

**NORMA
BRASILEIRA**

**ABNT NBR
15515-2**

Primeira edição
22.03.2011

Válida a partir de
22.04.2011

**Passivo ambiental em solo e água subterrânea
Parte 2: Investigação confirmatória**

*Environmental passive in soil and groundwater
Part 2: Confirmatory assessment*

ICS 13.020.40; 13.060.45; 13.080.05

ISBN 978-85-07-02688-4



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 15515-2:2011
19 páginas

© ABNT 2011



© ABNT 2011

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar

20031-901 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 3974-2346

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 15515-2 foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Avaliação da Qualidade do Solo e da Água para Levantamento de Passivo Ambiental e Avaliação de Risco à Saúde Humana (ABNT/CEE-68). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 11, de 17.11.2010 a 15.01.2011, com o número de Projeto 68:000.03-001/2.

A ABNT NBR 15515, sob o título geral "*Passivo ambiental em solo e água subterrânea*", tem previsão de conter as seguintes partes:

- Parte 1: Avaliação preliminar; (publicada como ABNT NBR 15515-1:2007);
- Parte 2: Investigação confirmatória;
- Parte 3: Investigação detalhada.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This part of ABNT NBR 15515 establishes the requirements for the development of a confirmatory investigation in areas where there was identified evidence of actual or potential contamination of soil and groundwater after conducting a preliminary assessment, according to ABNT NBR 15515-1.

Sumário

Página

Prefácio	iv
1 Escopo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Uso e limitações	4
5 Etapas da avaliação de passivo ambiental	4
6 Investigação confirmatória	6
6.1 Levantamento de informações adicionais	7
6.1.1 Geral	7
6.1.2 Técnicas analíticas de resposta rápida (<i>real time</i>)	7
6.2 Plano de amostragem	9
6.2.1 Meios a serem amostrados	11
6.2.2 Distribuição dos pontos de amostragem	11
6.2.3 Profundidade de amostragem	12
6.2.4 Definição das substâncias químicas de interesse a serem analisadas	14
6.2.5 Definição do número de campanhas de amostragem	14
6.2.6 Realização de análises químicas	14
6.3 Interpretações dos resultados	16
6.4 Modelo conceitual da investigação confirmatória	17
6.5 Relatório técnico	17
Bibliografia	19

Figuras

Figura 1 – Etapas da avaliação de passivo ambiental	5
Figura 2 – Fluxograma de investigação confirmatória	6

Tabelas

Tabela 1 – Métodos analíticos de resposta rápida (<i>real time</i>)	7
Tabela 2 – Métodos geofísicos	9
Tabela 3 – Orientação para definição da profundidade de amostragem quanto ao tipo de fonte	13

Passivo ambiental em solo e água subterrânea

Parte 2: Investigação confirmatória

1 Escopo

Esta parte da ABNT NBR 15515, estabelece os requisitos necessários para o desenvolvimento de uma investigação confirmatória em áreas onde foram identificados indícios reais ou potenciais de contaminação de solo e água subterrânea após a realização de uma avaliação preliminar, conforme ABNT NBR 15515-1.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 15492, *Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental*

ABNT NBR 15515-1, *Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 1: Avaliação preliminar*

ABNT NBR 15495-1, *Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados – Parte 1: Projeto e construção*

ABNT NBR 15495-2, *Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados – Parte 2: Desenvolvimento*

ABNT NBR 15847, *Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga*

3 Termos e definições

Para os efeitos desta parte da ABNT NBR 15515, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

água subterrânea

água de ocorrência natural na zona saturada do subsolo, fraturas ou cavidades

3.2

área contaminada (AC)

área onde for constatada a presença de substâncias químicas em fase livre ou onde for comprovada, após investigação detalhada e avaliação de risco, a existência de risco à saúde humana

3.3

avaliação preliminar

avaliação inicial, realizada com base nas informações históricas disponíveis e inspeção do local, com o objetivo principal de encontrar evidências, indícios ou fatos que permitam suspeitar da existência de contaminação na área

3.4

contaminação

presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico

3.5

contaminante

organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou outros elementos, em concentrações que possam afetar a saúde humana e o meio ambiente

3.6

FID

equipamento portátil de leitura de gases por detecção por ionização de chama

3.7

investigação confirmatória

etapa do processo de identificação de áreas contaminadas que tem como objetivo principal confirmar ou não a existência de substâncias de origem antrópica nas áreas suspeitas, no solo ou nas águas subterrâneas, em concentrações acima dos valores de investigação

3.8

investigação detalhada

etapa do processo de gerenciamento de áreas contaminadas, que consiste na aquisição e interpretação de dados em área contaminada sob investigação, a fim de entender a dinâmica da contaminação nos meios físicos afetados e a identificação dos cenários específicos de uso e ocupação do solo, dos receptores de risco existentes, dos caminhos de exposição e das vias de ingresso

3.9

limite de detecção do método (LDM)

menor concentração de uma substância que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada, pelo método utilizado

3.10

limite de quantificação praticável (LQP)

menor concentração de uma substância que pode ser determinada quantitativamente com precisão e exatidão, pelo método utilizado

3.11

limite de quantificação da amostra (LQA)

LQP ajustado para as características específicas da amostra analisada

3.12

modelo conceitual

síntese das informações relativas a uma área em estudo, atualizada na conclusão de cada etapa de trabalho

3.13

monitoramento

medição periódica de substâncias químicas de interesse que indicam a qualidade do solo ou da água subterrânea

3.14**passivo ambiental**

danos infligidos ao meio natural por uma determinada atividade ou pelo conjunto das ações humanas, que podem ou não ser avaliados economicamente

3.15**perigo**

situação em que estejam ameaçados a vida humana, o meio ambiente ou o patrimônio público e privado, em razão da presença de agentes tóxicos, patogênicos, reativos, corrosivos ou inflamáveis no solo ou em águas subterrâneas ou em instalações, equipamentos e construções abandonadas, em desuso ou não controladas

