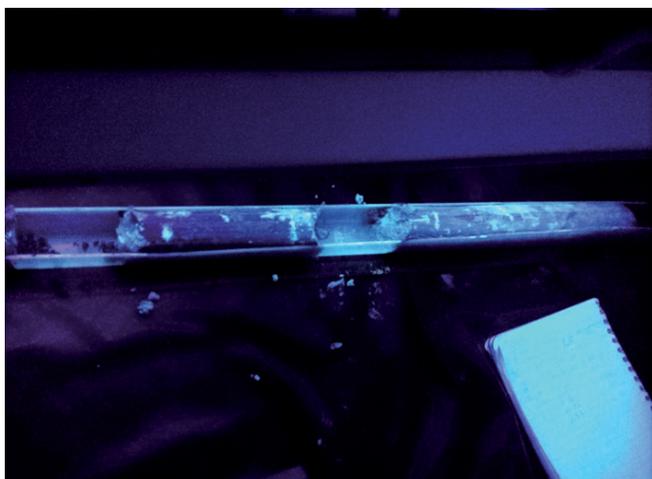


Figura 9. Detecção visual de produto no solo através de UV-A para registro fotográfico.

6. Eram selecionadas e colocadas nos fracos apropriados todas as amostras dos pontos em que fosse identificada, pela lâmpada UV-A, uma anomalia indicando presença de óleo no solo. Essa amostra correspondia a aproximadamente 3,0 cm do comprimento do *liner* (Figuras 10 e 11);
7. Após essa seleção, uma alíquota com a mesma quantidade de solo, retirada do ponto imediatamente superior àquele que foi selecionado no frasco, era colocada em um saco plástico tipo *Zip*, desagregada e medida com o aparelho tipo PID;
8. Nos *liners* que a lâmpada UV-A não indicava nenhuma anomalia, eram selecionadas alíquotas para avaliação no PID nos contatos litológicos, nas pontas e no centro do *liner*;



Figura 10. Seleção da amostra discreta a ser enviada ao laboratório após aplicação do UV-A.



**Figura 11.** Análise com UV-A do *liner* após amostra discreta ter sido retirada.

9. Nos pontos em que nenhum *liner* indicou anomalia no UV-A, foi selecionada 01 amostra de solo e encaminhada ao laboratório, na mesma camada hidrogeológica em que a fase retida foi detectada nos demais pontos;
10. Nos pontos em que muitas amostras foram selecionadas, optou-se por enviar ao laboratório apenas algumas alíquotas, que fossem mais representativas da heterogeneidade geológica vertical, e, limitada a seis amostras por ponto;
11. A descrição tátil-visual era completada, possibilitando a definição das zonas-alvo de monitoramento da água subterrânea (zonas preferenciais de fluxo), das diferentes camadas estratigráficas e hidroestratigráficas, e das camadas representantes das zonas de armazenamento (retenção) de contaminantes em fase retida;

Antes de cada sondagem, foi executada uma sondagem de reconhecimento a trado manual em torno de 1,0 m de profundidade, como procedimento de segurança, no intuito de identificar possíveis interferências subterrâneas (rede pluvial, esgoto, energia). Após cada sondagem, era efetuada a lavagem e descontaminação de todo o ferramental, evitando contaminação cruzada de um ponto a outro.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas 29 sondagens Direct Push aplicando o procedimento descrito no item 2, com

o objetivo de determinar o perfil estratigráfico inicial, fazer um *screening* de fase retida em campo com equipamento de luz UV-A, coletar amostras para análise química para delimitar tridimensionalmente a possível fase retida e identificar as camadas de fluxo preferencial (unidades aquíferas significativas). De acordo com o procedimento, nos pontos em que o equipamento indicasse a presença de fase retida de Hidrocarbonetos de Petróleo (HP), seriam selecionadas as amostras para encaminhamento ao laboratório de análises químicas. Um exemplo desse *screening* pode ser visto na Figura 12, que mostra o *liner* de 1,20 m a 2,40 m do ponto SD-07.

As descrições do perfil de cada ponto de sondagem e as profundidades exatas onde cada amostra de solo foi encaminhada ao laboratório estão exemplificadas na Figura 13, que mostra oito desses pontos (SD-01 a SD-08).



