

Maureen Lee Chon

**CLASSES DE RISCOS ASSOCIADOS AOS
SISTEMAS DE REMEDIAÇÃO AMBIENTAL**

São Paulo
2010

Maureen Lee Chon

**CLASSES DE RISCOS ASSOCIADOS AOS
SISTEMAS DE REMEDIAÇÃO AMBIENTAL**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do Título de
Especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho

São Paulo
2010

Maureen Lee Chon

**CLASSES DE RISCOS ASSOCIADOS AOS
SISTEMAS DE REMEDIAÇÃO AMBIENTAL**

**Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do Título de
Especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho**

**São Paulo
2010**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Tomás Lee Lucio.

AGRADECIMENTOS

Ao meu esposo e companheiro profissional, pela paciência, orientação e tempo dedicado ao nosso filho.

À minha irmã que cuidou de meu filho para que eu pudesse cursar as aulas, nos momentos de ausência do pai.

À ANGEL que me incentivou a prospectar a área de engenharia ambiental e me concedeu a oportunidade de conhecer o mercado de trabalho.

RESUMO

Em vista da importância dos temas áreas contaminadas ou passivos ambientais e consequentemente dos sistemas de remediação ambiental, difundidos atualmente no Brasil em vista das novas legislações ambientais vigentes, faz-se necessário entender a interface existente entre os tipos de métodos de remediação e as questões de segurança envolvidos.

Através da experiência na área privada, em diversos estudos de casos, o qual envolviam a verificação de diversas atividades de campo, bem como o acesso aos relatórios, foi possível realizar um levantamento dos métodos de remediação mais utilizados, das classes de riscos associados à estes e também os possíveis efeitos.

Este trabalho descreverá as técnicas de remediação de forma sucinta e apresentará as classes de risco correlatas. Ressalta-se que não é o objeto deste trabalho a quantificação dos riscos de cada atividade executada nas diversas etapas, apenas a classificação destes.

Os resultados indicam a existência de classes de riscos associados à todas as etapas das atividades que compõem a implantação e operação de um sistema de remediação ambiental.

Palavras-chave: Engenharia de segurança. Empresa de consultoria ambiental. Classes de risco. Sistemas de remediação ambiental.

ABSTRACT

Given the importance of the themes contaminated areas or environmental liabilities and therefore of environmental remediation systems, which are currently in Brazil in view of new environmental laws in force, it is necessary to understand the interface between the types of remediation methods and safety issues involved.

Through experience in the consulting firms, in several case studies, which involved check out several field activities, as well as reading reports, it was possible to survey methods remediation most used classes of risks associated with these and also the possible effects.

This paper will describe the remediation techniques briefly and present the related risk classes. It is highlighted that is not the object of this study to quantify the risks of each activity performed in several steps, only the classification of these.

The results indicated the existence of classes of risks associated with all stages of the activities that comprise installation and operation of a system of environmental remediation.

Keywords: Safety engineering. Environmental consulting company. Environmental government body. Classes of risks. Environmental remediation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cenário típico de área contaminada em centros urbanos	10
Figura 2 - Foto ilustrativa de uma caixa separadora água-óleo	21
Figura 3 - Perfil esquemático de poço de extração.....	27
Figura 4 - Seção ilustrativa do sistema instalado na zona insaturada	28
Figura 5 - Ilustração de modelo de sistema EVS	29
Figura 6 – Manifold do sistema EVS.....	30
Figura 7 - Perfil esquemático do poço de injeção de ar	31
Figura 8 - Ilustração e seção de sistema IAS	32
Figura 9 - Ilustração e seção de sistema IAS	33
Figura 10 - Seção esquemática de sistema EMF convencional	34
Figura 11 - Fluxograma de sistema de EMF convencional.....	35
Figura 12 - Ilustração do cilindro de vácuo, compressor radial, bomba de transferência e manifold de poços de injeção de um sistema EMF convencional	36
Figura 13 - Fluxograma de sistema de EMF pneumático	37
Figura 14 - Fotos ilustrativas de parte do sistema EMF pneumático	38
Figura 15 - Fluxograma e ilustração do sistema de polimento, para fases dissolvidas	39
Figura 16 - Filtro de carvão ativado, fase dissolvida	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de riscos e os seus efeitos associados às etapas denominadas de pré instalação.....	16
Tabela 2 – Classes de riscos e os seus efeitos associados às principais atividades de remediação _ Classe 1	24
Tabela 3a – Classes de riscos e os seus efeitos associados às principais atividades de remediação _ Classe 2-categoria A	41
Tabela 3b - Classes de riscos e os seus efeitos associados às principais atividades de remediação _ Classe 2-categoria B	44
Tabela 4 – Utilização de EPIs por cargo/função	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
1.1. Objetivo.....	4
1.2. Justificativa	5
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1. Histórico de Áreas Contaminadas.....	7
2.2. Histórico no Mundo e no Brasil	10
2.3. Definição de Área Degradada.....	13
2.4. Métodos de Remediação	14
2.5. Classificação de Risco.....	15
2.5.1. Classe 1 – aplicação de tecnologia ex situ	20
2.5.2. Classe 2 – aplicação de tecnologia in situ	26
2.5.2.1. Categoria A – processo físico	26
2.5.2.2. Categoria B – processo químico	41
3. METODOLOGIA	45
3.1. Desenvolvimento	45
3.2. Revisão Bibliográfica	45
3.3. Recursos Utilizados	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
4.1. Necessidades Específicas	47
5.2. Desafios	50
5. CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	52
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	54
GLOSSÁRIO.....	56

1. INTRODUÇÃO

A industrialização brasileira experimentada a partir da década de 1950 contribuiu para a formação das grandes cidades e dos centros metropolitanos, mas deixou em seu rastro marcas que se traduziram em problemas ambientais urbanos, com destaque, neste estudo, para a questão da disposição dos resíduos industriais, da desativação industrial e da ocorrência de áreas degradadas e/ou contaminadas, (GÜNTHER, 2006).

Uma área contaminada pode ser definida como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se em subsuperfície nos diferentes compartimentos do ambiente, como por exemplo no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas ou, de uma forma geral, nas zonas não saturada e saturada, além de poderem concentrar-se nas paredes, nos pisos e nas estruturas de construções (CETESB, 2010).

Áreas degradadas devem ser revitalizadas e reintegradas ao tecido urbano, de modo que sua reutilização possa se caracterizar como instrumento de requalificação urbana (SANCHEZ, 2004). Áreas contaminadas necessitam passar por remediação, para eliminar o risco à saúde ou torná-lo aceitável (ROCCA, 2006) antes de serem revitalizadas e reinseridas no meio urbano.

Nas últimas décadas do século XX, quando se iniciou o processo de recuperação de áreas contaminadas, isto é, da aplicação de medidas corretivas de remediação com o objetivo de viabilizar sua utilização para um novo uso, buscava-se atender ao princípio da multifuncionalidade, o qual prevê a restauração das condições naturais do solo. Seu alto custo levou a repensar essa forma de intervenção. Atualmente, adota-se a meta de recuperar a área para torná-la apta a absorver um uso futuro determinado, medida que é menos restritiva e mais viável técnica e economicamente (GÜNTHER, 2006).

A necessidade de recuperação destas áreas implica muitas vezes na implantação de projetos de remediação, que tem por objetivo a eliminação ou controle dos

contaminantes que impactam solos e água subterrânea e que trazem, por si só, riscos a saúde e segurança da população.

Estes projetos abrangem uma gama variada de alternativas técnicas, que serão apresentadas oportunamente ao longo deste trabalho. Essas técnicas, por sua vez, demandam uma série de equipamentos, metodologias, procedimentos, insumos e recursos humanos.

Como consequência, a interação entre todos estes elementos resulta numa série de riscos a saúde e segurança dos trabalhadores envolvidos com estes projetos, bem como as pessoas próximas dos locais de desenvolvimentos dos mesmos.

Deve-se ressaltar que estes riscos se somarão aos riscos já existentes antes do desenvolvimento dos trabalhos, devido a presença dos contaminantes e de vários outros fatores associados a própria área contaminada, e que já estão presentes antes da implantação dos projetos de remediação.

Ao longo do presente trabalho, as classes de riscos a saúde e segurança associados ao desenvolvimento e implantação de diversos projetos de remediação serão apresentados e discutidos. Serão avaliados também os recursos normalmente utilizados para minimização destes riscos e as medidas comumente adotadas para seu controle.

Estas observações são fruto de pesquisa bibliográfica realizada pela autora e principalmente por experiências adquiridas ao longo dos últimos 10 anos no mercado, período em que a autora acompanhou direta e indiretamente algumas dezenas de projetos de remediação em vários estados brasileiros, além da intercomunicação realizada entre os profissionais do meio, e também das informações oriundas dos funcionários advindos de outra empresa de consultoria.

1.1. Objetivo

A intenção do presente trabalho não é detalhar e nem descrever todas as técnicas existentes de remediação ambiental, e sim introduzir o leitor às técnicas mais utilizadas e apresentar as classes de riscos associados aos métodos. Assim sendo, serão descritas apenas as principais técnicas utilizadas atualmente pelas empresas especializadas na área, no Brasil e no mundo (verifica-se que as técnicas utilizadas no exterior, são as mesmas que utilizadas no mercado brasileiro).

1.2. Justificativa

Serão abordados neste trabalho apenas os aspectos relacionados a remediação de áreas onde se desenvolveram atividades industriais ou comerciais que resultaram em contaminação de solos e água subterrânea, por ação quase que exclusivamente antrópica. Incluem-se também nas áreas consideradas aquelas que foram impactadas por resíduos e materiais perigosos relacionados a estas atividades.

Dessa forma, excluem-se das considerações contidas neste trabalho aquelas áreas que podem ser consideradas, do ponto de vista ambiental como contaminadas, e que resultaram de eventos catastróficos naturais (erupções vulcânicas, terremotos, tsunamis, enchentes e outros) ou eventos catastróficos de origem antrópica, como por exemplo vazamentos de usinas nucleares.

Como exemplo, não estão incluídas neste trabalho maiores considerações sobre áreas como aquelas próximas a antiga usina nuclear de Chernobyl, severamente contaminada por um acidente de enormes proporções em 26 de abril de 1986. Segundo (ABEN, 2006), a área contaminada no total passa de 200 mil km².

Não serão consideradas neste trabalho também as áreas não terrestres e aquelas ocupadas por corpos d'água de grandes extensões, como as regiões costeiras onde as águas se encontram contaminadas pelo lançamento de esgotos sem tratamento e efluentes industriais.

Um exemplo prático deste último tipo de área excluída seria a Baía da Guanabara, no estado do Rio de Janeiro, onde,

[...] cerca de 400 indústrias, do total de 14.000, são responsáveis pelo lançamento de quantidades expressivas de poluentes na Baía de Guanabara e nos rios da bacia. A maior dessas indústrias, a Refinaria Duque de Caxias-REDUC, contribui com elevada carga de derivados de petróleo e metais pesados (CIBG, 2001).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Histórico de Áreas Contaminadas

Quaisquer considerações sobre um assunto tão complexo como a remediação de áreas contaminadas e todos os aspectos relacionados a este tema (investigações, análise de risco e gerenciamento) requerem definições iniciais muito claras sobre sua abrangência.

Uma outra diferenciação importante é aquela discutida por Sánchez (1998) “Na literatura especializada internacional e nacional são empregados vários termos que podem ser considerados sinônimos do termo ‘área contaminada’, como, por exemplo, ‘sítio contaminado’, ‘terrenos contaminados’, ‘solos contaminados’ e ‘solo poluído’. Outro termo normalmente encontrado na literatura especializada, principalmente quando se trata de áreas mineradas e de grandes obras civis, é o termo ‘área degradada’”.

Ainda segundo Sánchez (1998), dando enfoque ao compartimento solo, o termo ‘degradação’ é o termo mais amplo e engloba o termo ‘poluição’. Esse autor considera, por exemplo, que o termo degradação do solo,

“significa a ocorrência de alterações negativas das suas propriedades físicas, tais como sua estrutura ou grau de compactidade, a perda de matéria devido à erosão e a alteração de características químicas devido a processos como a salinização, lixiviação, deposição ácida e a introdução de poluentes.”

Um claro exemplo desse tipo de área são aquelas onde ocorreram processos de movimentação abrupta de solos (deslizamentos e escorregamentos), como os registrados na cidade de Angra dos Reis no final de 2009.

A definição do que é uma área contaminada tem variado muito ao longo dos últimos 30 anos. Se antes no Brasil, principalmente até meados da década de 90, a simples presença de contaminação, em qualquer quantidade ou meio (solo e/ou água subterrânea), já caracterizava uma área contaminada, hoje existem vários critérios e metodologias, bastante variáveis, para a caracterização de uma área como tal.

