

## **6100 Métodos de “screening”**

### **1 Métodos de “screening” – instrumentos para investigação confirmatória do local**

Os métodos de *screening* (rastreamento, reconhecimento, varredura) são levantamentos expeditos que têm como função confirmar ou não a suspeita de contaminação numa determinada área de interesse, através de técnicas que economizem tempo e investimentos.

Para essa análise, realizada na etapa de avaliação confirmatória, são utilizados métodos de campo rápidos e de baixo custo, geralmente de modo semiquantitativo que tem como objetivo definir algumas questões, como:

- confirmar a existência de contaminantes qualitativamente (orgânicos e inorgânicos);
- delimitar a extensão dessa contaminação (se possível);
- estabelecer a faixa de concentração (magnitude) em que essa contaminação se encontra (quantitativamente ou semiquantitativamente).

Além dessas informações, que são as bases do primeiro modelo conceitual do cenário de contaminação, existe uma segunda aquisição de dados, importante para a definição da estratégia de continuidade de caracterização da área afetada, a saber:

- mapeamento de pontos de maiores concentrações (*hot spots*);
- definição da localização de futuras sondagens e poços de monitoramento;
- conhecimento de questões relativas à segurança e higiene ocupacional dos trabalhadores que executam os levantamentos de campo, principalmente quando da existência de emissão de gases e vapores.

Portanto, uma das metas do “screening” é a obtenção de dados analíticos para definição *a posteriori* de uma caracterização detalhada do local afetado e também orientar futuros planos de monitoramento e recuperação.

Como se pode perceber, é na fase de “screening” que é definida a continuidade do processo, direcionando-se novas tomadas de amostras e posterior investigação detalhada.

Essas ações só serão desencadeadas se os valores encontrados nas análises das amostras a partir do “screening” ultrapassarem sobremaneira os valores-limite para determinados contaminantes de interesse. Na falta destes, surge a necessidade de comparação dos valores obtidos com os valores naturais de referência do local (*background*).

Os trabalhos de “screening” requerem rapidez nas respostas e baixo custo na execução dos testes; assim, é importante prever quais os contaminantes apresentam uma probabilidade maior de serem encontrados, em função do local contaminado e da atividade estabelecida, ou seja, tentar relacionar produtos e compostos que são inerentes à atividade desenvolvida na área investigada. Certamente, algumas dessas informações podem ser adquiridas na fase anterior de investigação preliminar.

Para ilustrar o direcionamento da investigação a ser executada, cita-se como exemplo que os contaminantes mais prováveis de serem detectados num posto de gasolina são hidrocarbonetos e, num depósito de transformadores antigos, óleos contendo PCB.

A tabela a seguir relaciona alguns compostos-guia a determinadas atividades industriais. Esses dados são úteis, como já foi observado, na orientação das investigações da fase de “screening”, norteando o emprego da metodologia mais adequada para maior confiabilidade dos resultados.

Maiores informações a respeito da tabela a ser apresentada podem ser obtidas no capítulo III deste manual, que trata da identificação de áreas potencialmente poluidoras. Deve-se levar em conta que essas tabelas são apenas um indicativo dos contaminantes mais prováveis, não excluindo a possibilidade de que outros contaminantes possam existir ou que não devam ser também especificamente avaliados.

Tabela 6100-1: Setor industrial, tipo de setores e prováveis contaminantes do solo.<sup>1</sup>

Indústria	Exemplos de setores	Prováveis contaminantes
Química	Setores de fabricação de ácidos e bases, de pigmentos, de fertilizantes, de pesticidas, de produtos farmacêuticos e de tintas. Tratamento de madeiras.	Ácidos; bases; metais; solventes (ex.: tolueno, benzeno); fenóis, compostos orgânicos específicos.
Petroquímica	Refinarias de petróleo. Pátios de tanques. Depósitos de armazenamento de combustíveis. Destilarias de alcatrão.	Hidrocarbonetos; fenóis; ácidos; bases e asbestos.
Produção e transformação de metais	Primeira produção de ferro. Fabricação de aço. Fundições. Anodizados e galvanizados. Construção e lançamento de barcos. Ferros-Velhos.	Metais; especialmente Fe, Cu, Ni, Cr, Zn, Cd e Pb; asbestos, hidrocarbonetos, PCBs, cianetos.
Transporte	Garagens, fábricas de veículos e oficinas de manutenção. Garagens de trens.	Combustíveis; hidrocarbonetos; asbestos.
Energia	Fábricas de gás. Produção de energia.	Combustíveis (ex.: carvão e pó de coque); fenóis, cianuretos; compostos de enxofre; asbestos.
Extração de minerais. Recuperação de solo (incluindo vertedouros)	Minas. Zonas de aterros.	Metais (ex.: Cu, Zn, Pb); gases (ex.: metano); cianuretos; fenóis; etc.
Diversas	Portos, cais e embarcadouros. Curtumes. Fábricas de pneus. Instalações militares.	Metais; compostos orgânicos; metano; substâncias tóxicas, inflamáveis ou explosivas.