**Figura 12.** *Screening* com equipamento de luz UV-A indicando a presença de fase retida no *liner* de 1,20-2,40 m no ponto SD-07

Com base na descrição dos perfis de solo das amostras coletadas, foi estabelecido o modelo estratigráfico inicial da área de interesse, apresentando 09 unidades distintas:

1. Argila arenosa, plástica, pouco consistente, cinza clara;
2. Argila rija, não plástica, marrom avermelhada;
3. Argila arenosa, não plástica, pouco consistente, marrom amarelada;
4. Argila plástica, pouco consistente, marrom escuro;
5. Areia fina argilosa, marrom amarelada;
6. Argila arenosa, não plástica, consistente, marrom avermelhada;
7. Argila arenosa, plástica, consistente, cinza/marrom;
8. Areia média/grossa, marrom amarelada;
9. Areia fina, cinza clara.

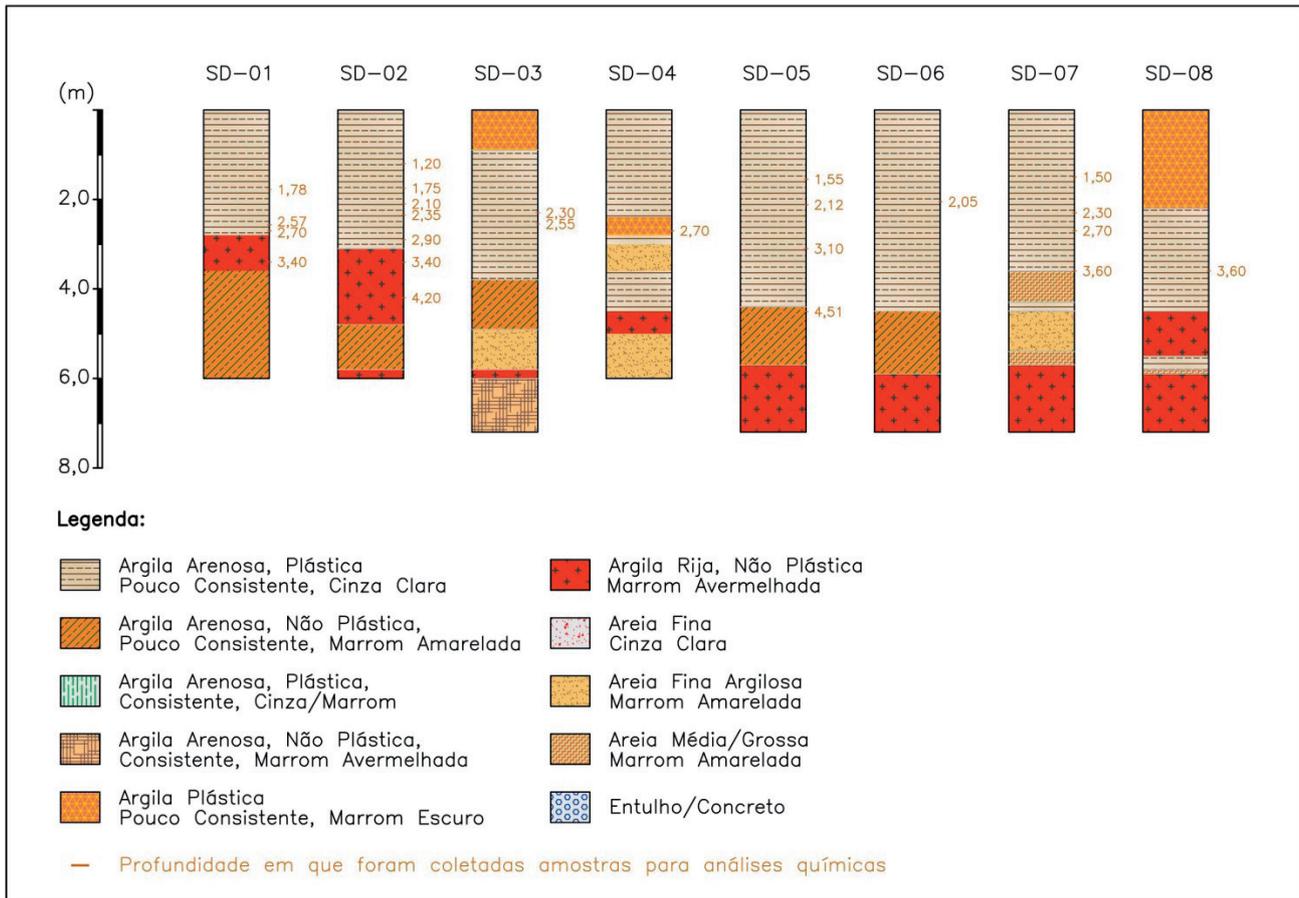


Figura 13. Exemplo de descrição do perfil do subsolo com as profundidades de coleta de amostras