3.16**PID**

equipamento portátil de leitura de gases pela detecção por fotoionização

3.17**pluma de contaminação**

representação da distribuição de substâncias nos meios de interesse

3.18**risco**

probabilidade de ocorrência de efeito(s) adverso(s) em receptores expostos a contaminantes

3.19**substâncias químicas de interesse**

elementos, substâncias e produtos químicos que sejam de interesse para a investigação da contaminação

3.20***spike***

ensaio de adição de padrão conhecido

3.21**solo subsuperficial**

horizonte do solo a partir de 1 m de profundidade em relação à superfície do terreno até o nível de água subterrânea

3.22**solo superficial**

horizonte do solo de 0 a 1 m de profundidade em relação à superfície do terreno

3.23**técnicas de resposta rápida (*real time*)**

técnicas aplicadas em campo ou não, que permitem um aumento significativo na densidade de informações, possibilitando um aprimoramento do modelo conceitual, simultaneamente aos trabalhos que estão sendo realizados

3.24**traçador (*surrogate*)**

substância que se comporta de modo semelhante ao analito que está sendo investigado e é analisado passo a passo do mesmo modo que as amostras

3.25

valor de investigação (VI)

concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado

4 Uso e limitações

Esta parte da ABNT NBR 15515 deve ser utilizada para investigação de áreas, com a finalidade de verificar a existência ou a ausência de contaminação nos meios de interesse, normalmente solo e água subterrânea em uma determinada área de estudo, tendo por base o modelo conceitual definido na etapa de avaliação preliminar.

Na avaliação da pertinência das informações obtidas durante a condução da investigação confirmatória, o profissional deve se pautar pela cautela e razoabilidade no julgamento da existência ou não da contaminação.

Um dos princípios da investigação confirmatória é o equilíbrio entre os objetivos, as limitações de recursos, o tempo inerente a uma avaliação ambiental e a redução da incerteza da avaliação preliminar ou da acessibilidade limitada do meio investigado.

A investigação confirmatória deve ser executada por profissional habilitado, utilizando os devidos meios e recursos para atingir o melhor resultado possível. A responsabilidade do profissional está condicionada à disponibilidade das informações públicas de interesse à época e nas circunstâncias em que tenha sido realizada a pesquisa, bem como à acessibilidade relativa aos meios a serem avaliados.

O surgimento de fatos novos ou desconhecidos, o desenvolvimento tecnológico e outros fatores técnicos considerados em um estudo posterior não podem ser utilizados para avaliar a adequação e a qualidade de uma investigação confirmatória anterior.

5 Etapas da avaliação de passivo ambiental

A etapa inicial de avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea, descrita na ABNT NBR 15515-1, consiste em uma avaliação preliminar, a qual identifica a possível existência de contaminação na área. Havendo indícios na avaliação preliminar ou quando há incerteza sobre a existência ou não de fonte(s) potencial(is), realizar a etapa de investigação confirmatória, para verificar a existência ou ausência de contaminação.

No caso de já constatada a contaminação na etapa inicial, direcionar para a etapa de investigação detalhada. Se houver fase livre ou situação de perigo, deve-se, visando sua eliminação, adotar imediatamente ações emergenciais.

A realização de avaliação preliminar e o estabelecimento de modelo conceitual são pré-requisitos para a realização das etapas subsequentes da avaliação de passivo ambiental, incluindo a investigação confirmatória.

A Figura 1 apresenta as etapas da avaliação de passivo ambiental.