Com o lançamento e adoção de valores de referência para solos e água subterrânea, tanto por governos federais de vários países, governos estaduais, provinciais e distritais e até mesmo municipais, podem ser iniciadas as primeiras análises para avaliação do grau de contaminação de uma área.

Resultados analíticos obtidos durante o desenvolvimento dos trabalhos de investigação direta destas áreas, através de análises químicas, com métodos analíticos quase sempre pré definidos, em amostras de solo, sedimentos, água subterrânea e superficiais e de ar e vapores são comparados diretamente com os valores estipulados pela autoridade ambiental competente, ou, na falta desta, com valores estabelecidos por outras autoridades ambientais, respeitando-se sempre, nesses casos, a similariedade entre as premissas físicas (profundidade do nível de água, densidade de solo, características dos contaminantes e outras) adotadas para a construção desses valores e as condições da área que está sendo avaliada.

Deve-se ressaltar que estes valores de referência são extremamente variáveis, dependendo-se do órgão ambiental considerado. Em alguns casos, diferenças de até duas ordens de grandeza para concentrações da mesma substância podem ser considerados como aceitáveis para autoridades ambientais distintas.

Complementarmente a estes valores, e se valendo de recursos cada vez mais sofisticados, avaliações de risco são mais comumente utilizadas para caracterização ou descaracterização de áreas contaminadas.

Estas análises consistem basicamente de modelos matemáticos que consideram de maneira conjunta as propriedades dos contaminantes, propriedades do meio físico, eventuais vias de exposição aos contaminantes e tempo de exposição.

Inicialmente muito focadas apenas nos eventuais riscos associados a saúde humana, as avaliações de risco atuais consideram, de maneira cada vez mais abrangente, outras formas de vida, como comunidades aquáticas (plantas, peixes e invertebrados) e até mesmo os chamados animais superiores, como mamíferos, aves e répteis. Esse último tipo de análise de risco se denomina de risco ecológico.

Um outro fato importantíssimo para avaliação de áreas contaminadas é o seu uso pretendido. Uma área que apresente níveis de contaminantes tais que permitam, por exemplo, a implantação de um estacionamento pavimentado poderá ser considerada como extremamente contaminada caso o uso pretendido seja a instalação de uma escola infantil. Para as considerações sobre os usos das áreas contaminadas, as avaliações de risco são ferramentas fundamentais. Ressalta-se que estas avaliações de risco são totalmente distintas das análises de risco industrial que consideram perigos e ameaças.

Para CETESB (2001), uma área contaminada pode ser definida como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Vários outros órgãos ambientais brasileiros referenciam esta definição, como FEAM (2010).

Para FEPAM (2009), área contaminada é definida como área,

“terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria, anteriormente classificada como área com potencial de contaminação ou área suspeita de contaminação, na qual foram observadas quantidades ou concentrações de resíduos em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana.”

A critério da Fepam, uma área poderá ser considerada contaminada independente da realização de avaliação de risco à saúde humana, quando existir um bem de relevante interesse ambiental.

Outras considerações sobre as definições e limitações aplicáveis ao termo “áreas contaminadas” pode ser encontrado em DEFRA (2008) e também em EPA (2010).

Outra distinção importante é entre os termos área contaminada já discutido neste capítulo e o termo passivo ambiental. Apesar da frequente confusão entre estes dois termos, o último deve ser entendido em seu contexto contábil, definido em Kraemer (2001) como “benefícios econômicos que serão sacrificados em função de obrigação contraída perante terceiros para preservação e proteção ao meio ambiente”. Estas

obrigações podem incluir uma série de ações de cunho ambiental (controle de poluição do ar, tratamento de efluentes, correto armazenamento de resíduos, entre outros) e não somente as questões relacionadas a contaminação de solos e água subterrânea.

A Figura (1) abaixo apresenta uma seção ilustrativa de área contaminada.

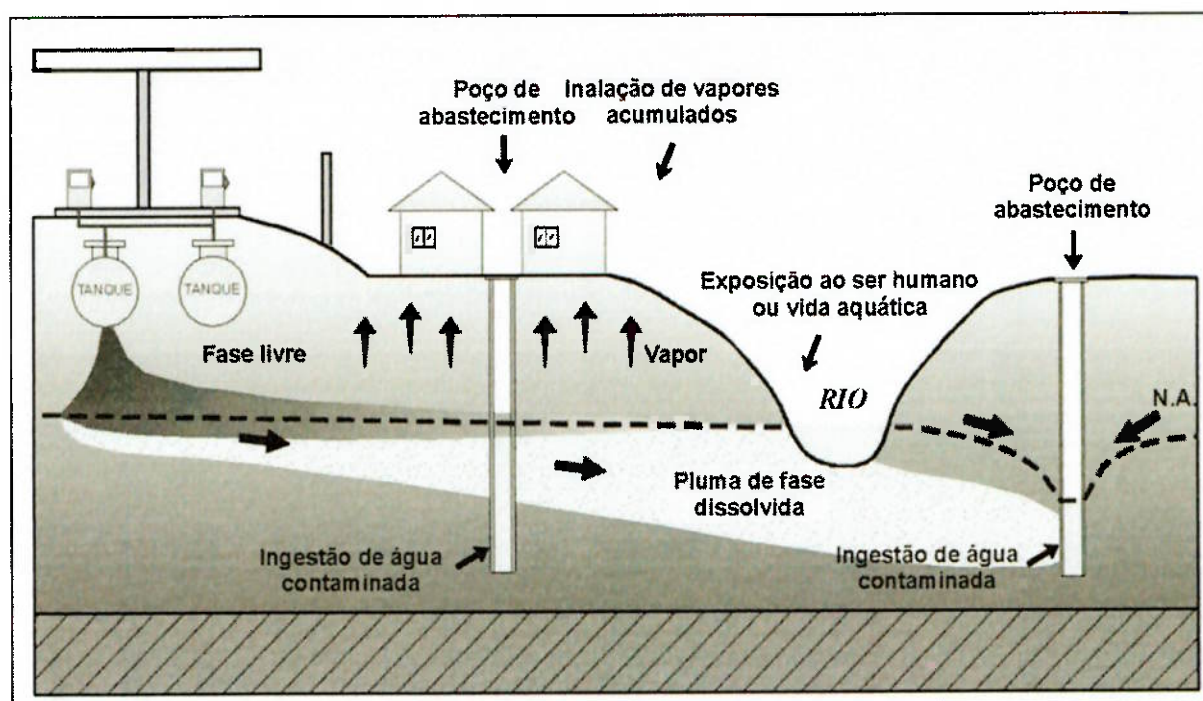


Figura 1: Cenário típico de área contaminada em centros urbanos. Fonte: projeto ANGEL.

2.2. Histórico no Mundo e no Brasil

O histórico dos sistemas de remediação está ligado diretamente à detecção, em vários países do mundo, de um número cada vez maior de áreas contaminadas.

Na Europa, Estados Unidos e Japão, o aparecimento de casos extremamente graves de contaminação de solos e água subterrânea, com reflexos imediatos a saúde de pessoas e animais se torna mais frequente entre as décadas de 50 e 70 do século XX, sendo reflexo direto da intensa industrialização que se desenvolveu nesses países depois da Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945).

Entre estes casos, merecem destaque o da Baía de Minamata, no Japão (1956), que deu origem ao termo médico doença de Minamata (intoxicação grave pelo metal mercúrio) e o do Love Canal, no Estado de Nova Iorque, EUA (EPA,1979), onde uma comunidade toda (incluindo uma escola primária) foi construída em cima de um depósito de lixo tóxico.

No Brasil, os primeiros casos são identificados entre o final da década de 70 e meados da década de 80, com forte concentração no Estado de São Paulo, com aumento exponencial do número de áreas a partir de meados da década de 90, principalmente em função de problemas ambientais ocasionados por postos de combustíveis.

Merecem destaque neste cenário a poluição verificada no pólo petroquímico de Cubatão, o caso da Rhodia em Cubatão e São Vicente (contaminação por solventes clorados), a contaminação causada pela Shell em Paulínia (pesticidas) e o caso do Condomínio Barão de Mauá, construído na cidade de mesmo nome sobre uma antiga área de descarte irregular de resíduos industriais perigosos. Devem ser mencionados também as áreas contaminadas também identificadas a partir das décadas de 80 e 90, mas que foram provavelmente originadas muito antes, como o caso das Indústrias Matarazzo, em São Caetano do Sul, (mercúrio e organoclorados) e da Cidade dos Meninos, no município de Duque de Caxias, Rio de Janeiro (pesticidas).

Na mesma medida em que o número de áreas contaminadas identificadas crescia, novas e mais refinadas técnicas de investigação foram sendo desenvolvidas. Com o aumento exponencial no número de áreas contaminadas identificadas e avaliadas, se tornou cada vez maior a necessidade de remediação destas. Esforços neste sentido começam a ser desenvolvidos com maior intensidade no início da década de 90.

Num primeiro momento, essas remediações consistiram, muitas vezes, na remoção física dos resíduos, principalmente através de escavações manuais e mecânicas. Essas ações eliminavam grande parte das fontes de contaminação que podiam ser identificadas a partir de observações de superfície, sendo, no entanto, muito pouco

eficientes no tratamento das camadas de solo mais profundas e da água subterrânea.

Para contornar esta situação, ainda no início da década de 90 se implantaram os primeiros sistemas de *pump and treat* (bombeamento), que consistiam de equipamentos improvisados, muitas vezes desenhados para outros fins que não os de remediação, e que atuavam principalmente na remoção de contaminação das águas subterrâneas. Este tipo de remediação (de eficácia muito baixa) foi amplamente utilizado em postos de combustíveis. Atualmente esta técnica é ainda utilizada nos casos de presença de fase livre de óleo sobrenadante, no entanto, com uma técnica superior.

A partir de meados da década de 90, o número de alternativas de remediação utilizado no Brasil aumenta muito, sendo implantados os primeiros sistemas de extração de vapores, *air sparging*, *multi phase extraction and dual phase extraction* (estes dois últimos com atuação simultânea nos solos e água subterrânea). Ao longo desta década, surgem também empresas especializadas no desenvolvimento de equipamentos específicos para remediação e até mesmo empresas de locação de sistemas de remediação completos.

No final de década de 90, são implantados no Brasil os primeiros sistemas de remediação baseados na oxidação química avançada de contaminantes através da utilização de produtos químicos específicos.

Deve-se destacar mais uma vez o grande número destes sistemas que foram instalados em postos de combustíveis, principalmente a partir da promulgação da Resolução Conama 273 (CONAMA, 2000) e de sua implantação por vários órgãos ambientais estaduais. A Cetesb, que cadastrou todos os postos de Estado de São Paulo em 2002, lançou em 2007 uma série de procedimentos técnicos para investigação de áreas com tanques subterrâneos de combustíveis (CETESB, 2007).

Acompanhando, ainda que com um certo atraso, o desenvolvimento de centenas de projetos de remediação, são criadas, já na primeira década do século XXI, as primeiras legislações (principalmente do Estado de São Paulo) que abordam a

questão de áreas contaminadas (e por conseguinte, de remediação) de maneira direta. Neste sentido, devem ser destacados (CETESB, 2007) e (São Paulo, 2009).

As legislações e normas técnicas mencionadas acima não trazem quaisquer menções aos aspectos de saúde ocupacional e de segurança do trabalho para os sistemas de remediação a serem implantados em áreas contaminadas.

2.3. Definição de Área Degradada

Há várias definições de remediação ambiental, a definição adotada neste trabalho é

“[...] Constituída por um conjunto de medidas consideradas adequadas, visando eliminar todas as vias de exposição ao risco, em função da situação do local, dos bens a proteger, do uso do solo previsto ou permitido pela lei e demais condicionantes” (CETESB-GTZ, 2004).

Além da definição de remediação é importante que o leitor tenha conhecimento da possibilidade de divisão dos tipos de sistemas de remediação em classes para um melhor entendimento, segue abaixo a classificação adotada neste estudo. É importante frisar que este estudo não entrará no mérito das discussões se cada classe pode ser considerada realmente um processo de remediação ambiental, como é discutido no meio especializado. O objetivo deste é de caracterizar as classes de riscos associados aos sistemas de remediação ambiental executados pelas empresas de consultorias ambientais existentes no Brasil, desta forma, não há necessidade de diferenciar se a matriz será remediada fora ou dentro do local investigação e também se o contaminante será removido ou não.

On site: É a remediação feita no local contaminado, o contaminante pode ser removido do meio (água ou solo), mas, não sai da propriedade contaminada.