A camada mais representativa – argila arenosa, plástica, pouco consistente, cinza clara, apresenta as seguintes características físicas: composição granulométrica 46,3% de areia; 32,75% de argila; 20,95% de silte; fração de carbono orgânico total de 1,64%, porosidade total 39,4% e densidade 1,61 g/cm<sup>3</sup>. Outra camada significativa é a que foi descrita tátil-visualmente como “argila arenosa, não plástica, pouco consistente, marrom amarelada”. As características dessa camada são:

composição granulométrica: 36,93% de areia, 40,25% de argila e 22,83% de silte, fração de carbono orgânico desprezível, porosidade total de 48,1%, porosidade efetiva de 8,89% e densidade de 1,21 g/cm<sup>3</sup>. A camada de fluxo mais significativa é a “areia média/grossa, marrom amarelada”. A composição granulometria dela é de 61,95% de areia, 26,4% de argila e 11,40% de silte.

Os resultados das análises químicas encontram-se na Tabela 1

**Tabela 1.** Resultados das análises químicas de solo para o parâmetro TPH-Total

Valor de Intervenção para TPH-Total = 5.000 mg/Kg					
Ponto	Profundidade (m)	Concentração (mg/Kg)	Ponto	Profundidade (m)	Concentração (mg/Kg)
SD 01	1,78	12.330,57	SD 13	0,95	5.541,34
	2,57	13.546,77		1,83	8.509,16
	2,70	8.860,70		1,93	7.070,98
	3,40	1.592,45		2,35	6.774,04
SD 02	1,20	9.115,14	SD 14	2,75	4.976,42
	1,75	12.098,77		2,85	5.519,25
	2,10	4.372,08		3,18	3.867,69
	2,35	6.345,48		4,50	< 35
	2,90	11.591,20		2,00	343,7
SD 03	3,40	2.333,57	SD 15	2,30	1.653,97
	4,20	1.357,97		3,30	< 33
SD 04	2,30	< 362	SD 16	2,30	< 37
	2,55	8.232,88		1,15	7.094,71
SD 05	2,70	< 35	SD 17	1,98	12.614,31
	1,55	8.614,04		3,50	6.697,69
	2,12	5.721,39		4,05	696,12
SD 06	3,10	3.221,51	SD 18	3,30	< 34
	4,51	< 37		1,00	6.844,56
	2,05	5.560,98		2,25	1.422,67
SD 07	2,80	1.184,60	SD 19	3,60	< 36
	1,50	4.258,70		2,20	7.442,95
	2,30	6.748,76		2,80	3.409,62
	2,70	9.299,78		3,70	359,07
SD 08	3,60	1.640,74	SD 20	3,50	< 34
	3,60	< 36		3,30	< 37
SD 09	3,50	< 35	SD 21	3,30	< 37
SD 10	3,50	< 35	SD 22	3,90	1.326,68
SD 11	3,00	< 34		1,10	< 320
SD 12	3,30	< 34	SD 29	1,80	< 339
	1,10	7.572,24		2,60	17.302,80
	1,93	3.762,62		3,20	10.301,70
	2,10	4.963,29		3,50	5.540,50
	2,23	2.669,21		3,80	< 335
	2,75	4.751,20		5,00	< 332
	2,90	2.342,34			
	3,47	4.065,22			
	3,85	444,22			
	4,25	< 37			

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Interpretação Tradicional

A interpretação tradicional das amostras de solo, determinada pelo Manual do Gerenciamento de Áreas Contaminadas e pelos procedimentos da CETESB (1999), indicariam a necessidade de se enviar uma amostra de solo por ponto para o laboratório de análises químicas, na profundidade em que se obtivesse o maior valor de VOC medido em campo, ou da franja capilar. A amostragem de solo tradicional também seria diferente, seria de metro em metro, onde um amostrador *liner* seria serrado ao meio, com metade dele servindo de base para a medição de VOC e a outra metade armazenada em temperatura menor que 4°C. Se aquela alíquota

fosse selecionada, o solo da metade do *liner* seria colocado em parte dentro do frasco e enviado ao laboratório, que faria sub-amostras para submeter à análise química (CETESB, 2007). Nessa abordagem, as incertezas são muito grandes, pois um frasco representa 1,0 m do perfil do solo e, como pode ser visto nos resultados, há uma grande variação de concentração dentro de 1,0 m.