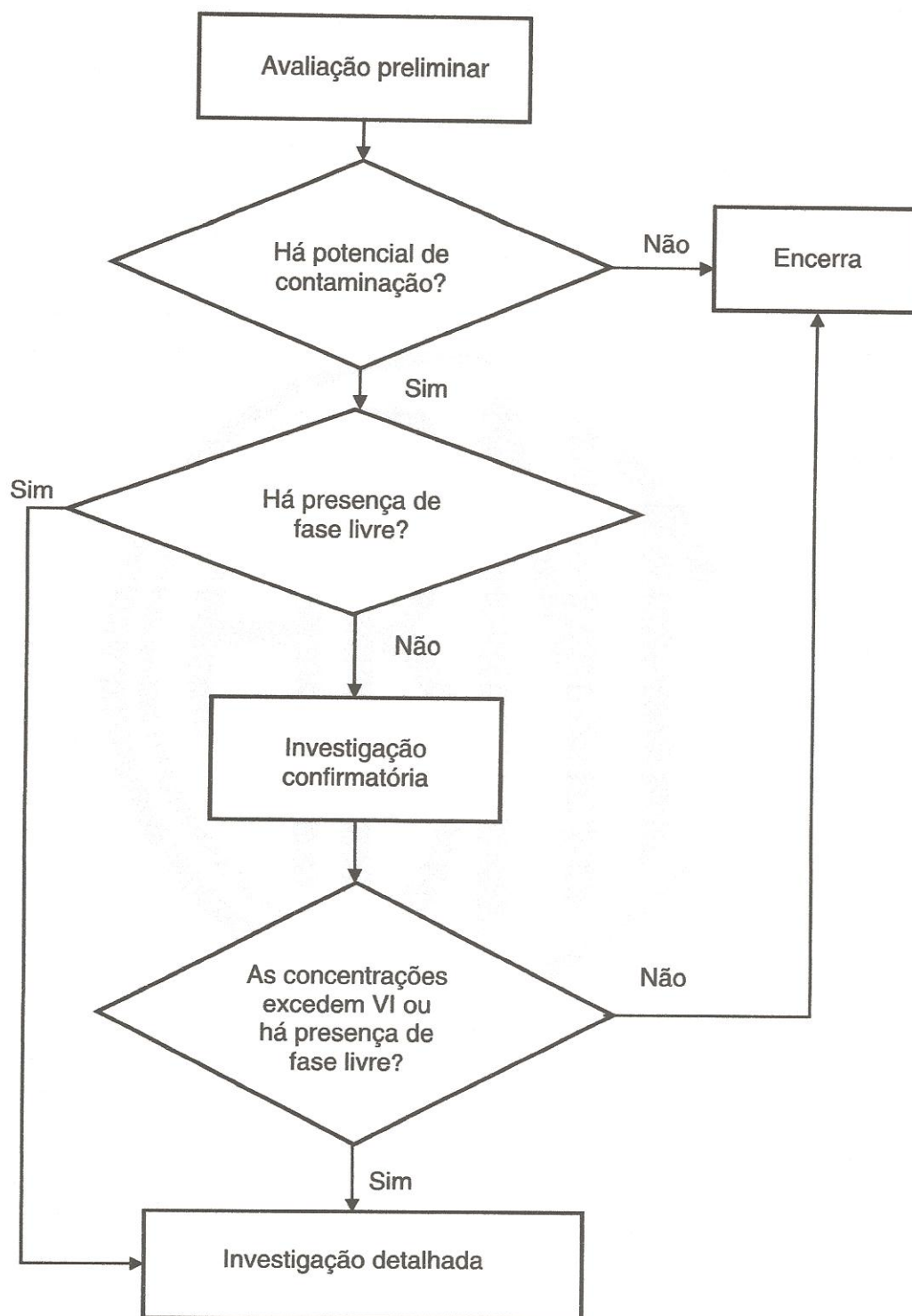


Figura 1 – Etapas da avaliação de passivo ambiental

6 Investigação confirmatória

A investigação confirmatória é uma etapa do processo de avaliação de passivo ambiental, com o objetivo de verificar a existência ou a ausência de contaminação na área objeto de estudo.

A confirmação da contaminação em uma área se dá basicamente pela coleta e análises químicas de amostras representativas de solo e/ou água subterrânea, para as substâncias de interesse, em pontos suspeitos ou com relevante indício de contaminação. Em determinadas situações, outros meios podem ser amostrados, como gases do solo, sedimentos, água superficial ou biota.

A interpretação dos resultados das análises realizadas nas amostras coletadas é feita por meio da comparação dos valores de concentração obtidos com os valores orientadores estabelecidos ou outros valores, a critério do órgão ambiental competente. Ressalta-se que devem ser adotadas metodologias analíticas compatíveis com os valores de interesse.

A Figura 2 apresenta o fluxograma de etapas da investigação confirmatória.

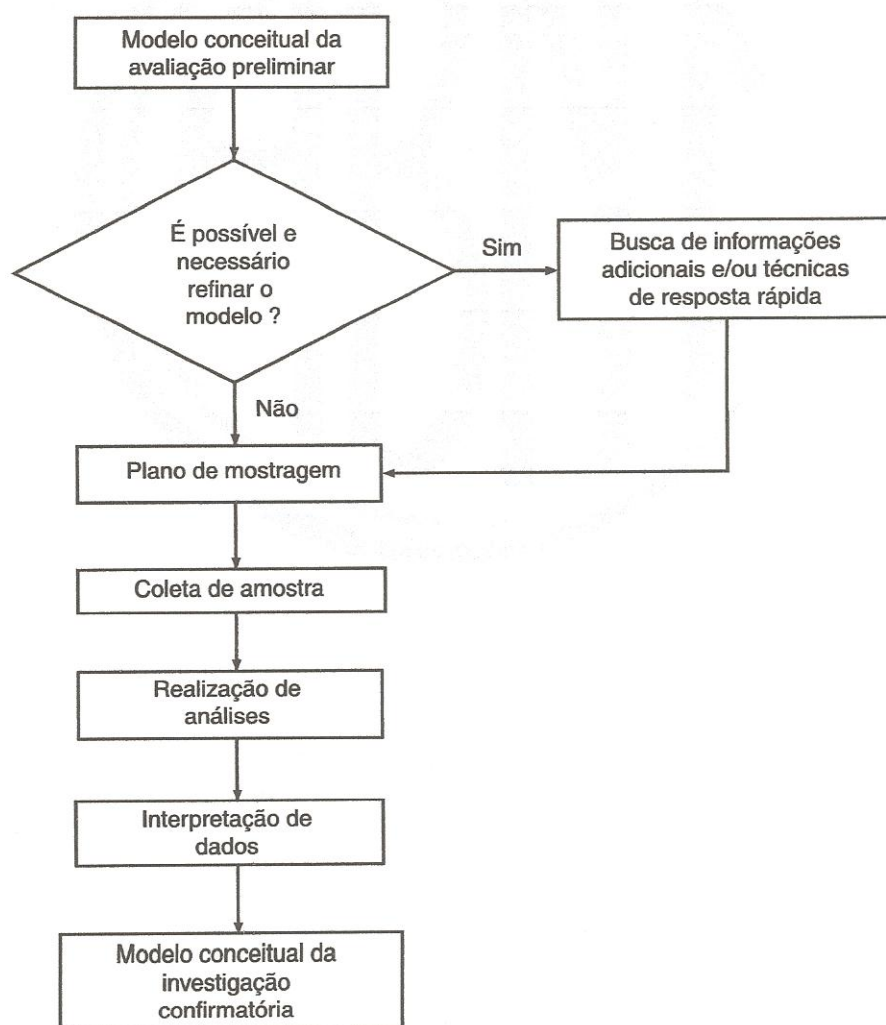


Figura 2 – Fluxograma de investigação confirmatória

6.1 Levantamento de informações adicionais

6.1.1 Geral

Em função da disponibilidade dos dados sobre o histórico de utilização de uma determinada área de interesse, o modelo conceitual elaborado a partir da avaliação preliminar pode apresentar um nível de incerteza elevado, não permitindo a elaboração de uma hipótese consistente sobre a distribuição de uma possível contaminação.

