

Seção 9.1: Elaboração do Plano de Intervenção – Introdução

A etapa de Elaboração do Plano de Intervenção é a primeira do Processo de Reabilitação de Áreas Contaminadas, em que são planejadas as medidas de intervenção necessárias para viabilizar o seu uso, atual ou futuro, de forma segura e sustentável.

Conforme descrito na **Seção 8.1**, prosseguem para a etapa de Elaboração do Plano de Intervenção as áreas cuja Classificação 5, da etapa anterior de Avaliação de Risco, resultou na classificação como Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi), devido à constatação de:

- ✓ fontes de contaminação primárias ou secundárias ativas;
- ✓ riscos aos bens a proteger acima dos níveis aceitáveis;
- ✓ danos aos bens a proteger.

Dessa forma, as seguintes atividades são previstas na etapa de Elaboração do Plano de Intervenção:

- ✓ seleção das medidas de intervenção a serem implementadas;
- ✓ definição do quinto modelo conceitual da área (MCA 5);
- ✓ proposição de nova classificação da área em avaliação (Classificação 6);
- ✓ identificação dos responsáveis legais e solidários;
- ✓ elaboração do cronograma do plano de intervenção.

Quando o plano de intervenção contemplar a reutilização da área, este será denominado Plano de Intervenção para Reutilização, e precisará incluir, nas atividades programadas, a avaliação e o gerenciamento das interferências provocadas pela execução de obras para construção de novas edificações, reformas ou demolições, sobre os caminhos de exposição atuais ou futuros identificados no quarto modelo conceitual da área (MCA 4).

A etapa de Elaboração do Plano de Intervenção prevê a realização das seguintes subetapas: Seleção das Medidas de Intervenção (descrita na **Seção 9.2**); e Elaboração do Quinto Modelo Conceitual e Classificação 6 (descrita na **Seção 9.3**).

A **Figura 9.1-1** ilustra o fluxograma da etapa de Elaboração do Plano de Intervenção.

A interpretação das informações geradas serão a base para a elaboração do quinto modelo conceitual da área (MCA 5) e a atualização da classificação da área (Classificação 6).

As ACRi resultantes da Classificação 6 se mantêm na Relação de Área Contaminada com Risco Confirmado, a serem armazenadas no Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas.

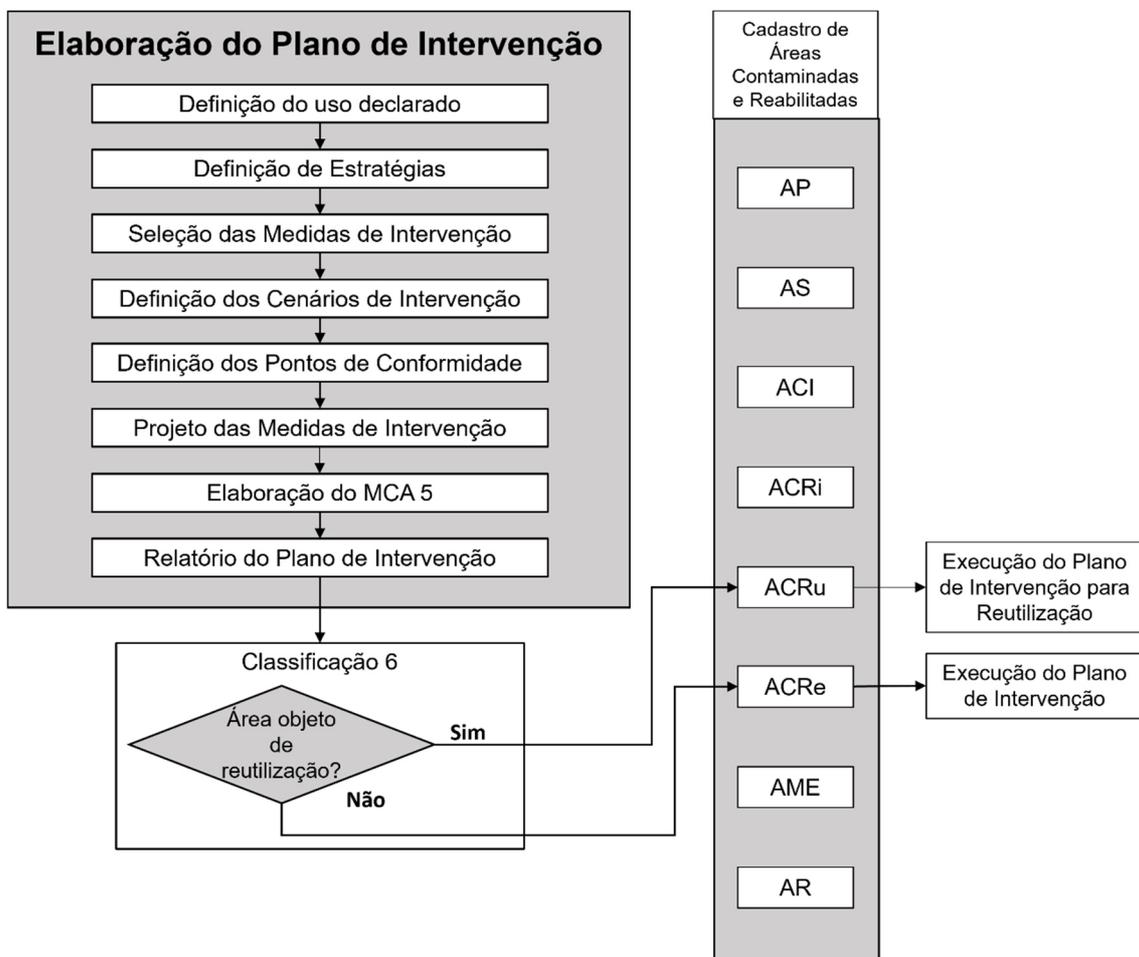
No caso das áreas objeto de reutilização, após a aprovação pela CETESB do Parecer Técnico sobre o Plano de Intervenção para Reutilização, a área receberá a classificação como Área Contaminada em Processo de Reutilização (ACRu) e passará a integrar a Relação de Áreas Contaminadas em Processo de Reutilização.

As informações e interpretação dos resultados obtidos durante a realização da etapa de Elaboração do Plano de Intervenção, bem como o MCA 5, são consubstanciados e apresentados em um documento denominado Plano de Intervenção, de acordo com o especificado na **Seção 9.4**.