Considerando o maior valor obtido do ponto e extrapolando esse valor para o perfil inteiro desse ponto, seriam plotadas as isolinhas de concentração de TPH-Total em fase retida da forma como podem ser vistas na Figura 14. Essa plotagem dá um resultado em planta (bidimensional) que, de acordo com a abordagem tradicional, é considerado representativo de toda a zona vadosa (para esse caso, 3,50 m).



Figura 14. Isolinhas de concentração de TPH-Total retido plotadas de acordo com o método tradicional

Para calcular a massa de contaminantes em fase retida, portanto, multiplica-se a área representativa da pluma, pela espessura da zona vadosa, pela densidade média estimada de todo esse

volume de solo pela concentração média dessa pluma. Para a área de maior concentração, utilizou-se 11.750 mg/Kg, pois é a média entre o limite (10.000 mg/Kg) e a maior concentração obtida

(13.500 mg/Kg). Para a área de menor concentração, utilizou-se a média entre o limite inferior, de 1.000 mg/Kg e superior, de 10.000 mg/Kg. A média, portanto, é de 5.500 mg/Kg. Utilizou-se o valor médio da literatura de 1400 Kg/m<sup>3</sup> como densidade do solo. Com esses valores, obtém-se a massa de 73,8 toneladas de TPH retido no solo.

#### 4.2 Interpretação de Alta Resolução (HRSC)

A interpretação da massa retida através da abordagem de alta resolução visa diminuir as incertezas ao avaliar, em escala de detalhe, não a concentração média, mas sim, a distribuição desse contaminante e sua interação com o meio físico. A importância dessa interação está de acordo com as mais recentes abordagens para investigação de áreas contaminadas, como Suthersan et al (2015) que chamou de “*SMART Characterization*” a abordagem que busca otimizar a remediação aplicando técnicas de investigação que priorizem a determinação da massa e do fluxo de massa. Chapman et al (2011), Ellis (2014), Quinnan et al (2010), Pitkin (2008), entre outros mostram que o olhar detalhado para os dados da interação contaminante/meio físico são fundamentais para a determinação da massa “imóvel”, que, de alguma forma (residual, retida ou adsorvida) está ligada ao solo, em oposição à massa “móvel” que está dissolvida na água subterrânea. O cálculo mais acurado da massa total é fundamental para que seja realizado um plano de intervenção adequado (RIYIS, 2014) e que obedeça a legislação (SÃO PAULO, 2013).

O protocolo de amostragem seguiu o procedimento denominado por Ellis (2014) e referendado por Suthersan et al (2015), de *whole-core soil sampling* (WCSS), que é parte fundamental de uma abordagem maior de investigação de alta resolução (HRSC) descrita por Pitkin (2008), Riyis (2012), Dymont (2011), Crumbling (2004), e consiste em determinar a massa de contaminantes que está ligada ao solo, seja em fase retida, residual ou adsorvida, especialmente nas zonas de armazenamento (Quinnan et al, 2010) ou de baixa permeabilidade, onde costuma estar 90% da massa total dos contaminantes em uma área fonte (Dymont, 2011; CHERRY et al, 2009).

O cálculo da massa total de TPH em fase retida, nessa abordagem, foi feito da seguinte forma:

- Em cada ponto de amostragem de solo, são delimitadas as camadas de acordo com suas características físicas. Cada camada possui uma espessura, em metros;
- Tomando-se uma área-base, de 1,0 m<sup>2</sup>, obtém-se o volume de solo dessa camada;
- Com o valor de densidade dessa camada específica (obtido através das análises físicas das amostras de solo), obtém-se a massa (Kg) de solo relativa a esse volume;
- Com os valores de concentração de TPH (mg/Kg), obtém-se a massa de TPH retida no solo por m<sup>2</sup> de área. Quando há mais de uma concentração na mesma camada, considera-se um valor médio para toda a camada, ou o maior valor até o ponto em que há um valor menor. Se não há amostra em alguma das camadas significativas, toma-se o valor mais próximo dela na camada superior e considera-se a camada inteira com a metade da concentração desse valor mais próximo;
- Por fim, em planta, verifica-se a área que cada ponto representa e multiplica-se a massa obtida (Kg/m<sup>2</sup>) por essa área calculada, obtendo-se a massa total retida;

O cálculo da massa total de TPH retido no solo está na Tabela 2.