Nestas situações, para a elaboração de um plano de amostragem, técnicas de resposta rápida podem ser aplicadas, com o objetivo de obter informações adicionais que reduzam o nível de incerteza resultante da qualidade dos dados históricos da área.

Estes métodos permitem um aumento significativo na densidade de informações sobre a área, relacionadas à alteração da qualidade dos meios investigados, possibilitando um refinamento do modelo conceitual, simultaneamente aos trabalhos que estão sendo realizados.

6.1.2 Técnicas analíticas de resposta rápida (*real time*)

As principais técnicas analíticas de resposta rápida utilizadas são elencadas na Tabela 1.

A relação de técnicas apresentada não é exaustiva, podendo outras técnicas ser utilizadas conforme o caso concreto, assim como a evolução tecnológica.

Para cada aplicação, é importante verificar a incerteza associada à respectiva técnica analítica adotada.

Tabela 1 – Métodos analíticos de resposta rápida (*real time*)

Técnica	Analitos	Meios avaliados	Qualitativo/ quantitativo	Fatores limitantes
PID	VOC (mais sensível aos aromáticos)	Ar/gás, vapores do solo	Qualitativo a semiquantitativo (concentrações totais)	Interferências: vapor d'água, compostos orgânicos naturais (por exemplo, metano, terpenos), fortes campos elétricos. Falso negativo em altas concentrações de metano
FID	VOC (mais sensível aos alifáticos), SVOC não clorados	Ar/gás, vapores do solo Água/solo (com extração prévia em líquido ou gás)	Qualitativo a semiquantitativo (concentrações totais)	Fonte de hidrogênio necessária. Interferência: metano. Não utilizar onde existe risco de explosão. Umidade ou vento pode apagar a chama. Altas concentrações de metano podem ser interpretadas como contaminação de hidrocarbonetos
Oxidação catalítica (Detector de gases combustíveis/ explosímetro)	VOC não clorados e TPH até C8	Ar/gás, vapores do solo Água/solo (com extração prévia em líquido ou gás)	Qualitativo a semiquantitativo (concentrações totais)	Eliminação de metano necessário. Sensibilidade à temperatura. Interferências: vapores clorados e sulfeto de hidrogênio. Água, silicone, compostos de enxofre e chumbo podem danificar o sensor
Cromatografia gasosa portátil	VOC, SVOC e PAH	Ar/gás, vapores do solo Água/solo (com extração prévia de líquido ou gás)	Semiquantitativo a quantitativo (identifica compostos específicos com padrões externos ou duas colunas)	Operação especializada em laboratório de campo, interferência nos resultados por superposição de picos

Tabela 1 (continuação)

Técnica	Analitos	Meios avaliados	Qualitativo/quantitativo	Fatores limitantes
Cromatografia gasosa com espectrometria de massa	Todos os analitos orgânicos	Ar/gás Água, solo (com extração prévia em líquido ou gás)	Quantitativo	Operação em laboratório de campo
Espectrometria de absorção atômica	Metais e semimetais	Ar/gás, água e solo	Quantitativo	Operação em laboratório de campo. Um metal por análise com equipamento convencional
Tubos de difusão	VOC	Ar/gás Água e solo (com extração prévia de líquido ou gás)	Qualitativo a semiquantitativo (identifica compostos específicos ou classes de compostos)	Potencial de falsos positivos para compostos similares. Precisão do método dependente da vazão da bomba de ar
Kits de ensaios colorimétricos, químicos e turbidimétricos	VOC, PAH, TPH, metais, alguns inorgânicos	Água e solo (algumas aplicações)	Qualitativo a semiquantitativo (identifica compostos específicos)	Conhecimento prévio dos analitos. Reatividade cruzada. Interferências: coloração do analito, carga orgânica do solo e argila
Kits imunoensaio	VOC, SVOC, PAH, TPH, pesticidas/herbicidas, mercúrio	Solo e água	Semiquantitativo (identifica compostos específicos)	Interferência: propriedades da matriz, umidade do solo, temperatura e altas concentrações. Conhecimento prévio dos analitos. Reatividade cruzada. Não aplicável para hidrocarbonetos pesados
Espectroscopia por infravermelho portátil	TPH não voláteis	Água, solo (com extração líquida prévia)	Semiquantitativo (concentrações totais)	Interferências: argila, matéria orgânica, vapor d'água. Não aplicável para VOC
Fluorescência induzida a laser (in situ)	TPH	Água e solo	Qualitativo a semiquantitativo (concentrações totais)	Possibilidade de interferência mineralica e por matéria orgânica
Fluorescência a raio X	Metais e semimetais	Solo e água	Quantitativo (concentrações totais)	Limite de detecção elevado para alguns analitos. Tempo de preparação longo para amostras líquidas. Interferência: propriedades da matriz, umidade do solo e altas temperaturas. Possibilidade de interferência nos resultados por superposição de picos de vários metais

Os principais métodos geofísicos utilizados são elencados na Tabela 2. A relação de métodos apresentada não é exaustiva podendo outros métodos ser utilizados.