**Nota:** Podem ser considerados como contaminantes “residentes” os hidrocarbonetos, policlorobifenilas (PCBs), asbestos, sulfatos e alguns metais usados em pigmentos e acabamentos. Estes podem estar presentes na maior parte das atividades

<sup>1</sup>Fonte: “Code of Practice for the Identification of Potentially Contaminated Land and its Investigation”. Draft for Development. DD 175/1988.

Ao se executar os trabalhos de “screening”, deve-se ter em mente duas premissas importantes, suficientes para poder garantir o sucesso na investigação:

- 1) **ter bem claro os objetivos do estudo;**
- 2) **utilizar as ferramentas ou métodos mais apropriados para alcançar tal objetivo.**

O primeiro item pode ser ilustrado baseando-se no que foi dito acima, ou seja, ter bem claro a que se destina o “screening”:

### **Objetivos do screening (dentro da investigação confirmatória)**

- confirmar a existência de contaminantes;
- confirmar a hipótese de distribuição espacial da contaminação;
- definir a lista de contaminantes suspeitos, obtendo para cada um deles valores aproximados de concentração média (semi-quantitativo) e de heterogeneidade de distribuição espacial (*hot spots*).

Para uma dada região de estudo, deve-se portanto ter já uma indicação de quais contaminantes confirmar, indicação essa que é proveniente da fase anterior – investigação preliminar, histórico industrial, fotos aéreas, etc.

De posse dos objetivos já definidos, deve-se então partir para a escolha do instrumental ou do método que viabilize o sucesso de tais objetivos.

Na etapa de campo do “screening”, são produzidos dados para vários níveis de análises, dependendo da qualidade que é requerida. Dessa forma, são introduzidos os conceitos de garantia de qualidade (GQ) e **controle de qualidade** (CQ) dos dados adquiridos.

A garantia de qualidade (GQ) pode ser aplicada diretamente nos procedimentos de campo, tornando-se usual, como descrito a seguir:

- ⇒ analisar “brancos” freqüentemente; ou seja, analisar amostras livres de contaminação para serem usadas como referência;
- ⇒ tempo de retenção no monitor ou resposta do detector para identificar ou compensar desvios do aparelho, ou seja, integrar as amostragens em determinado tempo;
- ⇒ considerar o sistema e as características específicas do local contaminado juntamente com a experiência dos profissionais envolvidos, no momento de especificar os objetivos do estudo;
- ⇒ incorporar amostras com concentração conhecida dentro da seqüência analítica para manutenção da precisão, acuidade e compatibilidade de padrões e amostras;
- ⇒ enviar uma parte das amostras avaliadas no campo para um laboratório para uma verificação, independentemente de resultados.

A Tabela 6100-2C, a seguir, mostra os vários níveis analíticos relativos à qualidade dos dados.

Nível analítico	Qualidade dos dados
Nível I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se os dados estão calibrados e são interpretados corretamente, pode haver uma indicação de contaminação.</li> </ul>
Nível II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depende do passo de GQ/CQ empregado.</li> <li>• Dados tipicamente reportados em faixas de concentração.</li> </ul>
Nível III	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limites de detecção inerentes ao do método empregado.</li> <li>• GQ/CQ menos rigoroso.</li> </ul>
Nível IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A meta são dados de qualidade conhecida</li> <li>• GQ/CQ rigoroso.</li> </ul>
Nível V	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método específico.</li> </ul>

Fonte: COMPTON, H. (1992)

Como se pode observar, dependendo do nível analítico que se necessite, basta uma calibração e interpretação adequada (nível I) até a utilização de um método específico para a comprovação de uma contaminação.