Observa-se que a massa de TPH ligada ao solo (retida, adsorvida ou residual) calculada pela metodologia da alta resolução, seguindo os protocolos do *whole-core soil sampling* (ELLIS, 2014) e a abordagem *SMART* (SUTHERSAN et al, 2015), com menores incertezas, corresponde a 41% da massa de 73,8 toneladas calculada pela metodologia tradicional utilizando a abordagem consagrada e considerada como o mínimo necessário pelos órgãos ambientais.

Byrnes (2009) já indicava a importância de uma investigação para remediação em escala de detalhe, em oposição às investigações confirmatórias e detalhadas, que, respectivamente, têm o objetivo de detectar a presença de contaminação e verificar se essa contaminação vai causar risco a algum receptor. Mesmo sem citar ferramentas sofisticadas de obtenção de dados em tempo real, o autor considera que a investigação para remediação deve ir além do tradicional e buscar encontrar o centro de massa da contaminação e sua interação com o meio físico.

**Tabela 2.** Cálculo da massa de TPH-total retida no solo

	Massa de TPH retida (Kg <sub>TPH</sub> /m <sup>2</sup> )	Área representativa (m <sup>2</sup> )	Massa Total de TPH retida (Kg <sub>TPH</sub> )
SD-01	41,03	33,75	1.384,89
SD-02	34,7	19,74	684,98
SD-03	27,19	70,59	1.919,36
SD-04	0	95,59	0,00
SD-05	19,62	57,59	1.130,06
SD-06	19,70	90,35	1.779,63
SD-07	18,62	33,7	627,40
SD-08	0	204,51	0,00
SD-09	0	79,45	0,00
SD-10	0	110,22	0,00
SD-11	0	266,15	0,00
SD-12	26,64	27,46	731,57
SD-13	32,07	35,52	1.139,26
SD-14	1,96	82,21	161,29
SD-15	0	180,98	0,00
SD-16	50,62	93,93	4.754,92
SD-17	0	328,95	0,00
SD-18	26,80	134,69	3.609,66
SD-19	19,06	10,03	191,16
SD-20	0	289,89	0,00
SD-21	0	666,51	0,00
SD-22	8,97	110,5	2.961,87
SD-23	38,62	88,23	3.407,65
SD-28	52,80	107,96	5.699,97
SD-29	3,69	110,32	407,45
<b>Massa Total de TPH Retida (Kg)</b>			<b>30.591,13</b>

Há, evidentemente, um aumento dos custos de uma investigação que priorize os detalhes do meio físico e da interação desses com o contaminante, porém, esse incremento nos custos de investigação é compensado pela redução dos custos de remediação, uma vez que a massa calculada é significativamente menor. Outra vantagem importante da investigação em alta resolução que pode ser observada nesse estudo é a redução do tempo da remediação, pois, imaginando uma estimativa de 73,8 toneladas como verdadeira, uma redução de massa de contaminante de 30 toneladas corresponderia a 42% da massa estimada, quando, na verdade, a redução seria de 98%, pois a massa

encontrada com a investigação de alta resolução foi de 30,6 toneladas. Por fim, outro aumento da eficiência e eficácia da remediação após uma investigação em detalhe se daria pela obtenção da posição tridimensional exata dos principais centros de massa da contaminação, que seria impossível de obter por uma investigação tradicional.

Em resumo, a redução dos custos e o aumento da eficiência e eficácia da remediação compensam o aumento nos investimentos em investigação, se essa for feita com uma abordagem que priorize os detalhes do meio físico e da interação meio físico/contaminante, como o presente estudo indicou.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração de um Modelo Conceitual adequado é condição primordial para um projeto de remediação minimamente eficaz. Para se elaborar esse Modelo Conceitual, é preciso que a etapa de investigação da área contaminada seja conduzida corretamente, com as melhores ferramentas disponíveis, mas isso nem sempre é feito, ou devido ao (aparentemente) custo mais elevado e/ou ao desconhecimento dos profissionais sobre as metodologias mais eficazes para cada caso, que preferem seguir o passo-a-passo dos procedimentos tradicionais, acarretando em erros no diagnóstico.

Um desses erros é a estimativa de massa retida, que, se for feita pela abordagem tradicional, leva em conta apenas a zona não saturada e toma uma única amostra (com erros no processo de amostragem) para representar toda a extensão vertical daquele ponto, sem levar em conta o meio físico em que a massa está inserida. A abordagem de alta resolução, por outro lado, prioriza a investigação detalhada do meio físico, da interação massa/meio e o entendimento da distribuição vertical do contaminante, na zona não saturada e na zona saturada, particularmente nas regiões de baixa permeabilidade.