Tabela 2 – Métodos geofísicos

Método geofísico		Radar de penetração no solo	Resistividade elétrica	Polarização induzida	Magnetometria	Indução eletromagnética	Sísmica de refração	Sísmica de reflexão de alta resolução
Aplicação	Contato solo/rocha	I	I	NI	NI	I	I	I
	Falhas/fraturas	I	I	NI	I	I	I	I
	Nível de água	I	I	NI	NI	I	I	I
	Substâncias orgânicas	I	I	I	NI	I	NI	NI
	Substâncias inorgânicas	I	I	I	NI	I	NI	NI
	Objetos metálicos enterrados	I	NI	NI	I	I	NI	NI
	Localização de cavidades e aterros de resíduos	I	I	I	NI	I	NI	NI
	Diferenciação de camadas	I	I	NI	NI	I	I	I
Fatores limitantes		Material com alta condutividade elétrica e baixo contraste dielétrico entre os alvos	Ausência de contraste elétrico, problemas de contato entre os eletrodos e o solo	Incapacidade de polarização elétrica, problemas de acoplamento entre eletrodos e o solo	Fortemente influenciada por fatores que gerem campos eletromagnéticos	Ausência de contraste elétrico, existência de objetos metálicos e redes elétricas	Necessidade de aumento da velocidade com a profundidade e não detecta camadas finas	Ausência de contraste de impedância acústica
NOTA I: Indicado; NI: Não indicado.								

6.2 Plano de amostragem

A coleta de amostras para investigação confirmatória deve ser efetuada com base em um plano de amostragem desenvolvido a partir do modelo conceitual, conforme estabelecido em avaliação preliminar ou no modelo refinado após a obtenção de informações adicionais ou aplicação de técnicas de resposta rápida.

O modelo conceitual deve propiciar um entendimento sobre as condições atuais e passadas da área, inclusive expressando as incertezas resultantes desta compreensão.

Para a elaboração de um plano de amostragem, a consistência do modelo conceitual deve ser verificada quanto a:

- identificação das atividades suspeitas ou com relevante potencial de contaminação que foram desenvolvidas na área ao longo do histórico de ocupação;
- identificação das substâncias contaminantes potenciais contidas em matérias-primas, produtos, emissões atmosféricas, efluentes ou resíduos;
- identificação e caracterização das fontes potenciais ou reais de contaminação que existam, ou existiram, no local durante todo o período de utilização da área;

- d) identificação dos possíveis mecanismos de liberação dos contaminantes a partir de cada fonte primária identificada;
- e) identificação dos possíveis mecanismos de migração através dos meios afetados (solo, água subterrânea, água superficial, biota, sedimentos e ar);
- f) identificação das possíveis fontes secundárias de contaminação originadas a partir das hipóteses acima;
- g) identificação dos mecanismos de liberação dos contaminantes a partir de cada uma das fontes secundárias que poderiam ser formadas;
- h) identificação dos receptores existentes e bens existentes a proteger ou que tenham existido, na área ou no seu entorno;
- i) plantas ou croquis a evolução da ocupação da área, identificando a localização das fontes suspeitas ou de relevante potencial sobre as quais já se tenha conhecimento nesta etapa dos trabalhos.

O plano de amostragem deve ser um documento formal detalhado. No seu estabelecimento, várias normas podem ser utilizadas, as quais estabelecem os procedimentos mínimos para o manejo de amostras e outros ensaios para a determinação de propriedades hidrodinâmicas, como as normas da ABNT, ASTM e ISO.

A seleção das técnicas de perfuração e de instalação de poços de monitoramento a serem utilizadas para a coleta de amostra dos solos e das águas subterrâneas deve ser aquela estabelecida nas ABNT NBR 15492, ABNT NBR 15495-1, ABNT NBR 15495-2 e ABNT NBR 15847.

Devem ser adotados procedimentos de coleta, manuseio, preservação, acondicionamento e transporte de amostras, descritas em normas nacionais e ou internacionalmente aceitas, observando-se a necessidade de atendimentos dos prazos de validade que são estabelecidos nos métodos analíticos.

É recomendável que as análises sejam realizadas em laboratórios que atendam aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR ISO/IEC 17025 ou de acordo como os requisitos estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes, utilizando-se metodologias que atendam às especificações descritas em normas nacionais e ou internacionalmente aceitas. Os limites de quantificação das análises devem ser compatíveis com os valores-limite vigentes para cada substância química de interesse.

Para análises de solo que requeiram digestão da amostra visando à determinação de metais e semi-metais de interesse, devem-se adotar as mesmas metodologias preparatórias utilizadas para a determinação dos valores orientadores vigentes.

Recomenda-se que o plano seja discutido previamente com o laboratório contratado para realização das análises requeridas, de forma que este possa, na medida do possível, contribuir com informações referentes aos métodos disponíveis e adequados, limites de quantificação e técnicas de preservação de amostras compatíveis com o método analítico a ser adotado.

O plano deve ser elaborado por profissional habilitado e capacitado que estabeleça os procedimentos a serem seguidos para obtenção de amostras representativas da área, com base na hipótese de distribuição da contaminação.

Em linhas gerais, o plano de amostragem deve considerar:

- a) qualificação da equipe de profissionais para a execução dos trabalhos;

- b) necessidade de obtenção de autorização e/ou permissão de acesso à área;
- c) localização e tipos de fontes suspeitas e de relevante potencial de contaminação existentes ou esperadas;
- d) meios a serem amostrados;
- e) possibilidade da existência de interferência subterrânea;
- f) cautelas necessárias para prevenir a migração de contaminantes durante e após a conclusão da amostragem;
- g) plano de recursos, infraestrutura e logística;
- h) procedimentos e precauções para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores, atendendo à legislação vigente, e um levantamento de riscos associados às atividades específicas, incluindo as ações preventivas;
- i) número, profundidade e localização dos pontos de amostragem;
- j) substâncias a serem determinadas;
- k) técnicas e protocolos de amostragem, preparação e preservação de amostras, cadeias de custódia, amostras de controle de qualidade, métodos analíticos e respectivos limites de quantificação;
- l) cronograma de amostragem;
- m) procedimentos de descontaminação de materiais e equipamentos retornáveis;
- n) orientação referente ao armazenamento e à destinação adequada do solo e/ou água subterrânea gerados e dos materiais utilizados na amostragem;
- o) normas ou procedimentos de amostragem adotados.