## 2 Técnicas de campo e instrumentação

As técnicas de campo empregadas nos trabalhos de “screening” são basicamente de dois tipos: métodos químicos e métodos geofísicos.

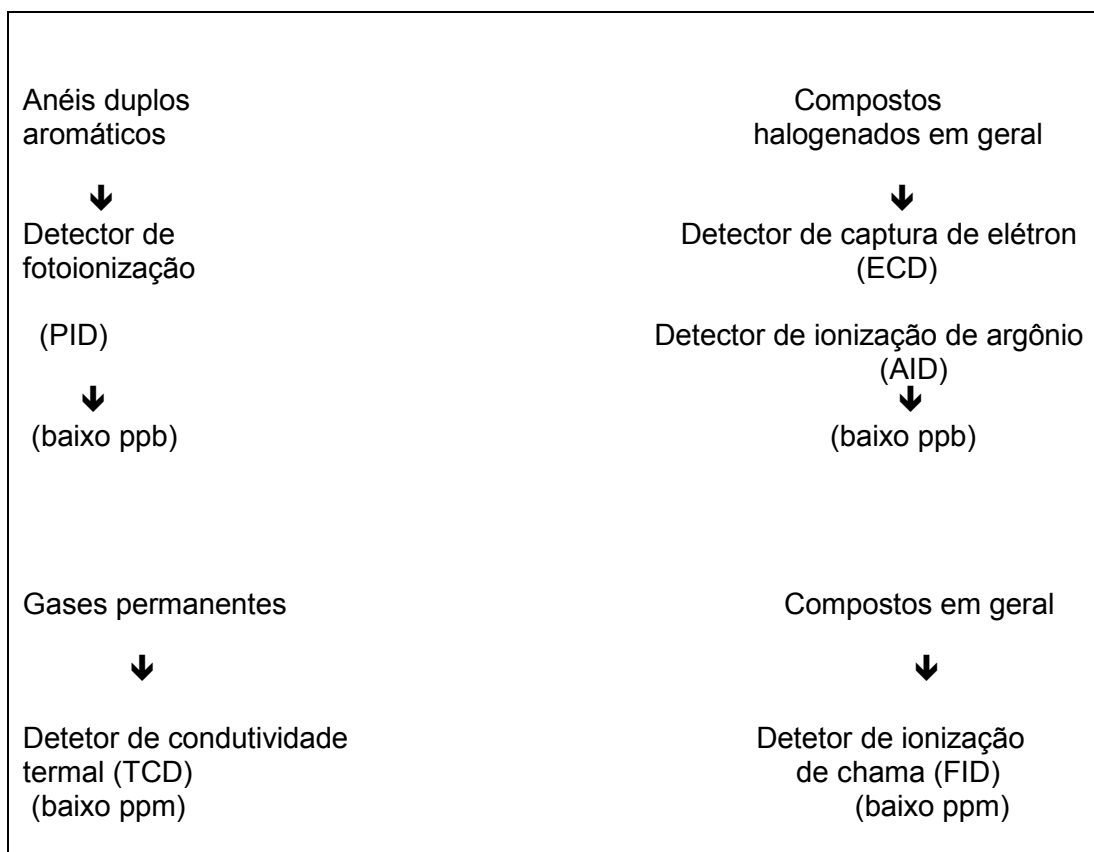
Neste capítulo, serão abordados os métodos químicos (ou geoquímicos), posto que o capítulo 6200 tratará em detalhe os métodos geofísicos, porque estes, devido a sua grande versatilidade, podem ser empregados em diversos passos do gerenciamento, tais como nas etapas de avaliação confirmatória, avaliação detalhada e nas fases de recuperação e monitoramento.

Os métodos químicos/geoquímicos são métodos usuais ou de metodologia já consagrada em laboratório que recebem adaptações para o uso no campo, tais como miniaturizações e simplificações analíticas.

As principais metodologias utilizadas são:

- cromatografia a gás;
- cromatografia/espectrometria de massa;
- sistemas de sensores químicos;
- espectrometria de fluorescência;
- amostragem e análise de ar e “soil gas”;
- métodos de *imunoassay*.