Os responsáveis legais pelas ACRI ou ACRu prosseguem para a implementação do plano de intervenção, aprovado pelo Órgão Ambiental Gerenciador, por meio da realização da etapa seguinte, denominada Execução do Plano de Intervenção.

No **Capítulo 15**, são apresentadas descrições detalhadas das medidas de intervenção utilizadas para elaborar o Plano de Intervenção.

Figura 9.1-1: Fluxograma da etapa de Elaboração do Plano de Intervenção



Fonte: Elaboração própria (CETESB, 2023).

Seção 9.2: Seleção das Medidas de Intervenção

Sumário

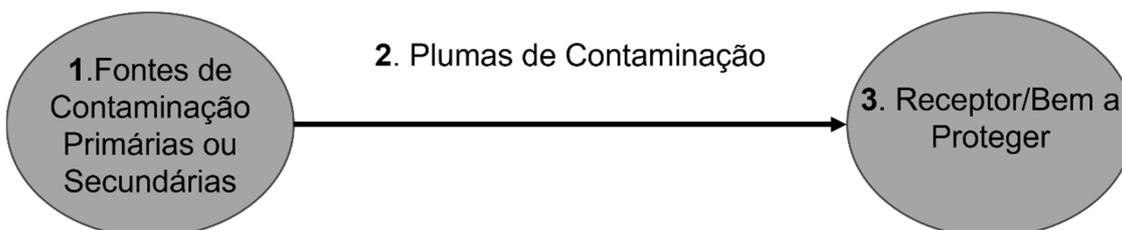
1. Introdução	1
2. Seleção das medidas de intervenção	3
2.1. Definição do uso declarado	3
2.2. Definição das estratégias.....	4
2.3. Seleção das medidas de intervenção aplicáveis	5
3. Seleção das técnicas	6
3.1. Metas de remediação das MRTs ou MRCs.....	7
3.2. CMAs definidas para as MCEs e MCIs	8
3.3. Sustentabilidade da técnica	8
3.4. A disponibilidade da técnica	8
3.5. A sua aplicabilidade	9
3.6. O histórico de utilização da técnica.....	10
3.7. O prazo disponível para reabilitação da área em avaliação	10
3.8. A necessidade de investigações complementares.....	10
3.9. Diretrizes legais	11
4. Definição dos cenários de intervenção	11
4.1. Seleção do cenário de intervenção	11
5. Definição dos pontos de conformidade	12
6. Projeto executivo das medidas de intervenção	13
Referências	13

1. Introdução

As medidas de intervenção consistem em ações destinadas reduzir os riscos e danos aos bens a proteger em uma Área Contaminada (AC), por meio da atuação sobre os componentes do risco, ou seja, sobre as fontes de contaminação primárias ou secundárias ativas, as plumas de contaminação e os receptores/bens a proteger, buscando viabilizar o seu uso seguro.

Os componentes do risco estão ilustrados na **Figura 9.2-1**:

Figura 9.2-1: Componentes do risco ou danos



Fonte: Elaboração própria (CETESB, 2023)

Os tipos de medidas de intervenção que podem ser consideradas na elaboração de um plano de intervenção são os seguintes:

- ✓ **Medida de remediação por tratamento (MRT)**: envolve a aplicação de técnicas de remediação que propiciam a redução das concentrações (ou da massa) das SQIs até o atingimento das metas de remediação.

- ✓ **Medida de remediação por contenção (MRC):** envolve a aplicação de técnicas de remediação que propiciam a contenção ou o isolamento dos contaminantes existentes nas fontes de contaminação primárias, no centro de massa da contaminação, nas fontes de contaminação secundárias ou nas plumas de contaminação.
- ✓ **Medida de controle de engenharia (MCE):** envolve a aplicação de técnicas de controle de engenharia em pontos específicos dos caminhos de exposição, que propiciam a utilização de componentes das obras civis como dispositivo para evitar a exposição real dos bens a proteger às SQIs.
- ✓ **Medida de controle institucional (MCI):** envolve a aplicação de técnicas de controle institucional que estabelecem proteções ou restrições ao receptor/bem a proteger, que podem ser restrições de uso de recursos ambientais, edificações, utilidades etc., com o objetivo de evitar a exposição real dos bens a proteger às SQIs.

Cada medida de intervenção é efetivamente aplicada por meio de uma ou mais técnicas ou controles, podendo-se citar os seguintes exemplos (**Quadro 9.1-1**):

Quadro 9.1-1 – Tipos de Medidas de Intervenção

Medida de Intervenção	Técnicas ou Controles
Medida de Remediação por Tratamento – MRT (Descontaminação)	Remediação termal, bombeamento e tratamento, extração de vapores do solo.
Medida de Remediação por Contenção – MRC (Contenção, isolamento.)	Solidificação, encapsulamento, barreira hidráulica, isolamento geotécnico.
Medida de Controle de Engenharia – MCE (Interrupção de caminhos de exposição)	Edificações em pilotis, garagem em sobressolo, construção de piso sobre solo contaminado, colchões drenantes abaixo de edificações.
Medida de Controle Institucional – MCI (Proteção, restrição)	Restrição de acesso, restrição de uso da água subterrânea, restrição de construção de espaços confinados.

Fonte: Elaboração própria (CETESB, 2023)

Mais detalhes sobre as técnicas de remediação, de controle de engenharia e de controle institucional, ou outros associados às medidas de intervenção, podem ser consultados no **Capítulo 15**.

O processo de seleção das medidas de intervenção tem como base as informações do quarto modelo conceitual da área (MCA 4), elaborado na etapa de Avaliação de Risco.

Quando houver incertezas sobre a acurácia e completude das informações do MCA 4, podem ser previstas investigações complementares na etapa de Elaboração do Plano de Intervenção, visando reduzi-las e, conseqüentemente, auxiliar na melhor definição das medidas de intervenção.

O item 2 desta seção apresenta os procedimentos para a seleção das medidas de intervenção, e o item 3 apresenta as técnicas de remediação e de controle de engenharia e controle institucional.

2. Seleção das medidas de intervenção

O procedimento para a seleção das medidas de intervenção consiste nas seguintes ações:

- ✓ Definição do uso declarado.
- ✓ Definição das estratégias.
- ✓ Seleção das medidas de intervenção aplicáveis.