Off Site: O contaminante é removido e é tratado fora da propriedade contaminada.

In situ: Obrigatoriamente *on site*, remediação que é feita no próprio meio contaminado, sem necessidade de remoção do contaminante.

Ex situ: Remediação em que o contaminante é removido, mas, o processo de tratamento pode ser dentro ou fora da propriedade, ou seja, *on site* ou *off site* (FERLINI SALLES, 2010).

Cabe lembrar que há possivelmente procedimentos e protocolos de saúde e segurança do trabalho realizados nos processos de remediação executados pelas empresas especializadas: como os aterros, as cimenteiras (co-processamento) e os incineradores, haja visto que os mesmos trabalham com tratamento em grande

escala (produto da empresa), que não são do conhecimento da autora, portanto, não serão abordados neste estudo.

2.4. Métodos de Remediação

A escolha do sistema de remediação ambiental se dá a partir da caracterização detalhada do local investigado, da contaminação e do risco aplicável, sendo possível estabelecer a meta a ser atingida pelo projeto de remediação, e a tecnologia a ser aplicada para o tratamento da área. A seleção da tecnologia deve ser criteriosa e sempre que possível embasada nos resultados de testes e ensaios in situ (projeto piloto), caso contrário o projeto não alcançará o sucesso desejado e ainda poderá incorrer em outras consequências relacionadas à segurança ocupacional e ambiental, não previstas, como explosões de tubulações subterrâneas, alteração da micro fauna existente no solo, etcetera.

As tecnologias de remediação disponíveis atualmente reúnem conhecimentos das áreas de hidrogeologia, química, biologia, mecânica e elétrica (multidisciplinar).

Inicialmente deve-se realizar a caracterização do projeto, levantando-se os tipos de contaminantes; fontes potenciais; meios impactados; intensidade das contaminações; extensão das contaminações (horizontal e vertical); profundidade do nível d'água; tipo de piso (permeabilidade); existência de utilidades subterrâneas ou superficiais; disponibilidade de espaço físico e recursos básicos (água e energia elétrica).

De qualquer forma antes do início de um processo de remediação a área é alvo de outros estudos que também apresentam classes de riscos associados à atividade, sendo aqui denominados como atividades pré instalação de sistemas de remediação. Como exemplo temos: atividades de vistoria do local em operação ou não (circulação interna nas diversas áreas, de operação ou não); vistoria em galerias (de água pluvial, caixas de visita, caixas inspeção, caixas elétricas e de telefonia, etc.); rompimento de piso; sondagem e coleta de amostras de solo; instalação de poços (de monitoramento, de bombeamento, de injeção, etc.); desenvolvimento do

poço (após a instalação dos poços); monitoramento do nível de água e coleta de amostras de água subterrânea/superficial).

Para facilitar o entendimento a autora dividiu os métodos de remediação em, Classe 1: Técnica de Remediação ex situ e Classe 2: Técnica de Remediação in situ, subdivididos em categorias A e B.

2.5. Classificação de Risco

Serão apresentados as classes de riscos associados à cada tecnologia de remediação. As informações foram colocadas em tabelas, para uma melhor visualização e para a facilitação do entendimento das atividades.

A Tabela 1 apresenta as classes de riscos mais comuns associados às etapas relacionadas às atividades denominadas de pré instalação, conforme citado no item 2.4. Logo abaixo segue descrição sucinta de cada atividade considerada nas tabelas, com o objetivo e classes de riscos associados.

Tabela 1 - Classes de Riscos e os seus Efeitos Associados às atividades denominadas de pré instalação.

VISTORIA INICIAL DO SITE, SONDAGEM, INSTALAÇÃO DE POÇOS E AMOSTRAGEM		
ETAPAS DA ATIVIDADE	CLASSES DE RISCOS	EFEITOS
Circulação interna	FÍSICO: Ruído proveniente das atividades locais.	Prejuízos no sistema auditivo.
	QUÍMICO: Água e solo contaminado; vapores orgânicos, contato com produto tóxico, irritação da pele e mucosas, dermatite, químico provenientes das atividades locais.	
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Trabalho solitário em área isolada; levantamento e movimentação manual de peso.	Lombalgia, dores na costa, fadiga/estresse.
	MECÂNICO: material espalhado pela área; circulação de empilhadeira; projeção de Queda, contusão, escoriação, choque elétrico, déficit visual, cegueira, partículas, piso irregular.	atropelamento.
Vistoria em galerias de água pluvial, caixas de visita, caixas inspeção, caixas, caixas elétricas e de telefonia.	FÍSICO: Radiação solar.	Queimadura, insolação, desidratação.
	QUÍMICO: Contato das mãos com solo e água contaminada; inalação de vapores orgânicos em ambiente aberto.	Irritação da pele e mucosas, dermatite, intoxicação.
	BIOLÓGICO: Presença de parasitas, fungos e bactérias.	Reações alérgicas diversas, contaminação.
	ERGONÔMICO: levantamento e movimentação manual de peso; postura inadequada; trabalho em pé.	Dores na costa, lombalgia, fadiga/estresse.
	MECÂNICO: Projeção de partículas; piso irregular; diferença de nível; circulação de veículos, presença de animais peçonhentos.	Deficit visual, entorse, quedas, atropelamentos, ataque de animais peçonhentos.
Rompimento de piso	FÍSICO: Ruído e vibração.	Prejuízos no sistema auditivo e motor.
	QUÍMICO: Poeira contaminada.	Problemas respiratórios.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Postura inadequada; trabalho em pé.	Dores na costa e pernas, fadiga, estresse.
	MECÂNICO: Material com arestas; projeção de partículas; rede elétrica subterrânea e aérea; tubulação enterrada, descarga atmosférica.	Contusão; escoriação; dificuldade visual; cegueira; choque elétrico.
Sondagem (manual/mecanizado) e Coleta de Amostras de Solo	FÍSICO: Ruído e vibração (sondagem mecanizada) proveniente da sondagem no solo.	Prejuízos no sistema auditivo e motor.
	QUÍMICO: Contato com solo e água contaminada; vapores orgânicos, poeira.	Dermatite; tontura; intoxicação, irritação da pele e mucosas.
	BIOLÓGICO: Não detectado, com exceção de trabalhos realizados em cemitérios / lixões (presença de parasitas, fungos e bactérias).	Não detectado. Ou nos casos de exceção, dermatite, irritação da pele e mucosas, ataque dos ossos por bactérias.
	ERGONÔMICO: Levantamento e movimentação manual de peso, postura inadequada, trabalho em pé.	Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse.
	MECÂNICO: Utilização de ferramentas manuais, projeção de partículas, contato com elementos móveis e quentes da máquina, rede elétrica subterrânea; tubulação enterrada; circulação de empilhadeira; piso irregular.	Contusão, escoriação, choque elétrico, queimadura, explosão, déficit visual, cegueira, atropelamento, queda.
Instalação de poços (manual)	FÍSICO: Não detectado.	Não detectado.
	QUÍMICO: Contato com solo e água contaminada; vapores orgânicos, poeira.	Dermatite, irritação das vias respiratórias, tontura.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Trabalho solitário em área isolada; responsabilidade; postura inadequada; trabalho em pé.	Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse.
	MECÂNICO: Material com arestas; projeção de partículas.	Contusão, escoriação, explosão.

Tabela 1 - Classes de Riscos e os seus Efeitos Associados às atividades denominadas de pré instalação - continuação

Instalação de poços (mecanizado)	FÍSICO: Ruído e vibração.	Prejuízos no sistema auditivo e motor.
	QUÍMICO: Contato com solo e água contaminada; vapores orgânicos, poeira.	Dermatite, irritação das vias respiratórias, tontura.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Trabalho solitário em área isolada; postura inadequada; trabalho em Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse. pé.	
	MECÂNICO: Utilização de ferramentas manuais, projeção de partículas, contato com Contusão, escoriação, choque elétrico, queimadura, explosão, déficit visual, elementos móveis e quentes da máquina, rede elétrica subterrânea; tubulação cegueira, atropelamento, queda. enterrada; circulação de empilhadeira; piso irregular.	
Desenvolvimento do poço (após a instalação dos poços)	FÍSICO: Não detectado.	Não detectado.
	QUÍMICO: Água contaminada; solo contaminado; vapores orgânicos.	Intoxicação, irritação da pele e mucosas, dermatite.
	BIOLÓGICO: Não detectado, com exceção de trabalhos realizados em cemitérios / lixões (presença de parasitas, fungos e bactérias).	Não detectado. Ou nos casos de exceção, dermatite, irritação da pele e mucosas, ataque dos ossos por bactérias.
	ERGONÔMICO: Postura inadequada.	Dores na costa, fadiga/estresse.
	MECÂNICO: Projeção de partículas da unidade fabril; circulação de empilhadeira; Deficit visual, cegueira, atropelamento, queda. piso irregular.	
Monitoramento do Nível de Água	FÍSICO: Não detectado.	Não detectado.
	QUÍMICO: Água contaminada; solo contaminado; vapores orgânicos.	Intoxicação, irritação da pele e mucosas, dermatite.
	BIOLÓGICO: Não detectado, com exceção de trabalhos realizados em cemitérios / lixões (presença de parasitas, fungos e bactérias).	Não detectado. Ou nos casos de exceção, dermatite, irritação da pele e mucosas, ataque dos ossos por bactérias.
	ERGONÔMICO: Postura inadequada.	Dores na costa, fadiga/estresse.
	MECÂNICO: Projeção de partículas da unidade fabril; circulação de empilhadeira; Deficit visual, cegueira, atropelamento, queda. piso irregular.	
Coleta de Amostras de Água Subterrânea/Superficial	FÍSICO: Não detectado.	Não detectado.
	QUÍMICO: Água contaminada; solo contaminado; vapores orgânicos.	Intoxicação, irritação da pele e mucosas, dermatite.
	BIOLÓGICO: Não detectado, com exceção de trabalhos realizados em cemitérios / lixões em água subterrânea (presença de parasitas, fungos e bactérias).	Não detectado. Ou nos casos de exceção, dermatite, irritação da pele e mucosas, ataque dos ossos por bactérias.
	ERGONÔMICO: Postura inadequada.	Dores na costa, fadiga/estresse.
	MECÂNICO: Projeção de partículas da unidade fabril; circulação de empilhadeira; Deficit visual, cegueira, atropelamento, queda. piso irregular.	

Nesta etapa, a circulação interna, refere-se ao reconhecimento da área de estudo e da própria locomoção durante a realização dos trabalhos. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: físico, químico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

A vistoria em concessionárias subterrâneas, se dá quando da necessidade de verificação de possível vazamento em situações emergenciais, estas devem ser realizadas com o acompanhamento de responsável autorizado da concessionária, ou de solicitação realizada pelo corpo de bombeiros / polícia civil – ambiental / Ibama. Normalmente não são utilizadas ferramentas/equipamentos e os únicos equipamentos de proteção individual (EPIs) utilizados, são bota com biqueira de aço, luva descartável e capacete. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: físico, químico, biológico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

O rompimento de piso, é executado para a instalação dos poços, de diversos objetivos, e para a instalação das linhas subterrâneas dos sistemas de remediação. São utilizados rompedores elétricos e pneumáticos, extensões e talhadeiras. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: físico, químico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

A sondagem e a coleta de amostra de solo, são realizadas para a instalação dos poços e para a retirada de amostras de solo para a análise química quantitativa em laboratório, com o objetivo de verificação qualitativa do solo. Normalmente as sondagens são manuais, sendo utilizados, trados abertos/fechado, hastes, roscas, pá, colher de pedreiro, chave grifo, e revestimento de ferro. A coleta das amostras de solo é realizada diretamente em sacos plásticos do tipo zip-lock (fecho de correr). A sondagem pode ser também mecanizada, sendo a coleta das amostras realizada através de *liners* (tubo plástico descartável) contidos nos interiores da haste. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: físico, químico, biológico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

A instalação dos poços, é realizada com o objetivo de monitorar qualitativa e quantitativamente o nível d'água (água subterrânea) ou para a utilização nos sistemas (com objetivos diversos). A instalação manual, insere os tubos geomecânicos diretamente no furo sondado, enquanto a instalação de poços através de sondagens mecanizadas, instalam os poços durante a realização da sondagem através de revestimentos das parede da sondagem. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: físico (só na sondagem mecanizada) químico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

O desenvolvimento dos poços, é realizado após a instalação destes, para retirar todas as impurezas (restos do material de selamento e pré-filtro) e trazer a água da formação (aquífero) para o poço instalado (quando estiver trabalhando com poços instalados na zona saturada). É realizado através de *bailers* ou mangueiras descartáveis (operação manual) e/ou bomba de sucção (elétrica, intrinsecamente segura). As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: químico, biológico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

O monitoramento do nível d'água é realizado para verificar a possibilidade de existência de fase livre sobrenadante. Normalmente realizado com equipamento intrinsecamente seguro, movido a pilha (trena). As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: químico, biológico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

A coleta de amostras de água é realizada para a verificação qualitativa e quantitativa da presença de contaminantes. Realizada através de *bailers* (tubos plásticos descartáveis com sistema de travamento ao fundo) ou mangueiras descartáveis ou ainda através de bomba bexiga ou peristáltica. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: químico, biológico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

Das experiências e relatos vividos no meio de atuação, em relação às atividades supracitadas, é possível identificar como ocorrência mais comum as classes de

riscos mecânicos e ergonômicos. Como exemplo, temos a realização de sondagens manuais profundas, realizadas muitas vezes sem o tripé, forçando a região lombar dos funcionários e também a questão de choque elétrico com as instalações elétricas aéreas (fiação), através do contato com a haste da sondagem. Sobre este último exemplo, há conhecimento de pelo menos 2 mortes de sondadores.