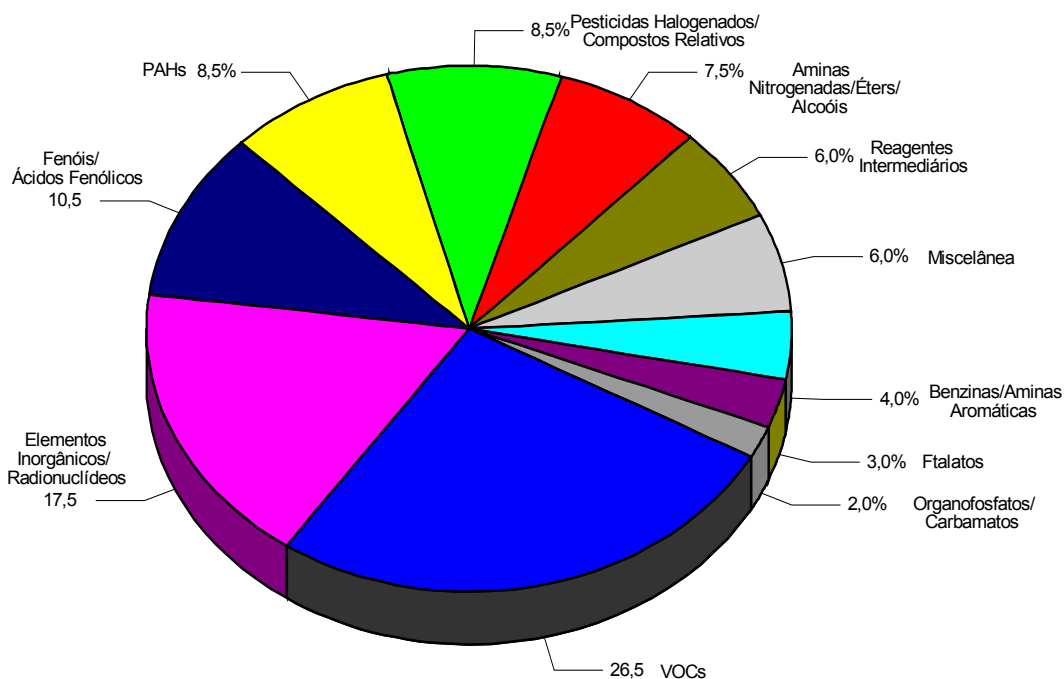
Tabela 6100-3: Seleção de cromatógrafos de gás portáteis em função dos componentes alvos.



Fonte: COMPTON, H. (1992)

A figura seguinte mostra as classes químicas de 200 substâncias tóxicas ou perigosas mais comuns que podem ser detectadas através de métodos de “screening”.

Figura 6100-1: Classes químicas de 200 substâncias tóxicas.



Cada um dos principais métodos citados anteriormente, que são os mais utilizados nos trabalhos de investigação em áreas contaminadas, será abordado a seguir de acordo com suas características funcionais e eficiência.

## 2.1 Cromatografia a gás (CG)

Os cromatógrafos a gás portáteis são úteis no campo para analisar as concentrações de determinados contaminantes no solo e na água, sendo empregados também para mapear a extensão da contaminação.

Os CGs possuem suprimentos de gás internos, detectores e sistema de integração das medições de concentração dos poluentes.

Em geral, os CGs podem detectar limites muito baixos de concentração, porém possuem um leque reduzido de compostos detectáveis.

Fundamentalmente, existem 2 tipos de cromatógrafos a gás:

- Purge and Trap
- Headspace

**Purge and Trap** – São utilizados para analisar compostos orgânicos voláteis (VOC) em solo e água, que possuam baixas constantes da Lei de Henry.

Dois exemplos desse tipo de cromatógrafo são o detector de ionização do argônio (AID) e o detector de condutividade termal (TCD).

O primeiro exemplo (AID) possui um detector de captura de elétron (ECD) e é comumente utilizado para compostos halogênicos, como tricloroetileno, e, especialmente, para alcanos clorados que não podem ser detectados pelo sistema de fotoionização (PID). O AID pode ainda detectar hidrocarbonetos voláteis, tais como benzeno, tolueno, xileno, etc., nos meios solo e água.

**Headspace** – Possuem um limite de detecção mais alto do que os Purge and Trap e, portanto, são utilizados na faixa onde as constantes da Lei de Henry são maiores para determinados compostos.

O método baseia-se num PID (detector de fotoionização) sensível a compostos aromáticos e poliinsaturados, como benzeno e estireno.