2.1. Definição do uso declarado

Na definição das medidas de intervenção, é considerado, obrigatoriamente, o uso dado à área, denominado “uso declarado”, que será aquele registrado no Termo de Reabilitação para o Uso Declarado após a classificação da área como Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR).

O uso declarado é definido com certo grau de liberdade pelo responsável legal, em função dos seus interesses, mas, para tanto, precisa seguir a legislação de uso e ocupação do solo vigente, assim como a situação de contaminação em que a área se encontra.

Para caracterizar o uso declarado, são estabelecidos o tipo de uso, a forma de uso e as condições de uso da área em avaliação e de sua vizinhança.

O tipo de uso define a atividade desenvolvida ou a ser desenvolvida na área em avaliação.

A forma de uso detalha as características da atividade desenvolvida ou a ser desenvolvida.

As condições de uso indicam as características básicas das edificações ou utilidades implantadas ou a serem implantadas na área em avaliação.

A seguir, são apresentados alguns exemplos:

- ✓ Tipo de uso: residencial, comercial, industrial, parque, reserva legal, praça.
- ✓ Forma de uso: comércio varejista de combustíveis, indústria metalúrgica, condomínio de prédios residenciais, casa unifamiliar, parque urbano.
- ✓ Condições de uso: galpão industrial, casa térrea, edificação em pilotis, edifício residencial com garagem em subsolo (ou em sobressolo), parque elevado, praça contemplativa.

Quando os riscos inaceitáveis ou danos extrapolam os limites da área em avaliação, é necessário considerar o uso da vizinhança no processo de seleção das medidas de intervenção, no caso, os usos existentes ou os usos mais restritivos estabelecidos na legislação de uso e ocupação do solo. Nessa situação, destaca-se que a área em avaliação somente será classificada como AR quando o uso declarado estiver garantido de forma segura e sustentável, tanto dentro dos seus limites quanto na vizinhança.

A definição do uso declarado tem influência significativa na escolha das medidas de intervenção, uma vez que essa informação permite estabelecer os caminhos de exposição a serem considerados no plano de intervenção.

O uso futuro – principalmente o seu tipo e forma de uso –, precisa ser vislumbrado desde a etapa anterior de Avaliação de Risco, pois são informações necessárias para se calcular as concentrações máximas aceitáveis (CMA). Posteriormente, na etapa de Elaboração do Plano de Intervenção, mais detalhes sobre o uso futuro podem ser definidos – como as condições de uso –, para que seja possível propor medidas de intervenção adequadas.

2.2. Definição das estratégias

As estratégias do plano de intervenção indicam as diferentes maneiras pelas quais se buscará atingir o uso seguro e sustentável na área em avaliação e na vizinhança, podendo ser propostas as seguintes, considerando os componentes do risco e dos danos:

- ✓ Fontes de contaminação primárias ou secundárias:
 - isolar as fontes de contaminação;
 - reduzir as concentrações das SQIs nas fontes de contaminação;
 - remover as fontes de contaminação.
- ✓ Plumas de contaminação:
 - reduzir as concentrações das SQIs nas plumas de contaminação;
 - remover as plumas de contaminação;
 - barrar a propagação das plumas de contaminação;
 - reduzir as dimensões das plumas de contaminação.
- ✓ Receptores/bens a proteger:
 - isolar os receptores expostos ou potencialmente expostos;
 - remover os receptores expostos ou potencialmente expostos;

Nos casos com múltiplas SQIs, também podem ser definidas estratégias para o centro de massa da contaminação (que pode se comportar como fonte de contaminação secundária ou pluma de contaminação):

- isolar o centro de massa da contaminação;
- reduzir as concentrações das SQIs no centro de massa da contaminação;
- remover o centro de massa da contaminação;
- barrar a propagação do centro de massa da contaminação;
- reduzir as dimensões do centro de massa da contaminação.

Na maioria das ACs, o plano de intervenção precisa combinar mais de uma estratégia para possibilitar o uso seguro e sustentável.

Por exemplo, em casos com a possibilidade de ocorrência de exposição real às SQIs por inalação de vapores em ambientes fechados, pode-se retirar o receptor humano da área em avaliação por meio da aplicação de uma MCI durante o período de aplicação de uma MRT, visando reduzir as concentrações até os níveis aceitáveis e viabilizar, futuramente, o retorno dos receptores.

Uma estratégia para gerenciar os danos em um aquífero utilizado para abastecimento público de água consiste na eliminação de uma pluma de contaminação dissolvida ou na redução das suas dimensões por meio da aplicação de uma MRT. Dependendo da situação, adicionalmente à MRT, pode-se impor uma MCI de restrição de uso da água subterrânea temporária em um determinado volume do aquífero, visando eliminar a possibilidade de exposição real dos receptores humanos.

2.3. Seleção das medidas de intervenção aplicáveis

A seleção das medidas de intervenção está diretamente relacionada com a definição das estratégias. Para as estratégias que atuam sobre a fonte de contaminação primária ou secundária ou sobre as plumas de contaminação, utiliza-se, geralmente, as MRT, MRC ou MCE. Já para as estratégias que atuam nas vias de exposição de receptores ou bens a proteger, utiliza-se MCIs.

A seguir, são apresentadas orientações gerais para auxiliar a escolha dos tipos de medidas de intervenção, considerando as possíveis estratégias de um plano de intervenção (**Quadro 9.2-1**):

Quadro 9.2-1 – Estratégias e medidas de intervenção aplicáveis

Estratégia	Medidas de intervenção aplicáveis
Eliminação da fonte de contaminação primária	MRT
Contenção da fonte de contaminação primária	MRC ou MCE
Redução da concentração da SQI na fonte de contaminação primária	MRT
Eliminação da fonte de contaminação secundária	MRT
Contenção da fonte de contaminação secundária	MRC ou MCE
Redução da concentração da SQI na fonte de contaminação secundária	MRT
Eliminar o centro de massa da contaminação	MRT
Reduzir as dimensões do centro de massa da contaminação	MRT
Conter o centro de massa da contaminação	MRC ou MCE
Reduzir a concentração da SQI no centro de massa da contaminação	MRT
Eliminar as plumas de contaminação	MRT
Reduzir as dimensões da pluma de contaminação	MRT
Conter as plumas de contaminação	MRC ou MCE
Reduzir a concentração da SQI na pluma de contaminação	MRT
Remover o receptor/bem a proteger	MCI
Isolar o receptor/bem a proteger	MRT, MRC, MCE ou MCI