O presente trabalho mostrou que a diferença no cálculo da massa retida pelas duas abordagens foi muito grande nesse caso (73,8 toneladas na abordagem tradicional e 30,6 toneladas na abordagem de alta resolução), e se a abordagem tradicional fosse utilizada como único diagnóstico da área, os custos de revitalização seriam muito superiores ao necessário. Portanto, um custo mais alto na etapa de investigação se justifica plenamente, na medida em que esse recurso será economizado na etapa posterior.

## REFERÊNCIAS

- Byrnes, M. E. 2009. *Field Sampling Methods for Remedial Investigation, 2<sup>nd</sup> Edition*. CRC Press, Boca Raton, FL, 348p.
- CETESB - Companhia Ambiental de São Paulo. 1999. *Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas*. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas\\_contaminadas/manual.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/manual.asp)>
- CETESB - Companhia Ambiental de São Paulo. 2007. *Procedimento para Identificação de Passivos Ambientais em Estabelecimentos com Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC)*. São Paulo.
- Chapman S., Parker B. 2011. *High-Resolution Field Characterization and Numerical Model of Contaminant Storage and Release for Low Permeability Zones*. SERDP/ESTCP Partners in Environmental Technology Technical Symposium and Workshop. Washington/DC.
- Cherry J., Parker B. 2009. *DNAPL Contamination on Groundwater*. Anais do I Congresso Internacional do Meio Ambiente Subterrâneo (CIMAS). São Paulo-SP.
- Crumbling D. M. 2004. *Building a Second-Generation Data Quality Model*. Triad Training, EPA National Site Assessment Symposium. San Diego.
- Dyment, S. 2011. *Using High-Resolution Site Characterization to Improve Remediation Design and Implementation*. Federal Remediation Technologies Roundtable. Washington-DC.
- Ellis R. E. 2014. *Summary of Findings for the 2013; High-Resolution Groundwater Hydraulic Investigation and Geochemical Investigation; Former Burgess-Norton Mfg. Co., Inc.; 660 Nims Street; Muskegon, MICHIGAN; MDEQ Site ID 61000410*. Relatório Técnico submetido ao Michigan Department of Environmental Quality. Arcadis-US. Michigan Office. 09/04/2014. Disponível em [http://nimsreport.com/documents/2F2013\\_660\\_Nims\\_Investigation\\_Report\\_MDEQ\\_Text-Tables-Figures\\_Final.pdf](http://nimsreport.com/documents/2F2013_660_Nims_Investigation_Report_MDEQ_Text-Tables-Figures_Final.pdf)
- Pitkin S., Cherry J. A., Ingleton R.A., Broholm M. 1999. *Field demonstrations using the Waterloo ground water profiler*. Ground Water Monitoring and Remediation, Spring: 122-131.
- Pitkin S.. 2008. *High Resolution Site Characterization at TRIAD Approach*. In: Triad Investigation: New Approaches and Innovative Strategies.. Disponível em [www.clu-in.org/conf/tio/triad4/prez/triad4ppt.ppt](http://www.clu-in.org/conf/tio/triad4/prez/triad4ppt.ppt)

- Quinnan J.A, Welty N.R.W, Killenbek E. 2010. *Hydrostratigraphic and permeability profiling for groundwater remediation projects*. Paper 3-33 do CPT'10. Huntington Beach, CA. Maio/2010. Disponível em: [http://www.cpt10.com/PDF\\_Files/3-33Quihap.pdf](http://www.cpt10.com/PDF_Files/3-33Quihap.pdf)
- Riyis, M. T. 2014. *A Revitalização de Áreas Contaminadas passa por Correta Amostragem de Solo*. Revista Pollution Engineering – Brasil. Edição Jul-Set.
- Riyis, M. T. 2012. *Investigação geoambiental com tomada de decisão em campo utilizando o piezocone de resistividade como ferramenta de alta resolução*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental – FEB/UNESP. Bauru.
- SÃO PAULO. Decreto Nº 59.263, de 05 de Junho de 2013. *Regulamenta a Lei nº 13.577, de 08 de julho de 2009, que dispõe sobre as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas*. São Paulo. 2013. Legislação Estadual.
- Suthersan S., Quinnan J., Welty N. 2015. *The New ROI: Return of Investigation by Utilizing SMART Characterization Methods*. Ground Water Monitoring and Remediation, 35-n3. Summer: 25-33.