6.2.1 Meios a serem amostrados

Diversos compartimentos ambientais podem ser amostrados na investigação de uma área, podendo ser citados: solos, sedimentos, rochas, aterros, águas subterrâneas, águas superficiais, águas da zona não saturada (solução do solo), vapores do solo, ar ambiente (interno e externo). Na investigação confirmatória, o mais comum é a coleta de amostras de solo e água subterrânea.

6.2.2 Distribuição dos pontos de amostragem

A distribuição dos pontos de amostragem é função do modelo conceitual elaborado conforme recomendações de 6.1 e 6.2, bem como de 5.2.2.10 da ABNT NBR 15515-1:2007.

Na etapa de investigação confirmatória, a distribuição espacial das substâncias contaminantes deve ser considerada tanto no sentido horizontal quanto no vertical. A coleta de amostras dos meios deve ser orientada de acordo com o modelo conceitual, onde se espera ocorrência das maiores concentrações das substâncias de interesse. A distribuição dos pontos de coleta deve ser condicionada a localização de cada uma das fontes suspeitas ou de relevantes locais potencialmente contaminados que tenham sido identificados.

Em face das características do solo, amostras representativas deste meio devem ser coletadas com base no conhecimento de informações consistentes sobre a localização de cada fonte suspeita ou de relevante potencial de contaminação, e dos mecanismos de liberação dos contaminantes (vazamentos, emissões atmosféricas, infiltração etc.). Para serem representativas, as amostras de solo devem ser coletadas em local mais próximo possível de onde ocorreu a liberação dos contaminantes, face à baixa mobilidade lateral destes neste meio.

Em relação à amostragem de água subterrânea, amostras representativas de cada fonte suspeita ou de locais potencialmente contaminados relevantes devem ser coletadas em pontos próximos e localizados imediatamente a jusante a essas fontes.

NOTA Poços de monitoramento definitivos ou provisórios podem ser utilizados para coleta de águas subterrâneas, desde que instalados de acordo com as normas técnicas vigentes.

Caso os resultados da aplicação das técnicas de resposta rápida não tenham sido suficientes para individualização de fontes potenciais e/ou a fonte tiver característica difusa, a distribuição dos pontos de coleta de solo deve ser de forma sistemática, por meio da aplicação de uma malha por toda a área. O tipo e o espaçamento selecionados da sistematização devem ser tecnicamente justificados.

A probabilidade de detecção da contaminação pode ser estimada por procedimentos estatísticos, com base no tamanho da área suspeita.

A quantidade de pontos de amostragem deve ser suficiente, a critério do profissional qualificado e/ou procedimentos legais vigentes, para avaliar a existência ou não de contaminação na área, em todas as fontes suspeitas e locais potencialmente contaminados relevantes.

6.2.3 Profundidade de amostragem

A profundidade de investigação ou de coleta de amostras é definida com fundamento no modelo conceitual, considerando as características de cada fonte de contaminação, dos mecanismos de liberação dos contaminantes, das características físico-químicas do contaminante, que interferem na sua mobilidade no meio afetado, e nas características do meio físico. As amostras devem ser coletadas nas profundidades, onde os contaminantes apresentem a maior probabilidade de ocorrência.

Durante a realização da amostragem podem ser utilizadas técnicas de resposta rápida para identificar as anomalias como indicativo das maiores possibilidades de ocorrência dos contaminantes em profundidade.

Quando não existirem indicações para orientar a definição da profundidade do ponto de amostragem, podem-se estabelecer intervalos regulares para a coleta de solo, ou amostrar de acordo com a variação litológica e suas relações com a ocorrência de água.

Na Tabela 3 são apresentadas orientações gerais para a definição da profundidade de amostragem em uma investigação confirmatória, com fundamento na identificação das fontes reais, suspeitas e locais potencialmente contaminados relevantes para cada meio afetado.

Tabela 3 – Orientação para definição da profundidade de amostragem quanto ao tipo de fonte

Fonte	Mecanismo de liberação	Meio afetado (real ou potencial)	Profundidade de amostragem
Chaminé, pilhas de resíduos ou similar	Emissão atmosférica de particulados	Solo superficial	0 a 5 cm Ver Nota 1
Tubulação e armazenamento subterrâneo	Vazamento, com infiltração em subsuperfície	Solo subsuperficial	Com base na profundidade dos tanques/linhas de transporte, profundidade da água subterrânea e aplicação de técnicas de resposta rápida
		Água subterrânea	Em função da profundidade da fonte primária/secundária e na porção superior do aquífero superficial caso o poço de monitoramento esteja instalado junto ou próximo (jusante) da fonte primária Ver Nota 2
Armazenamento e tubulação aérea	Vazamento com infiltração	Solo superficial	0 a 20 cm (exceto para substâncias voláteis) Ver Nota 3
		Solo subsuperficial	Em função da evidência visual ou aplicação de técnica de resposta rápida
		Água subterrânea	Superfície do primeiro aquífero, caso o poço de monitoramento esteja instalado junto ou próximo (jusante) da fonte primária Ver Nota 2
Unidade produtiva/manutenção/ utilidades/serviços	Vazamento e derramamento seguidos de infiltração	Solo superficial	Coleta de 0 a 20 cm (exceto para substâncias voláteis), técnicas de resposta rápida
		Solo subsuperficial	Em função da aplicação de técnicas de resposta rápida ou evidência visual
		Água subterrânea	Superfície do primeiro aquífero, caso o poço de monitoramento esteja instalado junto ou próximo (jusante) da fonte primária Ver Nota 2
Tratamento de resíduos e efluentes, áreas de disposição de resíduos ou similar	Vazamentos e derramamentos, com infiltração no solo e lixiviação	Solo superficial	Coleta de 0 cm a 20 cm (exceto para substâncias voláteis)
		Solo subsuperficial	Em função de aplicação de técnicas de resposta rápida
		Água subterrânea	Superfície do primeiro aquífero, caso o poço de monitoramento esteja instalado junto ou próximo (jusante) da fonte primária Ver Nota 2

NOTA 1 Abaixo da cobertura vegetal, se houver.