PIDs, no entanto, não detectam metanos ou alcanos. O princípio do método é detectar somente substâncias que são ionizáveis abaixo ou à intensidade da lâmpada usada no aparelho para a ionização dos compostos.

Dessa maneira, não há em determinados aparelhos a definição de qual composto está sendo detectado, mas sim todos aqueles que se encontram numa determinada faixa de fotoionização.

Por isso, quando se usa os métodos de CG, é útil determinar o composto-alvo primeiro, para selecionar de maneira apropriada os métodos analíticos e conseqüentemente as ferramentas apropriadas.

A tabela seguinte mostra as vantagens e desvantagens para cada método.

Tabela 6100-4: Sumário de três aparelhos de cromatografia gasosa.

VANTAGENS		DESVANTAGENS
Purge and Trap AID	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arquivo de dados via PC.</li> <li>• Resposta a aromáticos, alcanos clorados e alcanos.</li> <li>• Facilmente descontaminado.</li> <li>• Adsorção interna permite uma pré-concentração da amostra para aumentar a sensibilidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faixa linear limitada (<math>10^2</math> a <math>10^3</math>).</li> <li>• Capacidade da coluna capilar limitada.</li> </ul>
TCD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidez na resposta.</li> <li>• Detecta um largo leque de compostos.</li> <li>• Melhor detector para gases permanente (<math>O_2</math>, <math>N_2</math>, <math>CO</math>, <math>CO_2</math> e <math>CH_4</math>).</li> <li>• Grande biblioteca de compostos.</li> <li>• Coluna dual para identificação/cominação de compostos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilidade baixa (&gt; 1ppm).</li> <li>• Requer um sistema de dados externo sofisticado.</li> <li>• Concentrador externo para níveis de ppb.</li> </ul>
Headspace PID	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta sensibilidade (baixa faixa de ppb).</li> <li>• Pré-coluna com retrolavagem</li> <li>• Capacidade de capilaridade da coluna.</li> <li>• Uso geral, métodos bem desenvolvidos.</li> <li>• Ideal para aromáticos (Btx) e PCE, TCE, DCE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle da temperatura das colunas limitada.</li> <li>• Interferência em altas temperaturas ambientes.</li> </ul>

Fonte: COMPTON, H. (1992)

- **tipo de detector** => relativo à sensibilidade requerida e classe do composto;
- **sistema de injeção** => matrizes da amostra;
- **tipo de coluna** => compostos da amostra;
- **temperatura de queima** => compostos da amostra;
- **sistema de dados** => GQ/CQ e requerimentos de arquivo.

## **2.2 Cromatografia a gás/espectrometria de massa (GCMS)**

O GCMS é particularmente útil pela sua capacidade de medir concentrações de uma larga variedade de contaminantes.

Esse equipamento pode ser miniaturizado, embora seu uso tradicional seja para trabalhos em laboratório.

De qualquer forma, são os métodos mais sofisticados e caros, voltados para análises finas de TOC (carbono orgânico total), POX/AOX/EOX (halogenados orgânicos purgáveis, adsorvidos ou extraídos) e ainda para análises por infravermelho.

## **2.3 Sistemas de sensores químicos**

Sistemas de sensores químicos são uma tecnologia nova e emergente que pode oferecer muito na identificação e quantificação de compostos.

Contudo, sua aplicação no campo ambiental ainda é relativamente pouco utilizada.

Os métodos mais aplicados são espectrometria infravermelho e ultravioleta.

## **2.4 Espectrometria de fluorescência de raios X (XRF)**

A espectrometria de raios X baseia-se no efeito fotoelétrico, ativando átomos de materiais em solo seco e contabilizando os RX que são produzidos.

Esse método permite detectar 23 tipos de compostos metálicos e pode ser utilizado para medir a extensão da contaminação, selecionando amostras para análises em laboratório e determinando os pontos de maiores teores (*hot spots*), etc. Apesar da existência de modelos portáteis, ainda é um sistema caro e em fase experimental.

## **2.5 Analisador de vapor orgânico (SNIFER)**

Utilizado de modo semelhante ao anterior, mede metano e gás sulfídrico. Ideal também como equipamento de segurança em locais onde podem ser encontrados esses gases, como minas, fábricas abandonadas, etc.