Fonte: Elaboração própria (CETESB, 2023)

Notas:

MRT – Medida de Remediação por Tratamento

MRC – Medida de Remediação por Contenção

MCI – Medida de Controle Institucional

MCE – Medida de Controle de Engenharia

Durante a elaboração do plano de intervenção, mais de uma estratégia e diferentes combinações de medidas de intervenção podem ser vislumbradas para o mesmo caso. A definição de uma solução em detrimento de outras opções, dependerá de diversos fatores, mas principalmente das vantagens e desvantagens das técnicas de remediação, e das técnicas de controle de engenharia e institucional, além de diretrizes legais, que podem exigir uma avaliação de sustentabilidade ou da capacidade da técnica em promover a redução de massa da contaminação.

3. Seleção das técnicas

As técnicas associadas às medidas de intervenção podem ser divididas nos seguintes tipos:

- ✓ técnicas de remediação por tratamento;
- ✓ técnicas de remediação por contenção;
- ✓ técnicas de controle de engenharia;
- ✓ técnicas de controle institucional.

As técnicas de remediação por tratamento, constituintes das MRTs, são aquelas que promovem a redução das concentrações ou a massa das SQIs até o atingimento das metas de remediação. São exemplos de técnicas de remediação por tratamento a oxidação química “in situ”, a biorremediação, a extração de vapores contaminados do solo, a dessorção térmica e a remoção por escavação e destinação de material contaminado (solo, rochas, sedimentos ou material antrópico).

As técnicas de remediação por contenção, constituintes das MRCs, são aquelas que promovem a contenção ou isolamento da SQI no compartimento do meio ambiente em que se propaga. Como exemplos de técnicas de remediação por contenção, podem ser citadas a solidificação/estabilização, a construção de barreiras verticais subterrâneas (paredes) e a cobertura geotécnica.

As técnicas de controle de engenharia, constituintes das MCEs, são aquelas que se valem das obras previstas pela construção civil, como pisos, paredes, lajes, drenos ou fundações, com o objetivo de interromper o caminho de exposição de uma SQI em um determinado compartimento do meio ambiente, além de cumprir com suas funções intrínsecas como parte das edificações ou utilidades. Um exemplo dessa técnica é a construção de um piso para evitar o contato dérmico dos receptores humanos com o solo contaminado, além de ter suas funções normais como parte da edificação. Outro exemplo, é a construção do edifício em pilotis, com o objetivo de evitar a intrusão de gases ou vapores em ambientes fechados, ao mesmo tempo que promove a circulação de pessoas ou serve como estacionamento de veículos.

As técnicas de controle institucional, constituintes das MCIs, são proteções, restrições ou condições diferenciadas de uso de edificações, utilidades ou dos recursos naturais ou ambientais, estabelecidas institucionalmente por um órgão competente, com o objetivo de evitar a exposição real do bem a proteger a uma determinada SQI. Como exemplo, pode-se citar o estabelecimento de restrição de uso das águas subterrâneas, o controle de acesso de pessoas a um determinado local ou a proibição de plantio de árvores frutíferas ou horta.

Para a escolha das técnicas, os seguintes aspectos são considerados:

- ✓ as metas de remediação das MRTs ou MRCs;
- ✓ as CMAs definidas para as MCEs e MCIs;
- ✓ a sustentabilidade da técnica;
- ✓ a disponibilidade da técnica;
- ✓ a aplicabilidade da técnica;

- ✓ o histórico de utilização da técnica para casos similares;
- ✓ o prazo disponível para reabilitação da área contaminada;
- ✓ a necessidade de investigações complementares para implementação da técnica;
- ✓ as diretrizes legais existentes.

No processo de escolha, a comparação entre diferentes técnicas, considerando os aspectos listados, é essencial de ser realizada pelo responsável técnico, pois a solução definida poderá ser justificada tanto ao responsável legal quanto ao Órgão Ambiental Gerenciador.

3.1. Metas de remediação das MRTs ou MRCs

As metas de remediação a serem atingidas são fatores importantes para a escolha das técnicas de remediação que envolvem tratamento ou contenção.

Atingir a meta de remediação significa reduzir as concentrações da SQI abaixo da CMA em função da ação do sistema de remediação em operação, com a manutenção dessa situação mesmo após o seu desligamento. Em algumas situações, após o desligamento do sistema de remediação, podem ocorrer efeitos de rebote devido a contaminação remanescente em zonas de armazenamento, o que faz com que as concentrações fiquem desconformes em relação à CMA, indicando a necessidade do retorno da operação do sistema de remediação ou a sua revisão.

Ao considerar essa questão, pode-se propor a aplicação de uma técnica de remediação com baixa ocorrência de efeito rebote, ou combinar técnicas de remediação, como: utilizar uma técnica de remediação para remover a maior parte da contaminação em fase livre, retida e dissolvida em zonas de transporte ou no centro de massa da contaminação e, em seguida, implantar outra técnica – como a oxidação/redução química ou atenuação natural monitorada –, com o objetivo de atingir concentrações consistentemente abaixo das CMAs em um espaço de tempo mais prolongado.

A previsão da eficiência e eficácia de uma técnica de remediação, principalmente aquelas com tratamento “*in situ*”, é uma tarefa complexa, em função das heterogeneidades dos compartimentos do meio ambiente e características das SQIs, sendo possível, muitas vezes, verificar o cumprimento aos objetivos do plano de intervenção somente após o início da operação do sistema de remediação e da análise da eficiência e eficácia. Por conta disso, é importante que o plano de intervenção preveja desconformidades que possam ocorrer e a possibilidade de alteração das técnicas de remediação, caso as escolhidas se mostrem ineficientes ou ineficazes.

Haverá necessidade de continuidade da aplicação das técnicas das MRTs ou MRCs enquanto as concentrações das SQIs ou outros indicadores estiverem acima das metas de remediação estabelecidas.