NOTA 2 Em função do modelo conceitual, se houver suspeita de fluxo subterrâneo predominantemente vertical, considerar este fato na definição do ponto e profundidade de amostragem.

NOTA 3 Será coletada amostra referente ao maior valor obtido no perfil vertical por técnica de medição rápida.

Deve ser salientado que devido à complexidade do comportamento das substâncias no meio ambiente, das características do solo e do aquífero e das quantidades liberadas, a escolha da profundidade adequada de amostragem deve contar com a experiência do profissional, não se limitando às orientações fornecidas na Tabela 3.

6.2.4 Definição das substâncias químicas de interesse a serem analisadas

As substâncias de interesse a serem analisadas devem ser escolhidas a partir das informações relativas aos contaminantes que podem ocorrer ou que ocorrem na área, definidos com base na etapa de avaliação preliminar. Entre os contaminantes com maior probabilidade de ocorrer na área, devem ser selecionados preferencialmente aqueles que possuam maior toxicidade ou maior potencial para causar danos aos bens a proteger.

Preferencialmente, devem ser selecionadas as substâncias químicas de interesse que possuam valores orientadores definidos, com o objetivo de facilitar a interpretação dos resultados.

Caso existam incertezas relacionadas às substâncias manuseadas ou dispostas no local, deve-se optar por um escopo analítico amplo que inclua substâncias voláteis, semivoláteis, hidrocarbonetos derivados de petróleo, pesticidas, metais ou outros que forem considerados pertinentes.

6.2.5 Definição do número de campanhas de amostragem

Na etapa de investigação confirmatória, normalmente uma única campanha de amostragem é realizada. Excepcionalmente, outras campanhas podem ser necessárias para confirmação dos resultados ou para complementar a campanha anterior.

6.2.6 Realização de análises químicas

A manutenção de registros de campo, de forma organizada e detalhada, permite rastrear eventuais problemas que possam ser identificados nos resultados analíticos.

A cadeia de custódia é o documento que registra o caminho da amostra desde a coleta até o momento da análise, indicando os responsáveis neste trâmite de fundamental importância na rastreabilidade da amostra. Este documento deve ser corretamente preenchido, a partir da coleta com as datas e assinaturas das pessoas que tiveram a custódia daquelas amostras. Uma via do documento original deve acompanhar os laudos analíticos. Na cadeia de custódia devem constar no mínimo as seguintes informações:

- a) identificação do nome e endereço da área;
- b) empresa responsável pela coleta;
- c) identificação e assinatura do técnico responsável pela coleta e custódia da amostra até a entrega ao laboratório;
- d) identificação e assinatura do técnico responsável pelo recebimento das amostras no laboratório;
- e) identificação da amostra;
- f) identificação da matriz a ser analisada;
- g) identificação das análises químicas a serem realizadas;
- h) quantidade e tipo de frascos utilizados por amostra;
- i) especificação dos conservantes eventualmente utilizados;
- j) data e horário de amostragem;

- k) data e horário de entrega ao laboratório;
- l) integridade dos frascos e temperatura de chegada ao laboratório.

O pré-tratamento de amostras consiste em quarteamento, filtração e preservação. Faz parte do sistema de garantia da qualidade e deve ser previsto no plano de amostragem, quando se aplicar, e conduzido no campo no momento da coleta de amostra, visando minimizar alterações.

A remessa das amostras deve atender os prazos aceitáveis de estocagem e análise das amostras, de acordo com o tipo de matriz, substância química de interesse e método analítico escolhido, de modo a minimizar problemas associados à preservação das características das amostras.

Amostras de controle de qualidade devem ser utilizadas para validar os resultados das amostras. Podem ser tanto amostras preparadas em campo como em laboratório. São exemplos de amostras de controle de qualidade:

- a) branco de equipamento de amostragem:
 - amostra coletada da lavagem do equipamento de amostragem (último enxágue com água). Recomenda-se realizar uma amostra a cada conjunto de 20 amostras de água coletadas. No caso de coletar menos de 20 amostras, recomenda-se a coleta de um branco;
- b) branco de campo:
 - frasco contendo água destilada, deionizada ou mineral submetida a exposição ao ambiente durante um período de amostragem. A escolha do tipo de água deve permitir a conclusão quanto à não interferência do ambiente de amostragem. Recomenda-se realizar um branco de campo por campanha de amostragem;
- c) branco de temperatura:
 - frasco contendo água fornecida pelo laboratório para avaliar se as amostras foram devidamente resfriadas. Deve ser colocado um branco de temperatura em cada contêiner de amostras;
- d) branco de viagem:
 - frasco contendo água destilada, deionizada ou mineral, transportada do laboratório até o local de amostragem e transportada de volta à origem sem ter sido exposta aos procedimentos de amostragem para análise de VOC. A recomendação é de um branco de viagem em cada contêiner de amostras;
- e) replicatas:
 - a mesma amostra de água é duplicada e identificada sem que o laboratório saiba. Tem a função de avaliar a precisão dos resultados do laboratório ou entre laboratórios.

O plano de amostragem deve descrever a frequência de preparação de brancos de campo, equipamento e viagem para os diferentes tipos de matriz (solo e água), bem como deve recomendar que as análises sejam realizadas em laboratório que possua acreditação nas metodologias analíticas das substâncias químicas de interesse ou que atendam às condições mínimas observadas a seguir.