Metodologicamente, baseia-se em um PID, com diferentes formas de amostragem, podendo ser realizada, por exemplo, em *head space*.

São os métodos mais difundidos no mundo e também no Brasil, e abrangem uma variedade grande de aparelhos e especificidades, dependendo dos compostos que se queira amostrar.

Podem ser citadas determinadas técnicas, associadas a equipamentos específicos, tais como:

- Medidor PID
- Tubos DRÄGER
- PETREX

## **2.6 Tubos colorimétricos**

São indicadores químicos de resposta rápida, específicos para cada composto, utilizados, principalmente, para medições de vapores orgânicos em solo e ar.

Produzidos em forma de kits para compostos específicos, sua técnica baseia-se na cravação de pequenos tubos de vidro com uma abertura numa das pontas. Com a passagem dos vapores que emanam do solo, ocorre uma reação química interna no tubo, cuja resposta colorimétrica indicará a natureza do contaminante ou sua concentração.

Obviamente para obter-se melhores resultados, o método depende de condições geológicas, como o teor de argilas ou o grau de compactação do solo, que podem limitar a capacidade de volatilização de algum composto.

## **2.7 Explosivímetro**

Detecta a concentração de oxigênio, bem como os limites inferiores de explosividade para gases combustíveis, sendo a leitura feita em ppm. Ideal para detectar vapores de benzeno, tolueno e xileno (BTX) no solo, em poços e no ar. Empregado, também, como equipamento de segurança, antes de se adentrar em locais com risco de explosão.

## **2.8 Analisador de vapor de mercúrio**

Indicado para medições de concentração (ppm) de vapores de mercúrio metálico e metilmercúrio. Utilizado para a determinação dos pontos de maior de concentração (*hot spots*) de mercúrio metálico volátil.

O método baseia-se na diferença de condutividade através de uma amálgama com ouro (Au), obtendo-se a resposta de concentração em ppm/m<sup>3</sup> de ar analisado.

Apesar de ser um aparelho bastante útil na identificação de “hot spots” de mercúrio, é bastante sensível ao manuseio (choques, batidas, quedas, etc.), demandando muita manutenção e que por vezes pode inviabilizar campanhas de *screening*, atrasando os trabalhos e aumentando os custos.

Para uma maior eficiência do aparelho é preferível utilizá-lo em dias ensolarados e nas horas de maior calor, pois esses fatores proporcionam uma maior volatilização

do mercúrio, da mesma forma que, para os tubos colorimétricos, as condições geológicas locais também influenciam numa maior ou menor volatilização.

## **2.9 Imunoassay**

São kits de fácil manuseio no campo e de resposta rápida, baseado em mecanismos de anticorpos. Detectam concentrações de até 2 ppm no solo, embora sejam semi-quantitativos.

O método se baseia na utilização de anticorpos (moléculas biológicas) com capacidade de unir especificamente somente os compostos alvo, formando uma amostra de matriz complexa. Através da ligação de anticorpos seletivos com o sistema indicador colorido, mínimas concentrações (em ppm) do composto alvo pode ser determinadas. Nesse método, por exemplo, os anticorpos reconhecem todos os PCBs como constituintes de única classe.

São utilizados também para a identificação de hidrocarbonetos poliaromáticos (PAH) e hidrocarbonetos totais, sendo comumente empregados, também, para pentaclorofenol, pesticidas, nitroaromáticos e metais em solo e água.

## **2.10 Teste “Beilstein”**

O teste de Beilstein é o mais simples e mais rápido de execução no campo. Utilizado para detecção de cloro associado a moléculas orgânicas, baseia-se na queima de uma amostra suspeita sobre um fio de cobre. Caso a chama se torne verde, é identificada a presença desse tipo de cloro

Apesar de ser um teste simples e praticamente sem nenhum custo, pode, por exemplo, acusar a presença de cloro decorrente da existência de pesticidas, tais como o HCH.

Sua aplicação é apenas qualitativa, devendo as amostras serem encaminhadas para laboratório.

## **3 Referências bibliográficas**

COMPTON, H. – Field screening methods. In: RCRA Corretive Action Stabilization Technologies, proceedings, USEPA, p. 21-28. EPA/625/R-92/014, 1992.

IHOBE – Sociedad Pública de Gestión Ambiental – Investigación de la Contaminación del Suelo – Manual Práctico – Plan Director para la Protección del Suelo, draft 1996.