Via de regra, o atingimento das metas de remediação ocorre antes da área em avaliação ser classificada como AR. Entretanto, em algumas situações específicas, quando há necessidade de manutenção de uma MRC ou MRT por tempo indeterminado – por exemplo, um confinamento geotécnico de uma área de disposição de resíduos ou um sistema de extração de vapores ativo –, essas medidas poderão ser mantidas mesmo após a área em avaliação ter sido classificada como AR.

3.2. CMAs definidas para as MCEs e MCIs

As técnicas relacionadas às medidas de intervenção de controle, que não envolvem remediação por tratamento ou contenção, podem ser implantadas imediatamente, como as MCIs, ou em um curto intervalo de tempo, necessário para finalização de obras civis e de manutenção, como as MCEs.

Tão logo estão implantadas, é possível avaliar a eficiência da técnica em reduzir ou eliminar os riscos inaceitáveis aos receptores ou bens a proteger.

Apesar de haver maior previsibilidade de eficiência na aplicação das técnicas relacionadas às MCIs e MCEs, para algumas delas é preciso um tempo de monitoramento, como quando é proposto um sistema de exaustão passiva de gases abaixo de pisos de uma edificação.

Haverá necessidade de continuidade na aplicação das técnicas das MCEs e MCIs enquanto as concentrações das SQIs ou outros indicadores estiverem acima das CMAs. Em algumas situações, essas também poderão ser mantidas mesmo após a área em avaliação ter sido classificada como AR.

3.3. Sustentabilidade da técnica

No processo de seleção das técnicas das medidas de intervenção, é necessário que sejam considerados, em pé de igualdade, os aspectos econômicos, ambientais e sociais, buscando promover a sustentabilidade do plano de intervenção.

Para isso, uma visão abrangente, que muitas vezes extrapola os limites da própria AC, precisa ser colocada sobre o projeto como um todo. O processo decisório com bases sustentáveis prioriza técnicas que reduzam a geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos ou emissão de gases/vapores, que evitem a destinação de solos, sedimentos, rochas ou materiais antrópicos, contaminados ou não, para aterros, e que promova a reutilização desses materiais dentro ou fora da área em avaliação.

Obrigatoriamente, é necessário que se avalie as fontes de energia das técnicas e as possíveis emissões, priorizando aquelas que tenham uma menor contribuição para as mudanças climáticas. Nesse sentido, a geração de resíduos, efluentes e gases/vapores, que resulta, por exemplo, na necessidade de transporte, tratamento ou destinação adequada (“*on site*” ou “*off site*”), são fatores determinantes na escolha das técnicas das medidas de intervenção.

Do ponto de vista social, é importante que as técnicas proporcionem a reutilização da área em avaliação, o que pode representar melhorias na geração de empregos, além de contribuir com a revitalização atual ou futura da região.

3.4. A disponibilidade da técnica

A disponibilidade da técnica se relaciona diretamente com o desenvolvimento e aplicação tecnológicos, que podem ser fomentados pela iniciativa privada, universidades ou uma parceria entre ambas.

Algumas técnicas inovadoras e, por isso, pouco disponíveis, podem ter um custo e incertezas sobre a sua aplicabilidade elevados, o que reduz a possibilidade do seu uso. Outras técnicas convencionais, amplamente disponíveis e desenvolvidas, podem se tornar viáveis economicamente em diversos cenários e disseminadas como uma boa solução.

O uso de técnicas com alta disponibilidade é favorecido em áreas com riscos elevados, que demandam ações rápidas, confiáveis e em curto intervalo de tempo.

Em áreas contaminadas com riscos momentaneamente controlados, em que há tempo para um estudo e gerenciamento de longo prazo, o uso de técnicas inovadoras em parceria com instituições de pesquisa pode ser favorecido.

No plano de intervenção, a disponibilidade da técnica proposta se ajusta entre recursos financeiros, tecnológicos e a urgência no controle de riscos e danos, para que seja bem justificada e acordada com o Órgão Ambiental Gerenciador.

3.5. A sua aplicabilidade

Em termos práticos, a aplicabilidade das técnicas consiste na capacidade em atuar efetivamente no gerenciamento dos riscos e danos identificados, e na possibilidade de ser instalada adequadamente.

A aplicabilidade das técnicas, principalmente as de remediação, é influenciada pelas características das SQIs, condições do meio físico subterrâneo (em termos de geologia, hidrogeologia, geoquímica) e pela condição de uso da área (presença de edificações ou utilidades).

De maneira geral, os resultados da etapa de Investigação Detalhada permitem selecionar um grupo de técnicas com potencial para serem aplicadas em uma determinada área. No entanto, essa avaliação pode não ser suficiente e demandar a execução de testes em escala piloto, para verificar a aplicabilidade da técnica ou a comparação entre técnicas.

Por exemplo, quando se pretende aplicar uma técnica de remediação em uma área ocupada por edificações residenciais, comerciais ou industriais com utilidades subterrâneas, a aplicabilidade pode ser comprometida devido aos riscos tecnológicos; riscos aos trabalhadores envolvidos ou não com a remediação; riscos aos moradores; impossibilidade de acesso; ou prejuízo às atividades desenvolvidas, como os processos produtivos de uma indústria, que não podem ser paralisados. Algumas atividades industriais requerem ausência de poeira no processo produtivo, o que pode inviabilizar o uso de técnicas de remediação que necessitem a quebra ou perfuração de pisos, paredes, lajes ou movimentação de terra para sua implementação.

Áreas onde as atividades foram desativadas favorecem a aplicação de determinadas técnicas de remediação, uma vez que, nessa situação, é possível demolir edificações ou remover utilidades, proporcionando acesso aos melhores locais para a implementação dos equipamentos de remediação e monitoramento. Ações de aquecimento do meio subterrâneo ou injeção de remediadores, bem como a implantação da rede de monitoramento da eficiência e eficácia, também são facilitadas nessa condição, por não haver risco de interferência em utilidades subterrâneas ativas nem de expor os trabalhadores ou moradores a perigos.

As técnicas de controle institucional são aplicáveis em locais nos quais o responsável legal possa exercer o controle de uso requerido pela MCI. Nesse sentido, não é aplicável, por exemplo, estabelecer como solução definitiva uma MCI de restrição à construção de espaços confinados em propriedades privadas externas à área em avaliação, onde o responsável legal não possui controle.