2.5.1. Classe 1 – aplicação de tecnologia ex situ

Nesta classe, serão consideradas as atividades de bombeamento da água subterrânea (matriz água) e para a matriz solo, a escavação deste e posterior envio para os locais de tratamento (co-processamento, aterro controlado, incineração).

- Bombeamento de Água

As principais características desta tecnologia são: remoção de compostos orgânicos em fase livre sobrenadante ao nível d'água.

Os equipamentos utilizados neste sistema são:

- Operação de bomba pneumática submersa tipo *AutoPump*[®], no poço de bombeamento (PB) previamente instalado;
- Compressor de pistão com potência de (3,5) CV;
- Tanque pulmão;
- Caixa separadora de água e óleo (Figura 2); e
- Quadro elétrico pra automação do sistema.

A respeito do sistema de bombeamento emergencial, os especialistas da área não a consideram uma tecnologia de remediação, em vista do conceito puro e simples de extração e separação de fases (entre líquidos). É muito utilizado em situações onde são verificadas a presença de fase livre sobrenadante de hidrocarbonetos (gasolina / diesel), muito comumente em postos de abastecimento de combustíveis (postos). O sistema é composto por bomba(s) '*Auto-Pump*®(s)' inserida no(s) poço(s) de bombeamento (4"), reenviando a mistura de água+óleo para a caixa separadora com placas coalescentes, e reinjetando a água tratada na caixa separadora do local

estudado. Ainda que não seja uma tecnologia de remediação, a mesma é utilizada acoplada aos sistemas de extração multifásica (subitem abaixo).

Alternativas de Remediação

Sistemas de Tratamento

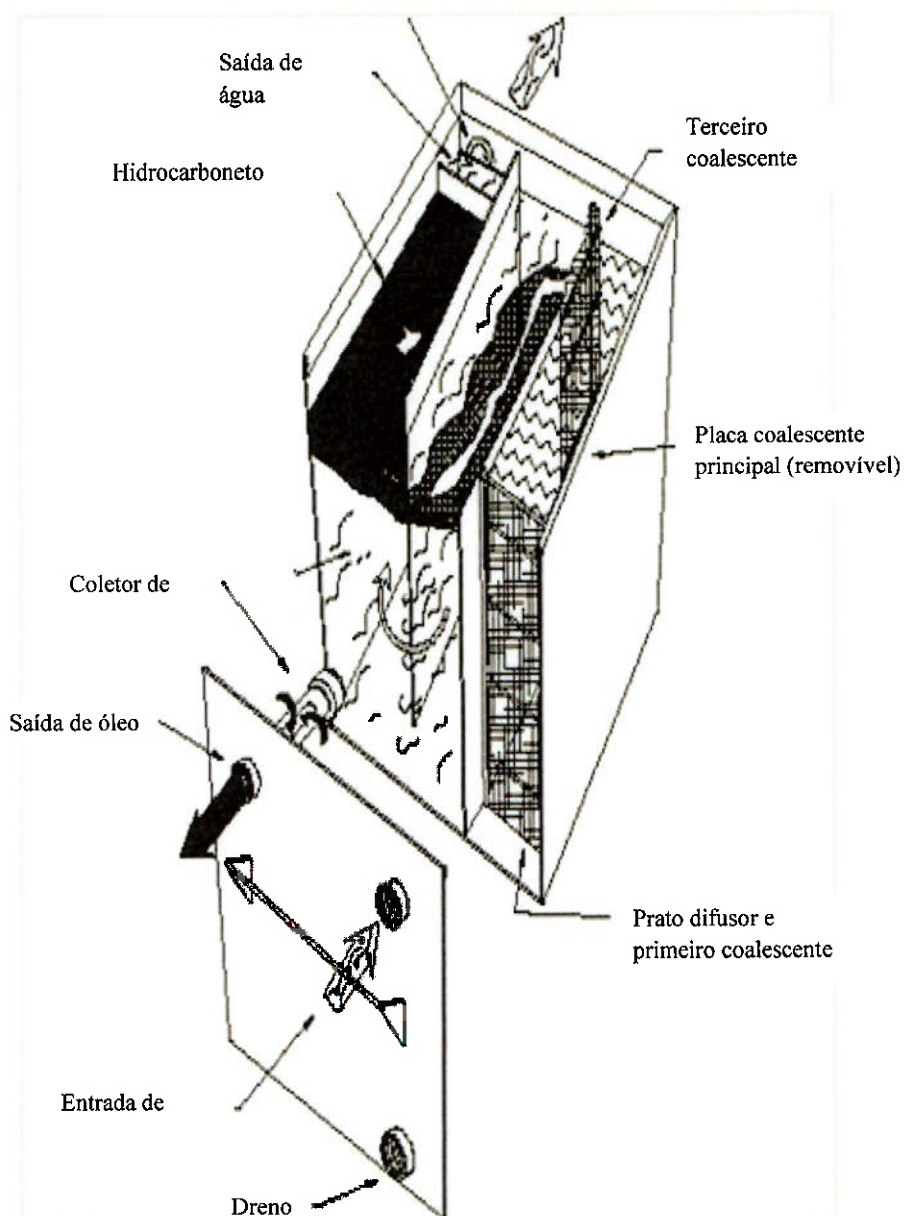


Figura 2: Foto ilustrativa de uma caixa separadora água-óleo. Fonte projeto ANGEL.

Em relação às classes de risco associadas, a primeira atividade listada (Tabela 1), é realizada quando da efetiva instalação do sistema bem como do término do contrato de operação. Normalmente são utilizados carros transportadores, carrinhos mecânicos, para o levantamento dos materiais instalados não descartáveis, como caixa d'água, caixas separadores, compressores diversos, bombas diversas, retirada de contêiner, etc. Normalmente estes equipamentos são descontaminados e reutilizados posteriormente. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: químico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

Na operação da *Auto Pump*®, é o funcionamento efetivo da bomba. Sua função é a sucção da mistura água+contaminante e reenvio do efluente para outra etapa do sistema. Esta é intrinsecamente segura, de fácil operação e manutenção. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

Na operação da caixa separadora, é autônoma, sem necessidade de intervenção do técnico de campo, só em casos de ajuste das saídas e de eventual manutenção. A classe de risco mais comum verificada para esta atividade é a química, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

•Escavação de Solo

Para a execução desta técnica não é necessária característica específica, o único item mandatório é a autorização do órgão ambiental estadual, pelo menos no estado de SP (Cetesb) que avaliará a viabilidade e autorizará o recebimento do material escavado de acordo com volume a ser enviado e o tipo de tratamento que o material receberá.

Os equipamentos utilizados neste sistema são:

- Retroescavadeira;
- Caminhão Munk;
- Recipientes metálicos (tambores)/big bag;
- Carriola e pá; e
- Caminhão para transporte.

É importante citar que neste tipo de remediação não é permitido a entrada de pessoas nas cavas, se houver necessidade de coleta de amostra, a mesma é realizada na pilha de resíduo removido, ou diretamente da pá escavadeira.

Em relação às classes de risco associadas, nesta etapa, a escavação é realizada por máquinas como retroescavadeiras. Estas dispõem os solos retirados dos locais em questão diretamente no caminhão ou ao lado da cava. Como normalmente não há levantamentos de instalações subterrâneas, há risco de rompimento de parte elétrica e/ou tubulações subterrâneas. Não há acesso de ser humano nas cavas. A única solicitação é o acompanhamento de todo o processo por técnico da empresa de consultoria, para comprovação da retirada, bem como para a quantificação do volume enviado para fora do local. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: físico, químico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

Nas demais etapas de condicionamento, enchimento e carregamento, são parte do processo de retirada dos solos da propriedade contaminada. Normalmente realizadas por máquinas tipo munk ou empilhadeiras. Em algumas situações quando o volume não é muito grande, é realizado manualmente, através da utilização de pá e carriola, com enchimento em tambores metálicos de 200 L. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: físico (com exceção à atividade de acondicionamento), químico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

Das experiências e relatos vividos no meio de atuação, em relação às atividades supracitadas, é possível identificar como ocorrência mais comum as classes de riscos químicos e ergonômicos. Como exemplo, temos as atividades de limpeza dos equipamentos/materiais durante a desinstalação do sistema o qual favorece o contato dos contaminantes com a pele de outras partes do corpo não só da região das mãos, bem como o levantamento manual de determinados equipamentos que forçam a região lombar.

As classes de riscos associados a esta classe (1), estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de Riscos e seus Respectivos Efeitos Associados às Principais Atividades de Remediação _ Classe 1.

BOMBEAMENTO DE ÁGUA		
ETAPAS DA ATIVIDADE	CLASSES DE RISCOS	EFEITOS
Instalação / Desinstalação do Sistema	FÍSICO: Não detectado.	Não detectado.
	QUÍMICO: Contato com solo e água contaminada; vapores orgânicos.	Dermatite, tontura, intoxicação, irritação da pele e mucosas.
	BIOLOGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Levantamento e movimentação manual de peso, postura inadequada, trabalho em pé.	Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse.
	MECÂNICO: Utilização de ferramentas manuais; circulação de empilhadeira; piso irregular.	Contusão, esconiação, atropelamento, queda.
Operação Auto Pump®	FÍSICO: Não detectado.	Não detectado.
	QUÍMICO: Não detectado.	Não detectado.
	BIOLOGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Levantamento e movimentação manual de peso, postura inadequada, trabalho em pé.	Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse.
	MECÂNICO: Utilização de ferramentas manuais.	Contusão, esconiação,
Operação da Caixa Separadora Água-Óleo	FÍSICO: Não detectado.	Não detectado.
	QUÍMICO: Contato com solo e água contaminada; vapores orgânicos.	Dermatite, tontura, intoxicação, irritação da pele e mucosas.
	BIOLOGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Não detectado.	Não detectado.
	MECÂNICO: Não detectado.	Não detectado.

Tabela 2 - Classes de Riscos e seus Respectivos Efeitos Associados às Principais Atividades de Remediação _ Classe 1 - continuação

ESCAVAÇÃO		
ETAPAS DA ATIVIDADE	CLASSES DE RISCOS	EFEITOS
Escavação	FÍSICO: Ruído.	Prejuízos no sistema auditivo.
	QUÍMICO: Contato com solo e água contaminada; vapores orgânicos, poeira.	Dermatite, tontura, intoxicação, irritação da pele e mucosas.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Levantamento e movimentação manual de peso, postura inadequada, trabalho em pé.	Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse.
	MECÂNICO: Utilização de ferramentas manuais, projeção de partículas, contato com elementos móveis e quentes da máquina, rede elétrica subterrânea; tubulação cegueira, atropelamento, queda enterrada; circulação de empilhadeira; piso irregular.	Contusão, escoriação, choque elétrico, queimadura, explosão, déficit visual.
Acondicionamento, manuseio e estocagem de solo contaminado	FÍSICO: Não detectado.	Não detectado.
	QUÍMICO: Solo contaminado; vapores orgânicos.	Intoxicação, irritação da pele e mucosas, dermatite.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Levantamento e movimentação manual de peso, postura inadequada, trabalho em pé.	Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse.
	MECÂNICO: Projeção de partículas da unidade fabril; circulação de empilhadeira; piso irregular.	Deficit visual, cegueira, atropelamento, queda.
Enchimento e armazenamento de Big Bag	FÍSICO: Ruído	Prejuízos no sistema auditivo.
	QUÍMICO: Contato com solo contaminado; inalação de gases, vapores e poeira.	Intoxicação, irritação da pele e mucosas, dermatite, doenças do pulmão.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Postura inadequada; atenção.	Dores nas costas e pernas, fadiga/estresse.
	MECÂNICO: Equipamentos em operação; movimentação de cargas, empilhamento.	Esmagamento, batida contra, atropelamentos, projeção e queda de material.
Carregamento e Transporte de Big Bag	FÍSICO: Ruído	Prejuízos no sistema auditivo.
	QUÍMICO: Contato com produto do tanque e água contaminada; inalação de gases, vapores; manuseio de gelo seco.	Intoxicação, irritação da pele e mucosas, dermatite, doenças do pulmão, queimadura.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Postura inadequada; atenção.	Dores nas costas e pernas, fadiga/estresse.
	MECÂNICO: Espaço limitado; içamento de carga; disposição da carga; cabos Danos em estruturas, queda de objetos, rompimento do big bag, choque elétricos.	Esmagamento, batida contra, atropelamentos, projeção e queda de material.