Nos laudos deve ser observado no mínimo o seguinte:

- a) identificação do nome (da empresa ou do responsável) e do endereço da área;

- b) data e horário da coleta;
- c) data da entrada no laboratório;
- d) data de preparação e extração quando proceder;
- e) data de análise;
- f) identificação e assinatura do responsável técnico pela análise;
- g) limites de quantificação – o laboratório deve reportar o limite de quantificação da amostra para cada uma das substâncias químicas de interesse analisados;
- h) resultados de brancos do método, ensaio de adição, traçadores e os respectivos intervalos de controle de qualidade;
- i) método de preparação e analítico – o laudo deve expressar o método de análise e o método de preparação aplicado, se for o caso. Em caso de variações na utilização de um método consagrado, estas devem ser descritas e validadas;
- j) informar se houve diluição e o fator utilizado;
- k) no caso de amostra de solo, informar se a análise foi conduzida na base úmida ou seca e, neste último caso, o teor de umidade da amostra;
- l) incertezas de medição para cada parâmetro, cujo resultado esteja próximo ($\pm 20\%$) ao valor de investigação do CONAMA ou outro valor estabelecido pelo órgão ambiental competente;
- m) cromatogramas;
- n) outros documentos, como cartas-controle, resultados obtidos em ensaios de proficiência e de validação, podem ser solicitados a qualquer tempo pelo órgão ambiental competente.

Recomenda-se que seja adotado o método analítico que propicie um limite de quantificação menor do que o valor de intervenção do analito.

Nos casos em que os limites de quantificação da amostra forem superiores ao valor de intervenção em função do fator de diluição ou interferência de matriz, o laboratório deve apresentar a devida justificativa.

6.3 Interpretações dos resultados

Os resultados analíticos obtidos devem ser comparados aos valores orientadores de investigação do órgão ambiental competente ou aos do CONAMA. Caso esses resultados estejam acima desses, considerando-se a incerteza da medição (ver 6.2.6), a área em questão pode ser classificada conforme os critérios do órgão ambiental competente.

Na ausência de valores orientadores nacionais, subsidiariamente, como referência podem ser adotados valores orientadores definidos em outros países, que sejam reconhecidos e aceitos pelos órgãos ambientais competentes.

Devem ser elaboradas ilustrações em escala compatível, mostrando a localização dos pontos de amostragem, além da representação dos resultados analíticos, que podem ser apresentados, por exemplo, em tabelas ou mapas.

Caso a interpretação dos resultados confirme a contaminação da área, deve ser elaborado um plano de ações das etapas posteriores, de acordo com a legislação específica vigente. Se não houver confirmação, devem ser apresentadas recomendações pertinentes ao caso, como o monitoramento. Quando constatado perigo ou risco iminente, o órgão ambiental competente deve ser comunicado, bem como devem ser adotadas as ações emergenciais necessárias para resguardar os receptores de risco e demais bens a proteger.

6.4 Modelo conceitual da investigação confirmatória

O modelo conceitual da área em estudo é atualizado e validado com as informações obtidas na investigação confirmatória conforme norma específica, de modo que os resultados dessa etapa sejam utilizados para atualizar e complementar o modelo conceitual da avaliação preliminar, gerando uma nova versão, que deve ser a base para o planejamento e realização das etapas seguintes.

As informações obtidas na investigação confirmatória que podem ser utilizadas para atualizar o modelo conceitual geralmente são:

- a) nível de água dos poços de monitoramento;
- b) sentido e velocidade de fluxo;
- c) distribuição das litologias;
- d) concentração e distribuição da contaminação nos meios afetados;
- e) mecanismos de liberação identificados;
- f) meios de transporte;
- g) vias de exposição reais e hipotéticas;
- h) receptores potenciais e reais identificados.

O modelo pode ser apresentado em forma escrita, tabulada, gráfica ou combinação dessas.

6.5 Relatório técnico

O relatório de investigação confirmatória deve concluir sobre a existência ou não de contaminação na área investigada, devendo contemplar no mínimo os seguintes tópicos:

- a) resumo executivo;
- b) introdução;
- c) histórico;
- d) objetivo e escopo;
- e) limitações da metodologia adotada;
- f) localização da área;
- g) contexto geográfico;

- h) uso e ocupação do solo;
- i) contexto geológico/hidrogeológico;
- j) plano de amostragem;
- k) descrição das atividades realizadas (sondagens, poços, amostragem, ensaios e análises) e metodologias aplicadas;
- l) apresentação e discussão de informações obtidas e resultados de análises e ensaios (mapa potenciométrico, tabelas e figuras de resultados);
- m) modelo conceitual atualizado;
- n) conclusões e recomendações;
- o) ações necessárias para gerenciamento de risco ou monitoramento;
- p) referências técnicas e bibliográficas;
- q) qualificação e assinatura do profissional responsável.

Devem ser anexados os seguintes documentos:

- a) planta da área, indicando no mínimo a localização das atividades realizadas, as fontes investigadas, as edificações existentes e os bens a proteger;
- b) registro fotográfico da investigação;
- c) boletins de sondagens de solo e perfis litológicos-construtivos de poços de monitoramento;
- d) levantamento topográfico de pontos de amostragem, sondagens e poços de monitoramento;
- e) boletins de amostragem de solo, águas subterrâneas ou demais meios amostrados;
- f) laudos analíticos com cadeia de custódia;
- g) certificados de calibração dos instrumentos de medição em campo;
- h) anotação de responsabilidade técnica (ART) e, quando exigido, declaração de responsabilidade.

Bibliografia

- [1] Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB, www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/manual.asp
- [2] Decisão de Diretoria CETESB DD 103/2007 de 22 de junho de 2007
- [3] Decisão de Diretoria CETESB DD 195/2005 de 23 de novembro de 2005
- [4] **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios.asp**
- [5] Procedimento para Identificação de Passivos Ambientais em Postos de Combustíveis, <http://www.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/passivos230902.pdf>
- [6] Resolução CONAMA 420/2009