Para as técnicas de controle de engenharia, a aplicabilidade pode ser analisada em termos de vida útil da medida proposta, com relação ao tempo de permanência e possibilidade de movimentação das SQIs em direção ao receptor/bem a proteger. Não é aplicável, por exemplo, considerar a construção de um piso comum para impedir a migração de vapores acumulados no ar do solo para ambientes fechados, pois com o tempo rachaduras e caminhos preferenciais podem surgir, possibilitando a intrusão de vapores.

3.6. O histórico de utilização da técnica

No processo de seleção das técnicas das medidas de intervenção, a contribuição de profissionais com experiência em implantar determinadas técnicas para casos similares é favorecida em relação à utilização de tabelas e roteiros teóricos de consulta.

O uso de matrizes, tabelas ou roteiros teóricos pode servir inicialmente para a exclusão de técnicas, evidentemente, não aplicáveis à área. Porém, a decisão adequada sobre a utilização de uma determinada técnica, em detrimento de outra, é tomada com base no conhecimento do responsável técnico e sua equipe, envolvido com a investigação da área, por conhecerem detalhes do modelo conceitual, juntamente com profissionais experientes em utilizar as técnicas em avaliação para casos similares.

3.7. O prazo disponível para reabilitação da área em avaliação

O prazo disponível para atingir a reabilitação da área pode influenciar significativamente na escolha das técnicas de remediação e de controle.

Prazos curtos implicam a escolha de técnicas constituintes de alta disponibilidade e efetividade, implementadas rapidamente. Por exemplo, a escolha de uma técnica de remediação por remoção de solo contaminado, com destinação “ex situ”, em vez de uma técnica de remediação por tratamento “in situ”, pode permitir um prazo menor para atingir as metas de remediação.

As técnicas constituintes das medidas de intervenção são agrupadas em função da duração esperada de sua implementação, visando embasar a elaboração do cronograma do plano de intervenção, a saber:

- Técnicas constituintes de curto prazo: desenvolvidas com duração de dias a 12 meses;
- Técnicas constituintes de médio prazo: desenvolvidas com duração de 1 a 5 anos;
- Técnicas constituintes de longo prazo: desenvolvidas com duração de 5 anos ou mais.

3.8. A necessidade de investigações complementares

Quando as informações do MCA 4 se mostram insuficientes para a escolha das técnicas das medidas de intervenção, ou mesmo para projetá-las, investigações adicionais ou complementares são conduzidas nos locais com lacunas de dados, visando eliminar ou reduzir as incertezas persistentes.

Se necessário, podem ser realizadas investigações complementares, visando embasar a escolha das técnicas a serem implementadas, assim como, fundamentar a elaboração do seu projeto executivo. Essas investigações são necessárias principalmente quando se utilizam técnicas de remediação, por isso são chamadas de investigação para remediação. No entanto, podem ser necessárias também para a seleção de técnicas de controle das MCIs e MCEs.

Essas investigações podem incluir, por exemplo, o detalhamento da delimitação das plumas de contaminação para projetar uma MRT, MRC, MCE ou MCI, assim como ensaios para verificar a degradação das SQIs ou testes-piloto para comparação entre diferentes técnicas de remediação.

A necessidade de investigações complementares, além daquelas realizadas durante as etapas do Processo de Identificação de Áreas Contaminadas, é um fator importante a ser considerado na seleção das técnicas. Em algumas situações, essa necessidade pode inviabilizar a escolha de uma determinada técnica potencial, considerando, aspectos econômicos ou os prazos para atingimento das metas de remediação.

3.9. Diretrizes legais

No estado de São Paulo, o Decreto Estadual nº 59.263/2013 (São Paulo, 2013) estabelece algumas diretrizes que influenciam no processo de seleção das medidas de intervenção.

No decreto, pode-se citar o artigo 71, que dá prioridade a técnicas consideradas sustentáveis nos casos em que são utilizados recursos do FEPRAC para a remediação de uma área contaminada.

No artigo 44, que estabelece o conteúdo de um plano de intervenção, estão incluídas diretrizes para a seleção das medidas, dentre as quais podem ser destacadas a utilização de medidas de intervenção consideradas técnica e economicamente viáveis e as consequências de sua aplicação.

Sendo assim, é necessário que a seleção das medidas de intervenção leve em consideração os aspectos legais existentes, e não somente os interesses do responsável legal, para se definir o cenário de intervenção a ser encaminhado para o Órgão Ambiental Gerenciador.

4. Definição dos cenários de intervenção

As medidas de intervenção e suas técnicas podem ser aplicadas em conjunto ou isoladamente para gerenciar os riscos ou danos em uma área contaminada. A esse arranjo, denomina-se cenário de intervenção.

Mais de um cenário de intervenção pode ser elaborado para uma determinada AC, a partir dos arranjos das diferentes medidas de intervenção e técnicas aplicáveis que foram selecionadas.

Quanto maior a quantidade de fontes de contaminação, número de SQIs, receptores ou bens a proteger envolvidos, maior é a possibilidade de elaboração de diferentes cenários de intervenção.

Os cenários de intervenção são representados espacialmente no Mapa de Intervenção, de uma maneira que seja possível visualizar o volume de influência de cada técnica constituinte das medidas de intervenção propostas.

4.1. Seleção do cenário de intervenção

Definidos os cenários de intervenção possíveis para a área contaminada, incluindo as medidas de intervenção e suas respectivas técnicas, o processo segue para uma

tomada de decisão, com a seleção daqueles que irão compor o Plano de Intervenção e prosseguir para a definição dos pontos de conformidade e projeto executivo.

Para esse processo ser bem-sucedido, é necessário que participem das discussões os interessados envolvidos, incluindo os responsáveis legais, o responsável técnico pelas investigações e elaboração do plano de intervenção, e especialistas nas técnicas propostas.