2.5.2. Classe 2 – aplicação de tecnologia in situ

2.5.2.1. Categoria A – processo físico

A seguir serão listadas e descritas as principais tecnologias disponíveis.

- Extração de Vapores do Solo (EVS)

As principais características desta tecnologia são: remoção de compostos orgânicos em fase livre residual ou adsorvidos no solo; extração a vácuo de vapores de contaminantes orgânicos presentes no solo; capacidade de remediação de solos contaminados com hidrocarbonetos alifáticos, aromáticos, fenóis e organoclorados; e descarte dos vapores extraídos para a atmosfera ou tratamento (carvão ativado).

A aplicabilidade desta técnica se dá em áreas com: contaminação no solo na zona não saturada (Figuras 3 e 4), além de outras especificações técnicas.

Os equipamentos utilizados neste sistema são (Figuras 5 e 6):

- Compressor Radial com potência de (7,5) cv para geração de vácuo e extração de fluídos gasosos;
- Desumidificador;
- Sistema de filtragem dos vapores por carvão ativado;
- Instrumentos de medição como: manômetros, vacuômetros, rotâmetros, hidrômetros e kilowatímetro; e
- Quadro elétrico compatível com a natureza dos equipamentos.

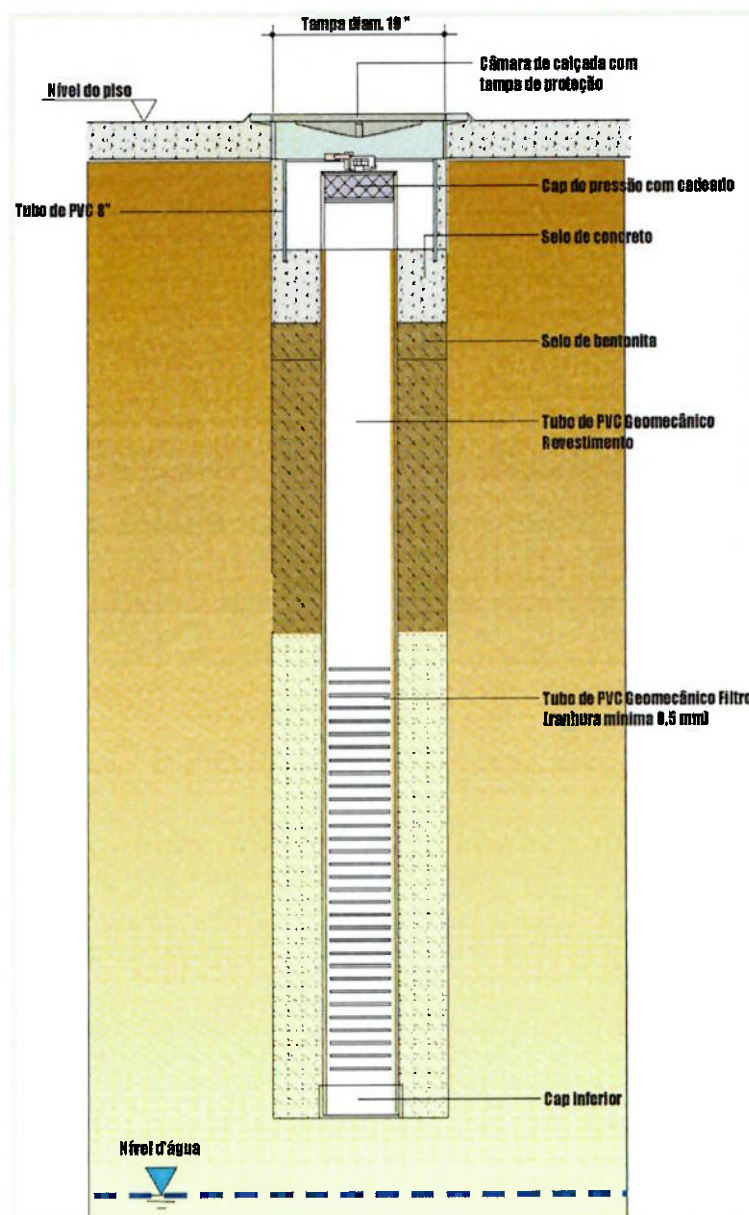


Figura 3: Perfil esquemático de poço de extração. Fonte: projeto ANGEL.

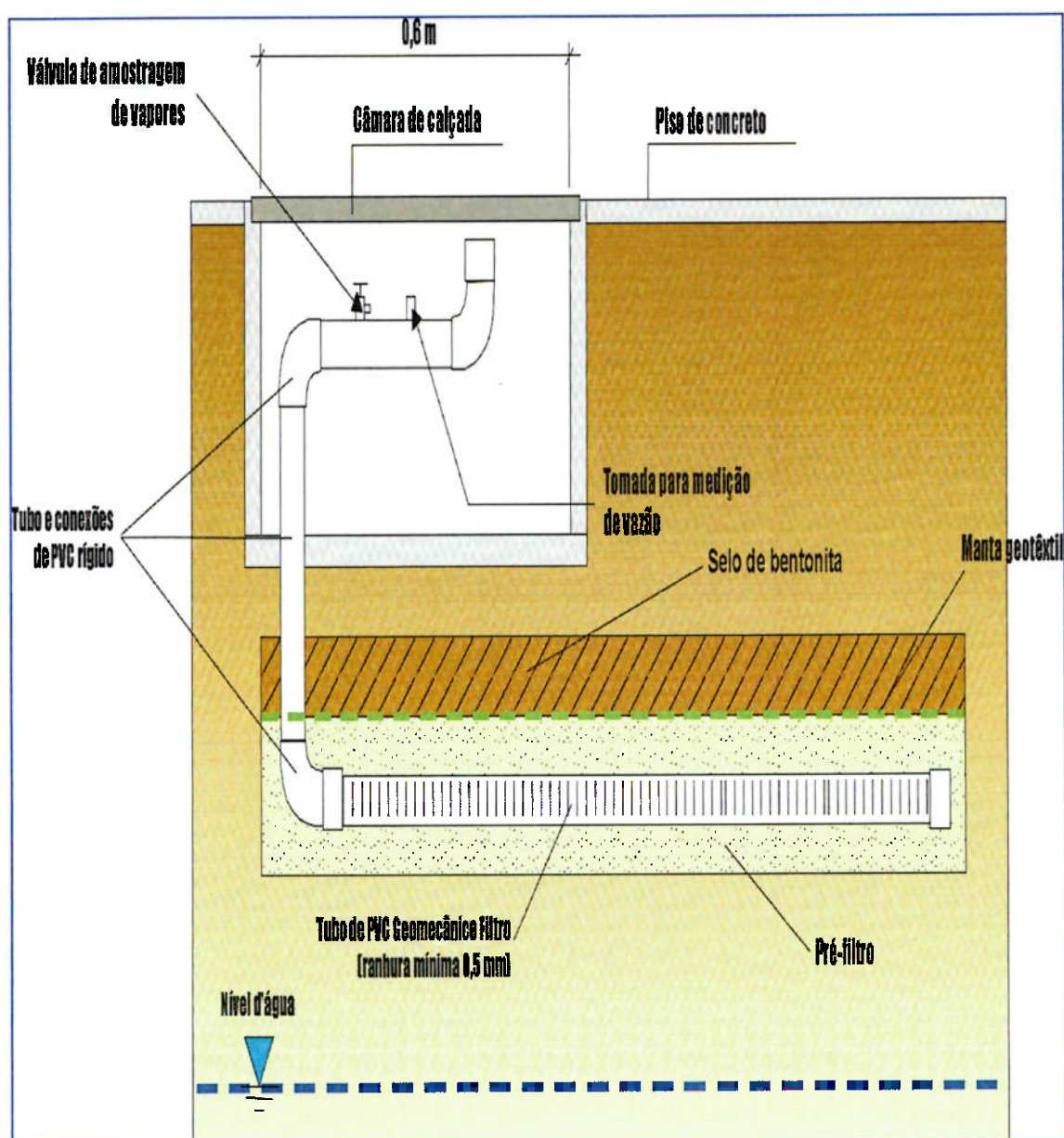


Figura 4: Seção ilustrativa do sistema instalado na zona insaturada. Fonte: projeto ANGEL.

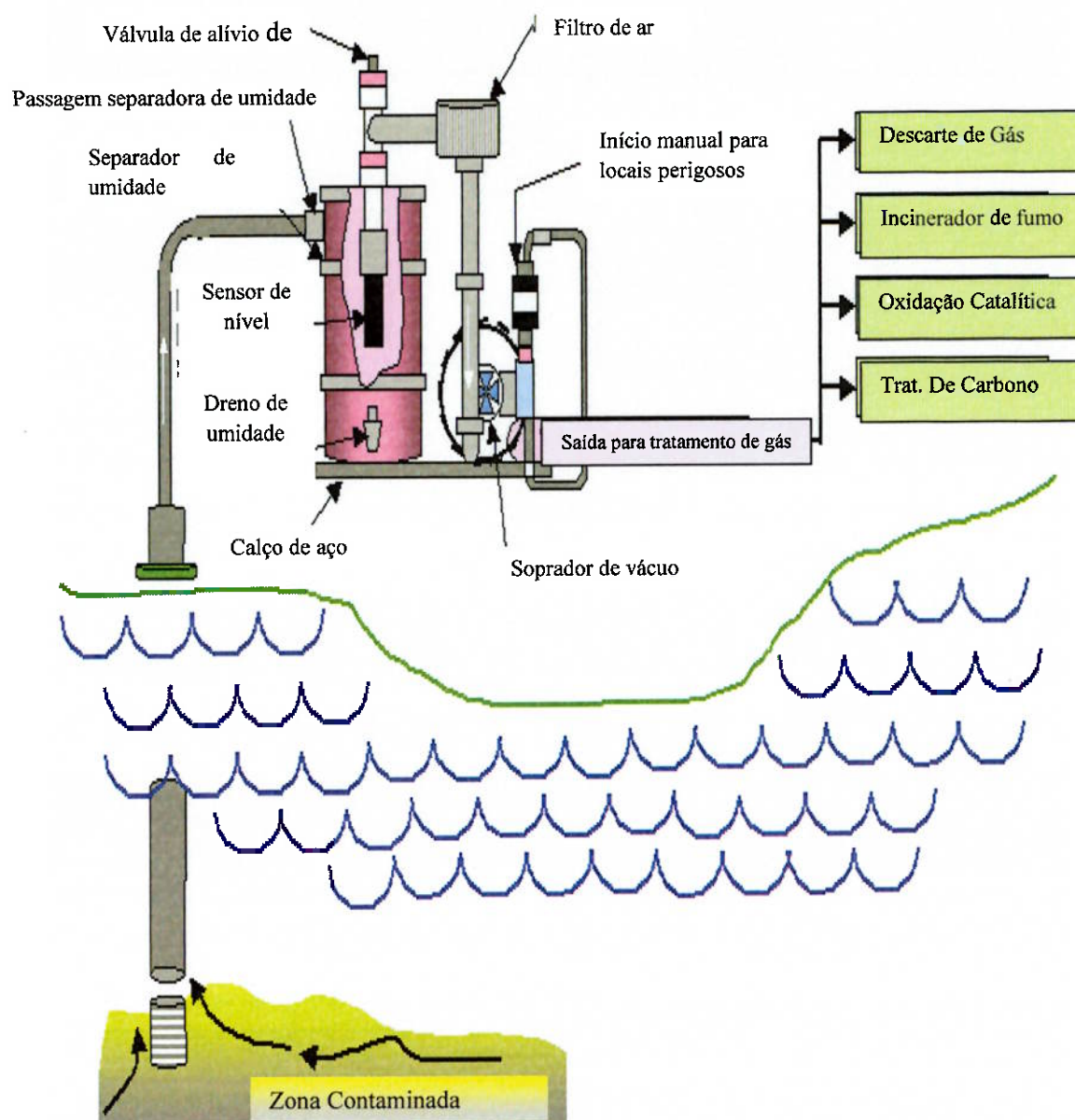


Figura 5: Ilustração de modelo de sistema EVS. Fonte: projeto ANGEL.