# DIRETRIZES PARA AUTORES

## PREPARAÇÃO PARA SUBMISSÃO

**Tipo e Tamanho de Arquivo:** O texto do manuscrito deverá ser enviado em **arquivo Word (.doc)**, **em separado**, com os locais de inserção das figuras assinalados, seguido das respectivas legendas. As **ilustrações** deverão ser enviadas em **arquivo .tif**, também **em separado** (uma ilustração por arquivo). O mesmo procedimento deverá ser adotado para as **tabelas**, em arquivo. doc.

O artigo não poderá ultrapassar a **10.000** palavras ou **20 páginas**, incluindo título, autores, instituições e e-mail, resumo e palavras-chave, abstract e keywords, texto, figuras, tabelas, mapas, referências e legendas.

Nenhum **arquivo** poderá ultrapassar a **10Mb** de tamanho.

**Forma de envio:** O texto deverá ser enviado junto com as **ilustrações** (inclusive tabelas) no Sistema Eletrônico de submissão (ver passos práticos para envio de manuscritos na página da RBGEA, no ítem “Instruções para envio de artigos”).

## ARTIGOS

**Organização de artigos:** deverá constar em sequência, o título, nome completo do(s) autor(es), instituição e e-mail (nome da instituição, cidade, estado, país e e-mail. Para alunos de mestrado ou doutorado, indicar “Programa de Pós-graduação”, instituição, e demais informações acima), resumo e palavras-chave, abstract e keywords, texto completo, referências, ilustrações e tabelas. O texto deve conter, preferencialmente: introdução, materiais e métodos, resultados, discussão, conclusões e agradecimentos.

**Hierarquização dos títulos e subtítulos:** Deve seguir o padrão:

Nível 1 - EM **NEGRITO**, TODAS AS LETRAS MAIÚSCULAS.

Nível 2 - Em **negrito**; a primeira letra da primeira palavra em maiúscula e as demais minúsculas.

Nível 3 - **ITÁLICO**, NÃO **NEGRITO**, TODAS AS LETRAS MAIÚSCULAS.

Nível 4 - **Itálico**, não **negrito**; a primeira letra da primeira palavra em maiúscula e as demais minúsculas.

Agradecimentos - **Negrito e itálico** (apenas o subtítulo). **Referências - Negritas e minúsculas** (apenas o subtítulo).

Manter um espaço simples entre itens e subitens do texto. Utilizar fonte Times New Roman, tamanho 11.

A indicação da inserção das ilustrações (figuras, tabelas, etc) no texto deverá ser em posição o mais próximo possível de sua primeira citação.

**Formato do Resumo, Resúmen e o Abstract:** Não poderão exceder 300 palavras cada, em parágrafo único, fonte Times New Roman, corpo 10, espaço simples (1,0) e serem seguidos de palavras-chaves, palabras claves e keywords (no mínimo 3 e máximo 5), respectivamente. Artigos em português, espanhol ou francês deverão ter o título vertido para o idioma inglês, em **MAIÚSCULO E ITÁLICO**, colocado após a palavra Abstract.

**Formato do texto:** Editar o texto em Word, fonte Times New Roman, corpo 11, espaço simples, papel A4, orientação em retrato e editado em apenas uma coluna. As margens deverão ter as seguintes medidas: superior: 2,0; inferior 2,0; esquerda 3,0 e direita 2,0. Digitar as tabelas em documentos word.

**Abreviações:** Devem ser evitadas ou mantidas ao mínimo. Se usadas, devem ser definidas na primeira vez que forem mencionadas e não devem ser utilizadas no título, resumo e abstract.

**Ilustrações:** A versão impressa da RBG publica ilustrações em preto e branco e tons de cinza. A versão “on line” publicações coloridas. As fontes usadas para textos sobre fotografias deve ser uma da família da Helvética.

As ilustrações gráficas, fotográficas e fotomicrográficas serão numeradas sequencialmente, na ordem de sua citação no texto e consideradas, mesmo pranchas, indiscriminadamente como Figuras. Deverão ser separadas do texto por uma linha. Não serão aceitos encartes. Fotografias de afloramentos deverão apresentar barra de escala e indicação do norte.

**Letreiros e símbolos das ilustrações** devem ter dimensões adequadas para permitir legibilidade. **As ilustrações** deverão ter **larguras** mínimas de **9** ou **18** centímetros (permitir diagramação em uma ou duas colunas). Explicar todos os símbolos. Escalas gráficas, se necessárias, devem ser colocadas dentro da área das ilustrações.