Os diferentes cenários de intervenção serão avaliados sob os aspectos de uso declarado, estratégias estabelecidas, medidas de intervenção e técnicas constituintes, juntamente com os seguintes quesitos (adaptado de Held; Gerschütz, 2021):

- ✓ aplicabilidade das técnicas constituintes;
- ✓ viabilidade das técnicas;
- ✓ tempo requerido de cada medida de intervenção;
- ✓ probabilidade de atingimento das metas de remediação ou CMAs definidas para as MCIs ou MCEs ;
- ✓ relação entre custo e eficiência;
- ✓ impactos na vizinhança e nos trabalhadores da área em avaliação;
- ✓ impactos no meio ambiente;
- ✓ necessidade de autorizações;
- ✓ geração, recuperação e disposição de resíduos, emissão de efluentes e gases/vapores;
- ✓ questões de saúde e segurança;
- ✓ possibilidades de monitoramento da eficiência e eficácia;
- ✓ possibilidade de otimização no caso de resultados insatisfatórios;
- ✓ necessidade de acompanhamento;
- ✓ incertezas.

Ao final do processo de tomada de decisão, um ou mais, dos cenários de intervenção pode se destacar e se mostrar favorecido para a situação existente, tornando-se a escolha final para o plano de intervenção.

A maneira como cada quesito é incorporado e considerado na seleção dos cenários de intervenção faz parte da expertise do responsável técnico e sua equipe, e das contribuições do responsável legal, sendo de extrema importância descrevê-la com clareza no Plano de Intervenção, para que o Órgão Ambiental Gerenciador possa validar o processo de escolha dos cenários de intervenção e, conseqüentemente, o plano de intervenção.

5. Definição dos pontos de conformidade

Os pontos de conformidade são pontos, áreas ou volumes dos compartimentos do meio ambiente, definidos no plano de intervenção, em que será verificado o atingimento das metas de remediação e/ou a manutenção da aplicação das medidas de intervenção.

Para cada técnica prevista no cenário de intervenção, sejam elas relacionadas às MRT, MRC, MCI ou MCE, são estabelecidos pelo responsável técnico os respectivos pontos

de conformidade. Nesses pontos, que podem ser também áreas ou volumes, o plano de intervenção tem de especificar o tipo e frequência de monitoramento da eficiência e eficácia a ser realizado, e quais resultados indicam o atingimento dos objetivos definidos da aplicação da medida de intervenção, ou seja, as metas de remediação ou as CMAs definidas para as MCIs ou MCEs.

A utilização dos pontos de conformidade torna o monitoramento da eficiência e eficácia das técnicas de remediação e o monitoramento para encerramento, uma atividade compreensível e simplificada, permitindo melhor avaliar a manutenção ou encerramento das medidas de intervenção.

6. Projeto executivo das medidas de intervenção

No plano de intervenção, por ser uma etapa de planejamento, requer ao menos a inclusão do projeto básico das medidas de intervenção, contendo o seguinte:

- ✓ fluxograma do processo e das operações unitárias;
- ✓ equipamentos a serem utilizados e seus controles;
- ✓ volume de influência das técnicas constituintes;
 - ✓ pontos de conformidade, com as metas de remediação para as MRTs ou MRCs e as CMAs definidas para as MCEs ou MCIs;
- ✓ plantas com o posicionamento dos equipamentos, tubulações e controles;
- ✓ formas utilizadas para avaliar a eficiência e eficácia das técnicas;
- ✓ parâmetros operacionais a serem monitorados e indicadores do funcionamento adequado das técnicas;
- ✓ o cronograma de implantação, operação e monitoramento da eficiência e eficácia.

No decorrer das ações planejadas de dimensionamento, que podem envolver testes de bancada ou piloto, o responsável legal evolui para elaborar o projeto executivo das medidas de intervenção.

Caso já esteja disponível em mais detalhes nessa etapa, o projeto executivo pode ser apresentado já no Plano de Intervenção.

Referências

HELD, T.; GERSCHÜTZ, S. **Management of contaminated sites of the petrochemical industry**: manual. Dessau-Rosslau: German Environment Agency, 2021. 125 p. Disponível em: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/manual_management_of_contaminated_sites_of_the_petrochemical_industry_v2.pdf. Acesso em: maio 2025.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 59.263, de 5 de junho de 2013**. Regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas. São Paulo: Governo do Estado, 2013. Retificação posterior. Publicado originalmente no Diário Oficial [do] Estado de São Paulo: seção 1: Poder

Executivo, São Paulo, v. 123, n. 104, p. 3-6, 6 jun. 2013. Retificado no DOE, v. 123, n. 139, p. 11, 27 jul. 2013. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/170437>. Acesso em: maio 2025.

Seção 9.3: Elaboração do Quinto Modelo Conceitual e Classificação 6

Sumário

1. Introdução	1
2. Estrutura do MCA 5	1
2.1. Plantas georreferenciadas.....	2
2.2. Representações tridimensionais.....	2
2.3. Tabela resumo	2
2.4. Texto explicativo.....	3
3. Classificação 6	3

1. Introdução

O quinto modelo conceitual da área (MCA 5) é uma atualização do quarto modelo conceitual da área (MCA 4), realizada com base na interpretação dos resultados da etapa de Elaboração do Plano de Intervenção.

Sua concepção busca representar, de maneira visual e textual, as medidas de intervenção e técnicas definidas na etapa de Elaboração do Plano de Intervenção.

A elaboração do MCA 5 é feita por meio da atualização das plantas, texto explicativo e tabela, geradas durante a execução das etapas do Processo de Identificação de Áreas Contaminadas (MCA 1 a MCA 4).

Os resultados da etapa de Elaboração do Plano de Intervenção, além de embasar a construção do MCA 5, são utilizados para a realização da Classificação 6 pelo Órgão Ambiental Gerenciador, que pode manter a classificação da área em avaliação como Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRI) ou classificá-la como Área em Processo de Reutilização (ACRu).

Nesta seção, são apresentadas, no item 2, as diretrizes para a construção do MCA 5 e, no item 3, as diretrizes para a classificação da área em avaliação durante a etapa de Elaboração do Plano de Intervenção.

Uma conceituação geral sobre essa ferramenta importante do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, que é o Modelo Conceitual da Área, pode ser consultada no item 5 da **Seção 1.2** deste manual.

2. Estrutura do MCA 5

O MCA 5 se organiza por medida de intervenção, formando uma estrutura que contém:

- ✓ plantas georreferenciadas com a representação da área;
- ✓ representações tridimensionais das medidas de intervenção e técnicas selecionadas;
- ✓ fluxograma de exposição;
- ✓ tabela com resumo das informações;

- ✓ texto explicativo com integração e interpretação das informações sobre as medidas de intervenção e técnicas selecionadas.