Figura 6: Manifold do sistema EVS. Fonte: projeto ANGEL.

- Injeção de Ar no Solo (IAS)

As principais características desta tecnologia são: remoção de compostos voláteis em fase dissolvida na água subterrânea; injeção de ar na zona saturada, à altura ou abaixo da contaminação; volatilização de contaminantes dissolvidos e aumento do oxigênio dissolvido na água subterrânea; aplicação após a remoção da fase livre; e tecnologia limpa (não gera resíduos).

A aplicabilidade desta técnica se dá em áreas com: espessura de zona não saturada > 1,5 m (Figura 7), além de outras especificações técnicas.

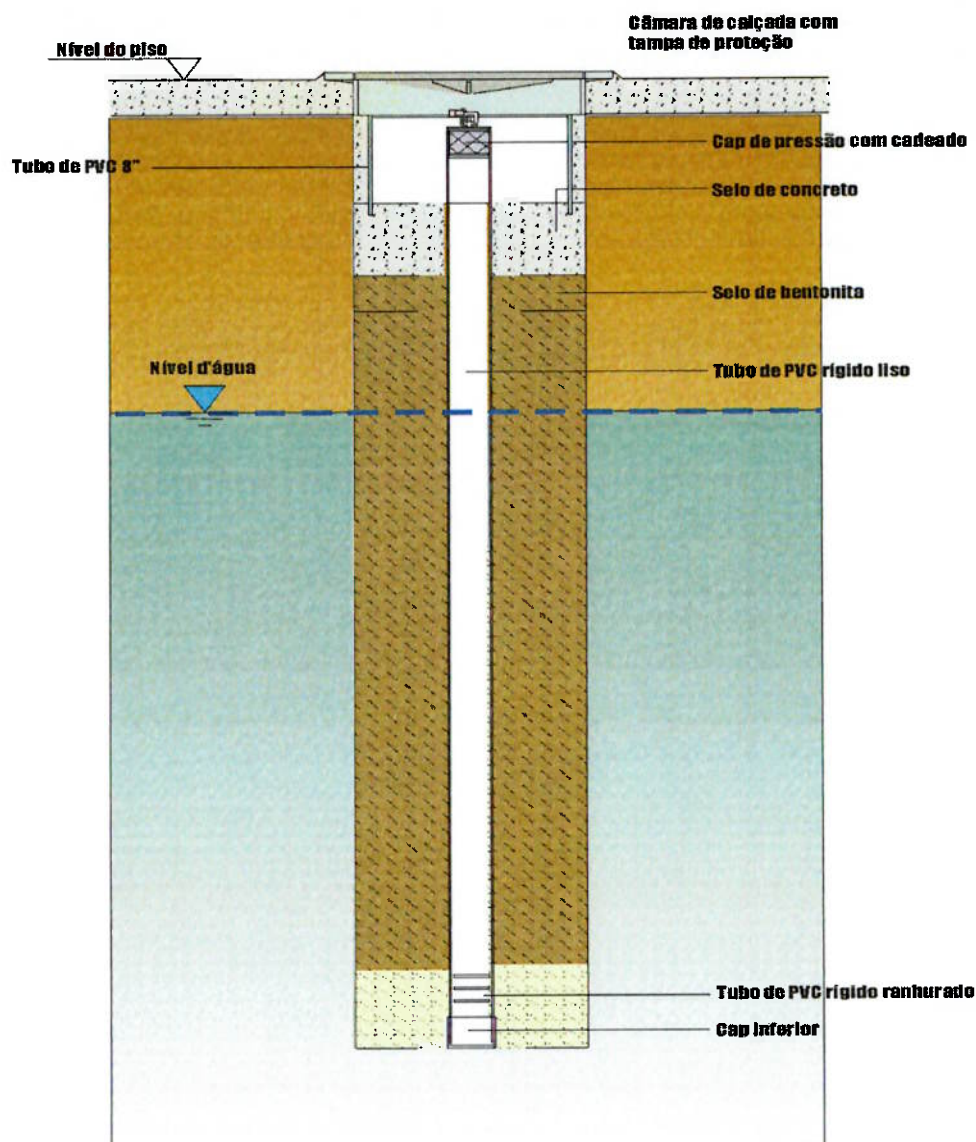


Figura 7: Perfil esquemático do poço de injeção de ar. Fonte: projeto ANGEL.

Os equipamentos utilizados neste sistema são (Figuras 8 e 9):

- Compressor de Ar tipo palheta com potência de (3,0) cv;
- Regulador de pressão e vazão de injeção;
- Instrumentos de medição como: manômetros, rotâmetros e kilowatímetro; e
- Quadro elétrico compatível com a natureza dos equipamentos.

ANGEL

Injeção de Ar no Solo (IAS)

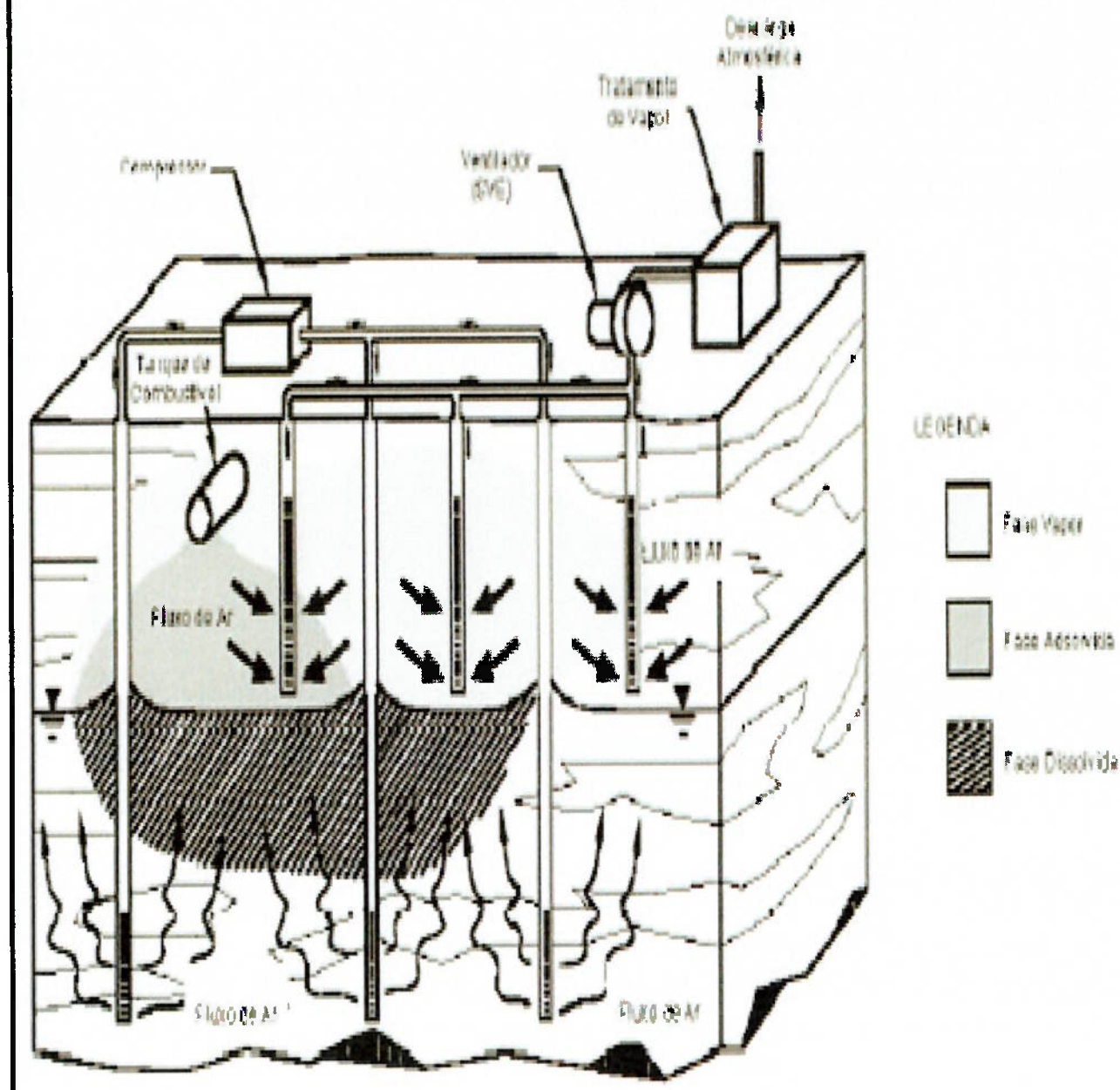


Figura 8: Ilustração e seção de sistema IAS. Fonte: ANGEL.

ANGEL

Injeção de Ar no Solo (IAS)

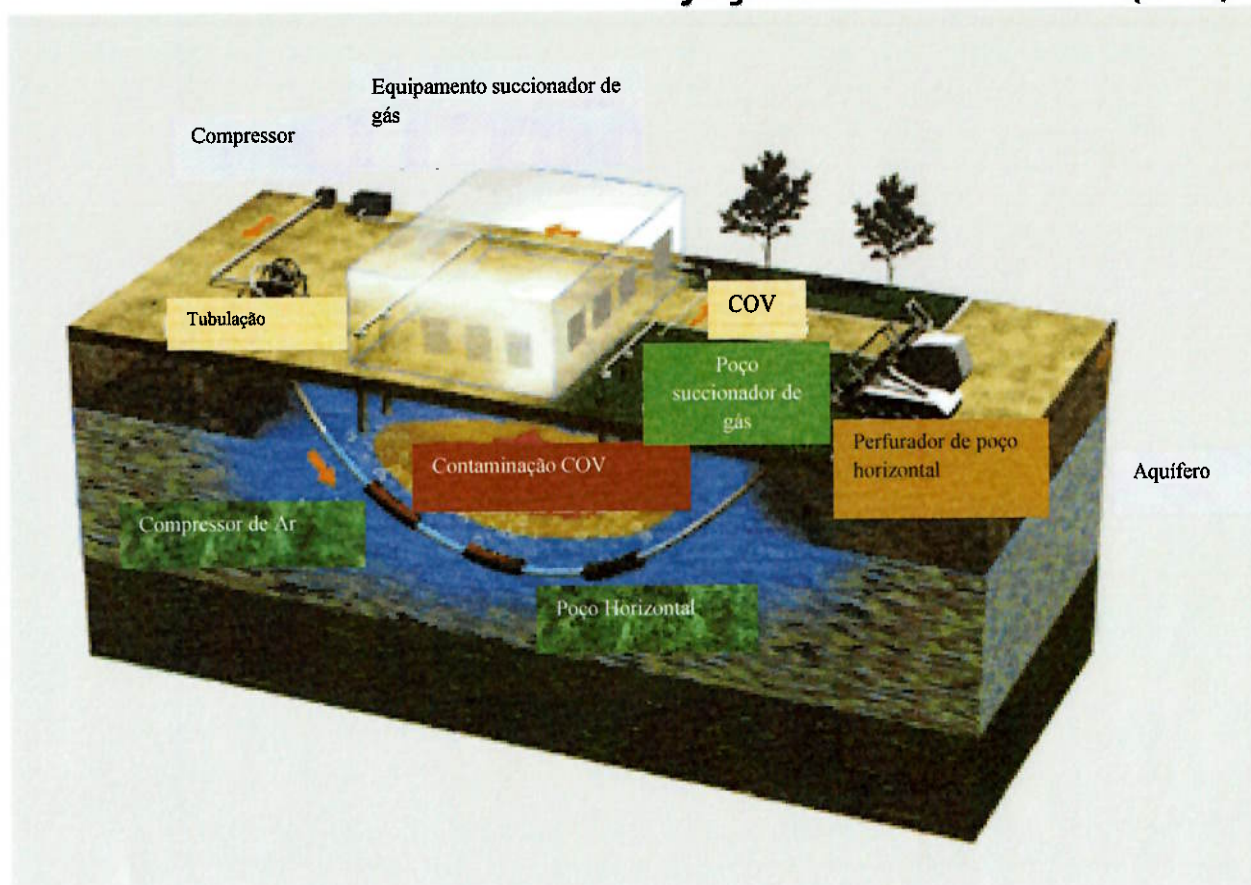


Figura 9: Ilustração e seção de sistema IAS. Fonte: projeto ANGEL.