As **Tabelas** devem ser auto-explicativas, com as laterais abertas, concisas e numeradas seqüencialmente. Devem ser elaboradas em Times New Roman, corpo 9. As legendas das ilustrações deverão ser redigidas com a mesma fonte do texto e corpo.

**Formato das Figuras:** Só serão aceitas figuras .tif, devendo ter **resolução mínima de 300dpi**, com tamanhos largura de 8,7 cm ou de 17,7, com comprimento máximo de 21 cm.

**Fórmulas e Equações:** Numerar as fórmulas e equações seqüencialmente à direita, com números arábicos entre parênteses e, no texto, referir como “equação (1)”, etc.

**Citações no corpo do texto:** Deve-se seguir os formatos do seguinte exemplo: ...”Cunha (1985) interpreta a feição como uma estrutura de resfriamento magmático precoce, mas outros (Lima 1986, Fonseca *et al.* 1989, Ferreira & Araújo 1994) como uma feição tardia”.

**Referências: Relatórios internos são serão aceitos** nas referências, com excessão daqueles que são amplamente difundidos na comunidade científica e autorizados pelos consultores **ad hoc**. As referências deverão ser feitas em Times New Roman, corpo 10. Ao final do texto, ordenar as referências em ordem alfabética do sobrenome do primeiro autor, empregando os seguintes formatos:

#### LIVROS:

Arndt N.T. & Nisbet E.G. (Eds.) 1982. **Komatiites**. George Allen & Unwin, London, 526 pp.

#### CAPÍTULOS DE LIVROS:

Pollack H.N. 1997. Thermal characteristics of the Archean. **In:** M. de Wit & L.D. Ashwal (eds.) **Greenstone belts**. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, 25, Oxford University Press, p.: 223-232.

#### ARTIGOS DE PERIÓDICOS:

Resende M.G. & Jost H. 1995. Petrogênese de formações ferríferas e metahidrotermalitos da Formação Aimbé, Grupo Guarinos (Arqueano), Goiás. **Rev.Bras. Geoc.**, 25:41-50.

Resende M.G., Jost H., Osborne G.A., Mol A. 1998. The stratigraphy of the Goiás and Faina greenstone belts, Central Brazil: a new proposal. **Rev. Bras. Geoc.**, 28:1-15.

Sabóia L. A. 1979. Os **greenstone belts** de Crixás e Goiás, Go. **In:** SBG, Núcleo Centro-Oeste, **Boletim Informativo**, 9:44-72.

#### ARTIGOS EM PUBLICAÇÕES SERIADAS:

Barbosa O., Braun O.P.G., Dyer R.C., Cunha C.A.B.R. 1970. **Geologia da região do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, Boletim 136, 140 p.

#### TESES E DISSERTAÇÕES:

Resende L. 1995. Estratigrafia, petrografia e geoquímica da seqüência sedimentar do greenstone Belt de Pilar de Goiás, GO. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 124 p.

#### ARTIGOS PUBLICADOS EM EVENTOS:

Tassinari C.C.G., Siga Jr. O, Teixeira W. 1981. Panorama geocronológico do centro-oeste brasileiro: solução, problemática e sugestões. **In:** SBG, Simp. Geol. Centro-Oeste,1, **Atas**, p. 175.

#### ARTIGOS EM JORNAL:

Coutinho W.O. 1985. O Paço da cidade retorna ao seu brilho barroco. *Jornal do Brasil*, Rio de Janeiro, 6 mar. Caderno B, p.6.

#### ARTIGOS AINDA NÃO PUBLICADOS:

Silva R.C. (em preparação). Tectônica na região do Alto Iguaçu-PR. Pereira E.W. (submetido). Evolução geológica da faixa de dobramentos Açungui. *Revista Brasileira de Geociências*. Silva R.C. (no prelo). Tectônica na região do Alto Iguaçu-PR. *Revista Brasileira de Geociências* (Aceito ainda sem data de publicação).

#### FOTOGRAFIAS AÉREAS:

IGC - INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO 1986. (São Paulo). Projeto Lins Tupã. Foto aérea. Escala 1:25.000, São Paulo, Fx28, n. 15.

#### FOLHAS E MAPAS IMPRESSOS:

INPE - INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS 1987. São José dos Campos (SP): atualização do uso da terra. SF-23-Y-D-II-1 MI-2769/1. São José dos Campos, Mapa Topográfico, escala 1:100.000. Silva A.J. 1999. Mapa geológico da Bacia de Campos. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1 mapa geológico, escala 1:50.000.

## SÓCIOS PATROCINADORES DA ABGE

---