2.1. Plantas georreferenciadas

A representação espacial da área em avaliação é feita a partir da consolidação das plantas elaboradas nos MCAs das etapas anteriores de Avaliação Preliminar, Investigação Confirmatória, Investigação Detalhada e Avaliação de Risco, acompanhada de legenda que descreva as características dessas plantas:

- ✓ **Planta da área com proposta de classificação como ACRi ou ACRu** – planta contendo o polígono que representa os limites (perímetro) da atividade potencialmente geradora de áreas contaminadas avaliada (atual e pretéritas), delineado com base na(s) matrícula(s) do imóvel(is), ao qual se propõe aplicar a classificação como ACRi ou ACRu. Na sua legenda são inseridas informações sobre o CNAE da atividade potencialmente geradora de áreas contaminadas, sua razão social, o número da matrícula do imóvel, as coordenadas do centro da área, dimensões e pontos de acesso.
- ✓ **Planta multitemporal das áreas fonte** – planta contendo as áreas fonte levantadas na etapa de Avaliação Preliminar, e outras novas eventualmente identificadas nas etapas subsequentes de Investigação Confirmatória, Investigação Detalhada, Avaliação de Risco e Elaboração do Plano de Intervenção.

2.2. Representações tridimensionais

- ✓ **Representação tridimensional das medidas de intervenção (Mapa de Intervenção)** – plantas e seções verticais longitudinais e transversais, ou outra maneira de representação tridimensional, contendo:
 - os volumes de influência das medidas de intervenção;
 - a localização dos pontos de conformidade;
 - a situação atual e a situação a ser atingida nos pontos de conformidade.

No Mapa de Intervenção, os volumes de influência estimados das técnicas de remediação e das técnicas de controle são representados por meio de áreas ou volumes georreferenciados.

A situação a ser atingida representa aquela após a execução do plano de intervenção.

2.3. Tabela resumo

O resumo das informações sobre o plano de intervenção elaborado é necessário para melhor entendimento do MCA 5. Esse resumo pode ser feito por meio de uma tabela, na qual constam as medidas de intervenção propostas em cada linha e, nas colunas, as seguintes informações:

- ✓ tipo da medida de intervenção – se é uma Medida de Remediação por Tratamento (MRT), Medidas de Remediação por Contenção (MRC), Medida de Controle de Engenharia (MRE) ou Medida de Controle Institucional (MCI);
- ✓ prazo de execução – se a medida é de curto, médio ou longo prazo;
- ✓ Substâncias Químicas de Interesse (SQIs) alvo das medidas de intervenção;
- ✓ compartimentos do meio ambiente em que atuam;
- ✓ responsável pela execução da medida de intervenção;
- ✓ receptor ou bem a ser protegido com a aplicação da medida de intervenção.

O responsável legal pode propor complementações à tabela resumo, incluindo colunas adicionais que julgar necessárias para compilação das informações.

2.4. Texto explicativo

O texto explicativo do MCA 5 tem a função de descrever, de maneira concisa, como as medidas de intervenção irão funcionar e atuar sobre os caminhos de exposição delineados.

É necessário que, no texto explicativo, seja dado destaque ao cronograma do Plano de Intervenção, com os prazos de vigência das medidas de intervenção (curto, médio ou longo prazo).

3. Classificação 6

Finalizada a etapa de Elaboração do Plano de Intervenção, a área será classificada como ACRé caso o plano aprovado preveja a adoção de medidas de remediação.

A classificação como ACRu será adotada, nessa etapa, caso seja aprovado um Plano de Intervenção para Reutilização.

Seção 9.4: Plano de Intervenção

Sumário

1. Introdução.....	1
2. Plano de Intervenção.....	1

1. Introdução

Após a execução das subetapas de Seleção das Medidas de Intervenção e Técnicas Constituintes e de Elaboração do Quinto Modelo Conceitual e Classificação 6, o responsável técnico tem as informações necessárias para elaborar o Plano de Intervenção, finalizando, dessa forma, a etapa de Elaboração do Plano de Intervenção.

Para a elaboração do Relatório do Plano de Intervenção, o responsável técnico levará em consideração as diretrizes gerais estabelecidas no item 7 da **Seção 1.2** deste manual.

2. Plano de Intervenção

Em sua estrutura, o Plano de Intervenção é composto pelos seguintes tópicos:

- ✓ relatórios de etapas anteriores do Gerenciamento de Áreas Contaminadas que foram utilizados para a sua elaboração;
- ✓ o uso declarado da área em avaliação e da vizinhança;
- ✓ as estratégias definidas;
- ✓ as medidas de intervenção selecionadas;
- ✓ os cenários de intervenção possíveis para a área em avaliação;
- ✓ a descrição do processo de seleção do cenário de intervenção adotado;
- ✓ a descrição das ações emergenciais que foram adotadas ou estão em andamento, que podem interferir ou se relacionar com as medidas de intervenção propostas;
- ✓ os resultados das investigações complementares, caso tenham sido realizadas durante a etapa de Elaboração do Plano de Intervenção;
- ✓ o projeto básico das medidas de intervenção;
- ✓ o projeto executivo das medidas de intervenção;
- ✓ o MCA 5;
- ✓ a proposta de Classificação 6;
- ✓ o cronograma do Plano de Intervenção;
- ✓ os responsáveis pela execução das medidas de intervenção propostas;
- ✓ o plano de infraestrutura e segurança.

No plano de infraestrutura e segurança, são definidas a estrutura física necessária para a implementação das medidas de intervenção e as técnicas constituintes, considerando o gerenciamento dos equipamentos, das amostras, resíduos e efluentes a serem gerados durante as intervenções.

Com relação aos procedimentos de segurança, são envolvidos os trabalhadores que executarão as medidas de intervenção, os ocupantes da área em avaliação ou da sua vizinhança e o meio ambiente. A depender do nível de risco existente, quando perigos iminentes são identificados, pode haver a necessidade de elaboração de um Plano de Comunicação e de um Plano de Contingência.

O cronograma do plano de intervenção será definido em razão do nível de risco existente, das características das medidas de intervenção propostas, do plano de infraestrutura e segurança, além dos interesses da população afetada e do responsável legal e dos aspectos administrativos e legais envolvidos.