- Extração Multifásica (EMF)

As principais características desta tecnologia são: remoção de contaminantes orgânicos do solo e água subterrânea por arraste físico e degradação biológica aeróbia, simultaneamente. O processo de remoção por arraste físico é conduzido de maneira a potencializar a ação biológica no meio-alvo.

A aplicabilidade desta técnica se dá em áreas com: qualquer espessura de zona não saturada; além de outras especificações técnicas.

Esta é uma das técnicas mais vantajosas, consequentemente uma das mais utilizadas pois utiliza-se de dois mecanismos de remediação com um só sistema, melhorando a relação custo benefício e o tempo de atuação.

Esta técnica pode ser subdividida em 2 tipos a convencional e a pneumática, segue abaixo as diferenças, bem como vantagens e desvantagens.

→ Extração Multifásica - Convencional (EMF)

As vantagens são: menor custo de instalação; atuação em diversos pontos com o mesmo equipamento; e instalações subterrâneas simples (Figura 10, 11 e 12).

As desvantagens são: complexidade de operação; menor vazão de extração; e limitação de profundidade (máximo de 9,00 metros).

Alternativas de Remediação Extração Multifásica Convencional (EMF)

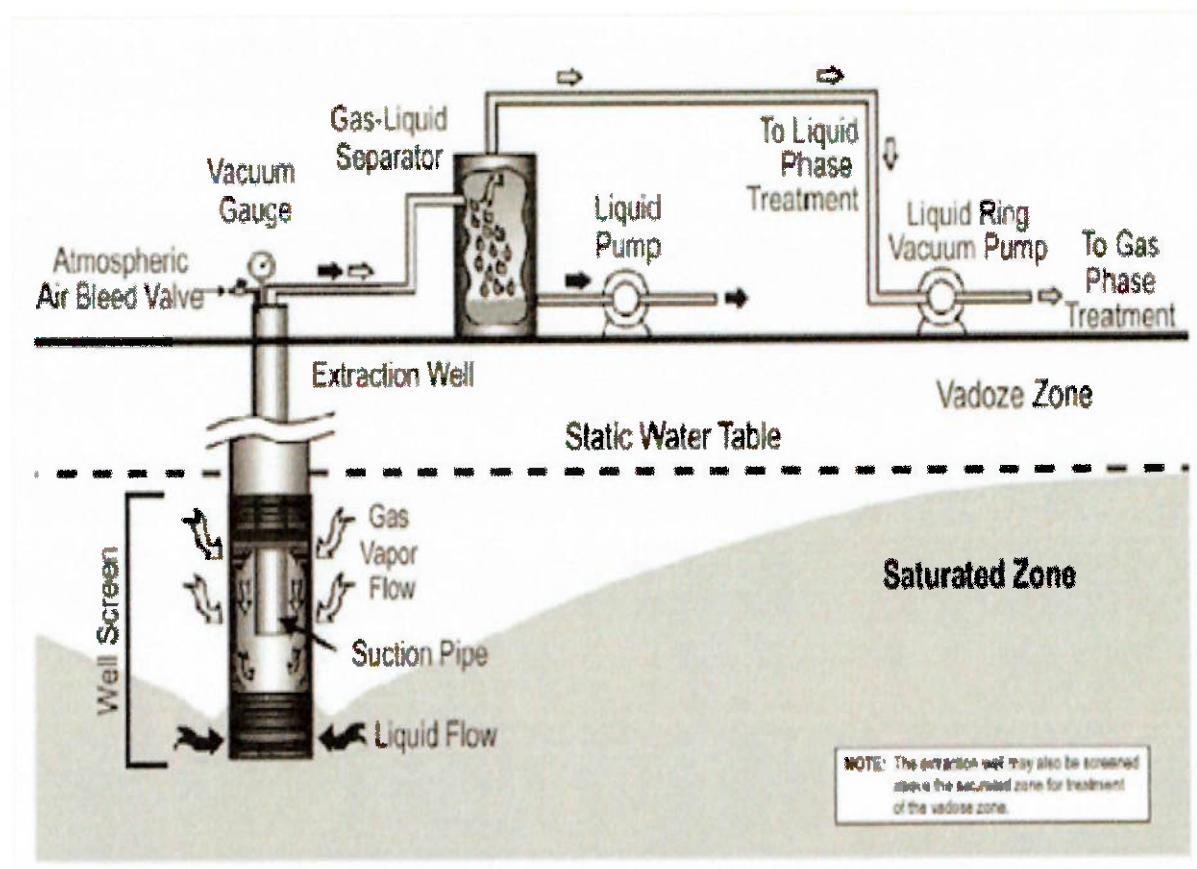


Figura 10: Seção esquemática de sistema EMF convencional. Fonte: projeto ANGEL.

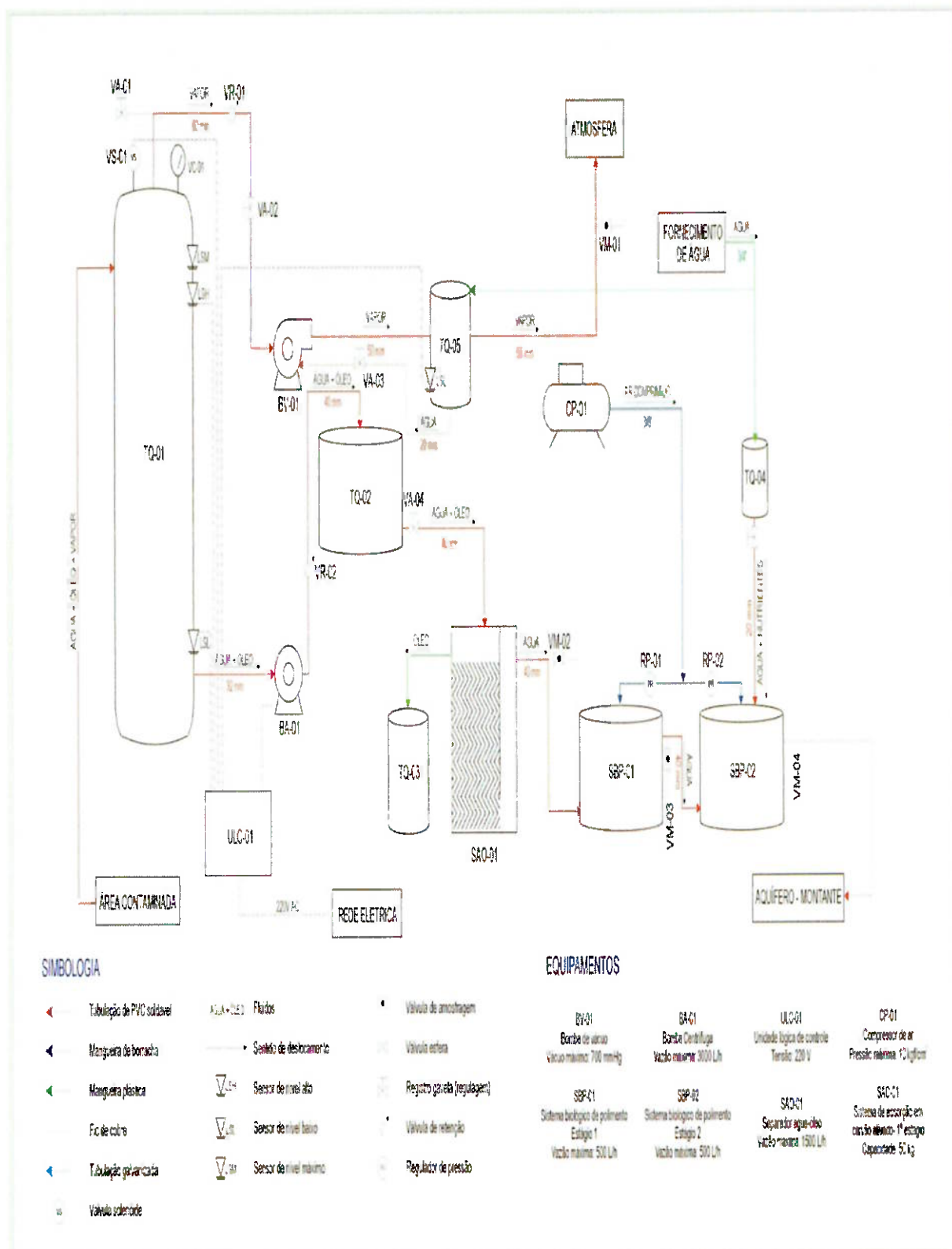


Figura 11: Fluxograma de sistema de EMF convencional. Fonte: projeto ANGEL.



Figura 12: Ilustração do cilindro de vácuo, compressor radial, bomba de transferência e manifold de poços de injeção de um sistema EMF convencional. Fonte: projeto ANGEL.

→ Extração Multifásica - Pneumático (EMFP)

As vantagens são: fácil operação e regulação; alta vazão; profundidades maiores do que 10,00 metros; e sistema silencioso (Figura 13).

As desvantagens são: maior custo de implantação; e instalações subterrâneas complexas.

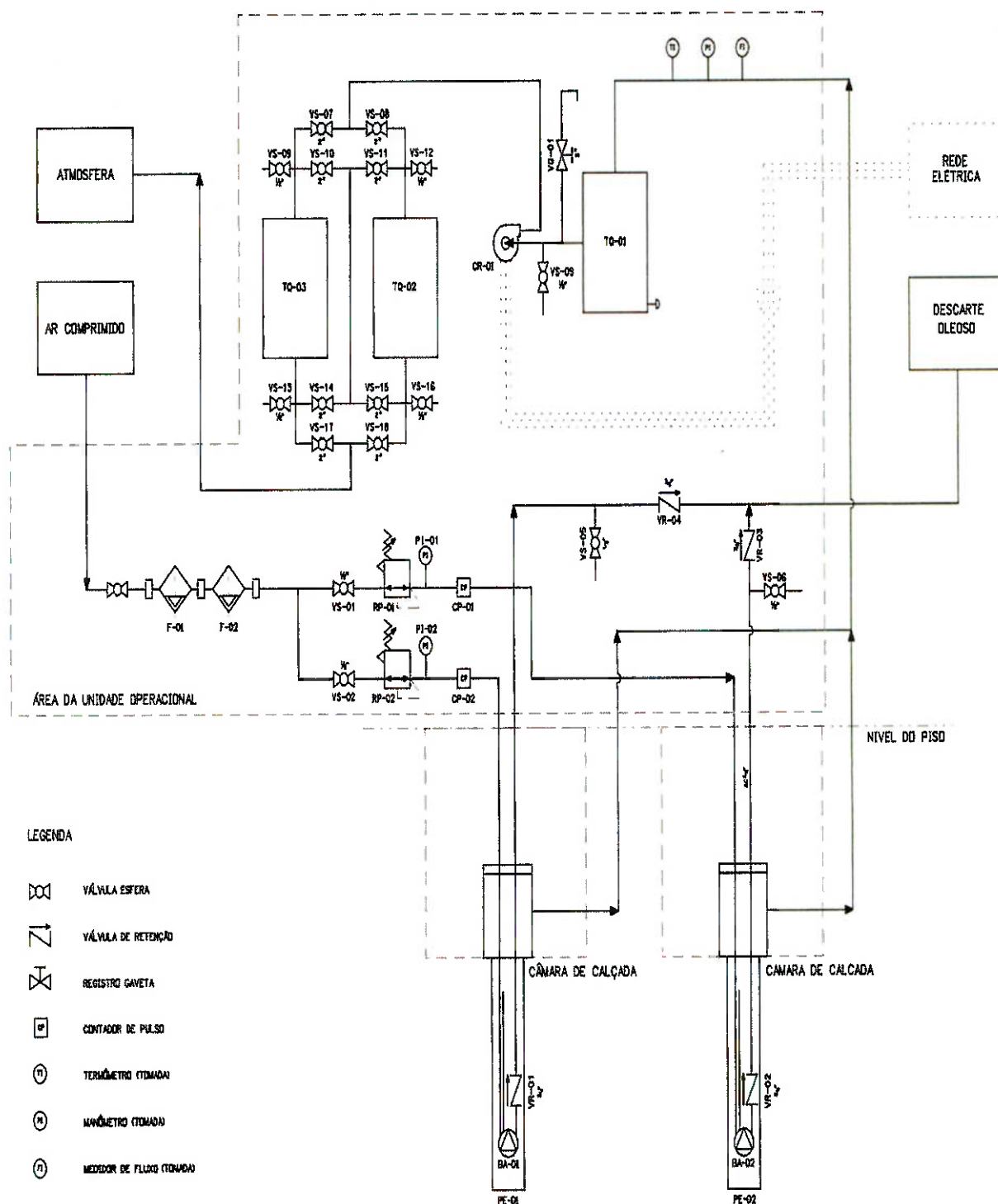


Figura 13: Fluxograma de sistema de EMF pneumático. Fonte: projeto ANGEL.

Os equipamentos utilizados neste sistema são (Figura 14):

- Compressor radial com potência de (7,5) cv para geração de vácuo e extração de fluidos gasosos;
- Compressor de ar tipo pistão, com potência de (3,5) cv e cilindro de pressão de (180) litros;

- Caixa separadora de água e óleo;
- Sistema de filtragem da água e dos vapores por carvão ativado;
- Instrumentos de medição como: manômetros, vacuômetros, rotâmetros, hidrômetros e kilowattímetro; e
- Quadro elétrico compatível com a natureza dos equipamentos.

ANGEL

Extração Multifásica Pneumática (EMFP)

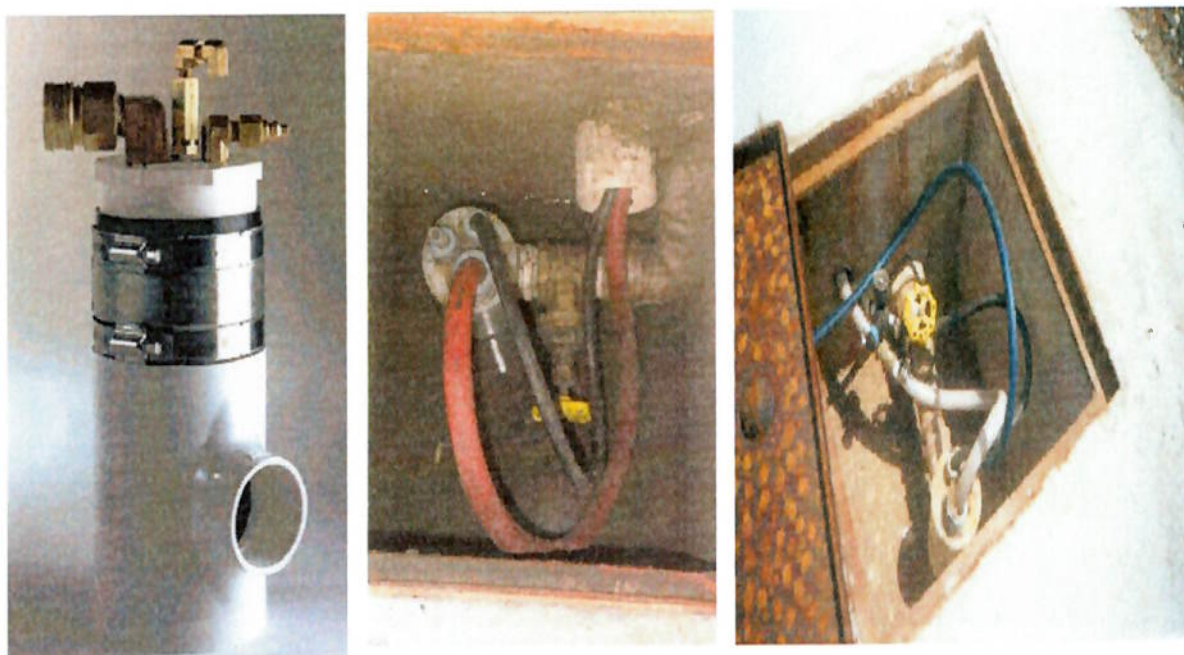


Figura 14: Fotos ilustrativas de parte do sistema EMF pneumático. Fonte: projeto ANGEL.

Nas técnicas supracitadas (EMF e EMFP), é possível elevar o nível da qualidade da matriz incrementando outras etapas de tratamento (Figuras 15 e 16). Como exemplo, podemos citar os sistemas de tratamento, que são as etapas finais dos sistemas, onde podem ser utilizados desde filtro de polimento simples (borbulhamento de ar) à carvão ativado, dependendo da qualidade, da forma de disposição e do local, acordadas em contrato.

ANGEL Sistemas de Tratamento

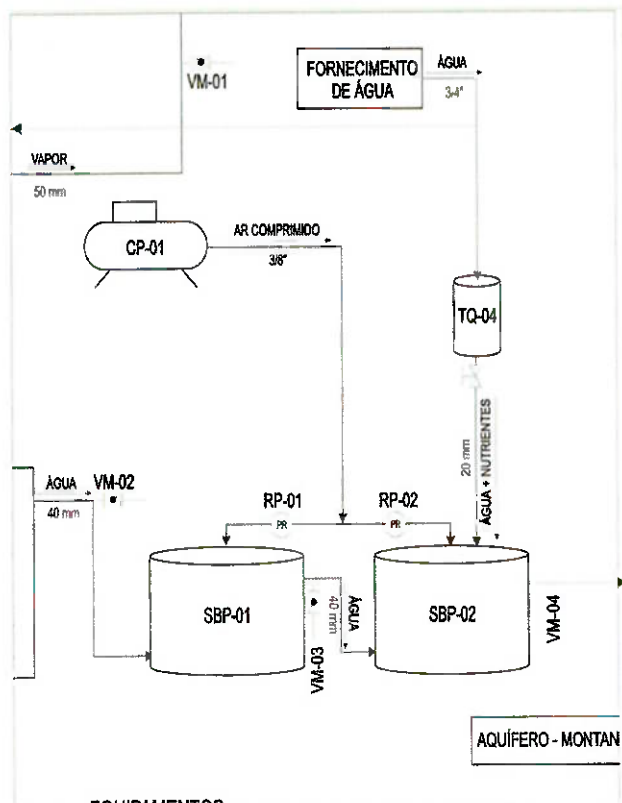


Figura 15: Fluxograma e ilustração do sistema de polimento, para fases dissolvidas. Fonte: projeto ANGEL.

ANGEL Sistemas de Tratamento



Figura 16: Filtro de carvão ativado, fase dissolvida. Fonte: projeto ANGEL.

Em relação às classes de riscos associados à operação dos sistemas desta classe, precedem à algumas das atividades citadas na Tabela 1, portanto as classes apresentadas anteriormente também devem ser consideradas. Temos nestes sistemas o monitoramento da pressão, vácuo, vazão, quilowatts, etc, que são realizadas através de visualização diretamente em cada equipamento específico, a operação contínua dos compressores instalados nos contêineres e de verificação quadro elétrico, que alimenta o sistema. Além destas considerações, os sistemas EMF necessitam de atenção especial às válvulas de alívio do tanque de vácuo e no respiro do sistema, onde esta chaminé é instalada em tubo de ferro, por causa das altas temperaturas. As demais tubulações são instaladas em tubo PVC. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: físico, químico, ergonômico e mecânico, conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

As classes de riscos associados a esta classe (2), estão listados na Tabela 3a.

Tabela 3a - Classes de Riscos e seus Respectivos Efeitos Associados às Principais Atividades de Remediação _ Classe 2-categoria A.

CATEGORIA A - SISTEMAS DE REMEDIAÇÃO EVS / IAS / EMF: nestes sistemas temos as mesmas etapas de instalação de poços (manual e/ou mecanizado), instalação/desinstalação do sistema; operação de auto pump e recipiente separador água-óleo (EMF).

ETAPAS DA ATIVIDADE	CLASSES DE RISCOS	EFEITOS
Operação e Manutenção do Sistema EVS	FÍSICO: Ruído e calor.	Prejuízos no sistema auditivo; fadiga térmica, cansaço irritação, etc.
	QUÍMICO: Contato com solo e carvão ativado contaminado; vapores orgânicos, poeira.	Dermatite, irritação das vias respiratórias, tontura.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Trabalho solitário em área isolada; postura inadequada; trabalho em Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse. pé (medições com equipamentos).	
	MECÂNICO: Utilização de ferramentas manuais, projeção de partículas, contato com elementos móveis e quentes do compressor radial (palheta, motor e saída de ar), visual, cegueira. cabos elétricos.	Contusão, escoriação, choque elétrico, queimadura, explosão, deficit visual, cegueira.
Operação e Manutenção do Sistema IAS	FÍSICO: Ruído e calor.	Prejuízos no sistema auditivo; fadiga térmica, cansaço irritação, etc.
	QUÍMICO: Contato com solo e água contaminada; vapores orgânicos, poeira.	Dermatite, tontura, intoxicação, irritação da pele e mucosas.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Trabalho solitário em área isolada; postura inadequada; trabalho em Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse. pé (medições com equipamentos).	
	MECÂNICO: Utilização de ferramentas manuais, projeção de partículas, contato com elementos móveis e quentes do compressor (cabecote); equipamento com necessidade especifica de purga (compressor de pistão), cabos elétricos, polia não totalmente gradeada.	Contusão, escoriação, choque elétrico, queimadura, explosão, deficit visual, cegueira.
Operação e Manutenção do Sistema EMF, convencional e/ou pneumático	FÍSICO: Ruído.	Prejuízos no sistema auditivo.
	QUÍMICO: Contato com solo, água contaminada, carvão ativado; vapores orgânicos, poeira, efluentes.	Dermatite, tontura, intoxicação, irritação da pele e mucosas.
	BIOLÓGICO: Não detectado, com exceção de trabalhos realizados em cemitérios / lixões em água subterrânea (presença de parasitas, fungos e bactérias).	Não detectado. Ou nos casos de exceção, dermatite, irritação da pele e mucosas, ataque dos ossos por bactérias.
	ERGONÔMICO: Trabalho solitário em área isolada; postura inadequada; trabalho em pé (medições com equipamentos).	Não detectado.
	MECÂNICO: Utilização de ferramentas manuais, projeção de partículas, contato com elementos móveis (válvulas) e quentes do compressor (radial ou de pistão) e no tubo de ferro (respiro do sistema), equipamento com necessidade especifica de purga (compressor pistão), cabos elétricos, polia não totalmente gradeada.	Contusão, escoriação, choque elétrico, queimadura, explosão, deficit visual, cegueira, queda.

Fonte: projeto ANGEL.

2.5.2.2. Categoria B – processo químico

- Oxidação Química Avançada

É a tecnologia de remediação ambiental que trata os poluentes orgânicos através da ação direta de agentes oxidantes.

Esta tecnologia é aplicável em contaminantes presentes em fase dissolvida e/ou fase livre, sendo que a ação de agentes oxidantes “quebra” a molécula de compostos orgânicos gerando subprodutos. As reações de oxidação podem ser facilitadas através da adição de catalisadores, mistura entre agentes oxidantes ou aquecimento do meio (injeção de vapor).

A seguir serão apresentados algumas das características dos agentes oxidantes, mais utilizados:

→ Reagente de Fenton: este reagente é caracterizado pela ativação do peróxido de hidrogênio a partir da adição de íon férrico.

→ Persulfato Ativado: esta solução (que pode ser de sódio ou potássio) é formada a partir da ativação do persulfato com íon férrico.

→ Permanganato de Potássio: este oxidante é considerado fraco, porém de fácil manipulação, baixo risco e longa vida no meio. Pode ser associado com o persulfato para elevar seu potencial de oxidação. Este oxidante é recomendável para a remediação de áreas contaminadas por compostos organoclorados devido a sua alta estabilidade.

Os equipamentos mínimos utilizados nestes sistema podem ser:

- Bomba peristáltica;
- Instrumentos de medição e controle do processo (manômetros, hidrômetros, rotâmetro, etc.);
- Cabeçote especial em aço inox; e
- Quadro elétrico compatível com a natureza dos equipamentos.

Além dos parâmetros físicos que são monitorados durante o ensaio de injeção, devem ser realizados testes de vazão do aquífero, além da coleta de amostras para análise laboratorial de determinação das características geotécnicas do solo local bem como da concentração de íons metálicos e outros parâmetros que possam interferir no processo de remediação por oxi-redução química.

Em relação às classes de riscos, nos processos de oxidação química avançada, em muitos locais, as etapas de instalação de poços são precedidas da etapa de oxidação (há casos de aplicação em valetas). A questão mais relevante é o tipo de

produto químico que será aplicado, bem como a falta de levantamento das instalações subterrâneas nos locais estudados. Há casos onde a aplicação do produto nos poços instalados é realizada por máquina e/ou manual. As classes de riscos mais comuns verificadas para esta atividade são: físico, químico, ergonômico e mecânico (com exceção à forma manual), conforme demonstrado na tabela, bem como os efeitos possíveis.

Das experiências e relatos vividos no meio de atuação, em relação às atividades supracitadas, é possível identificar como ocorrência mais comum as classes de riscos químicos e ergonômicos, tanto para a categoria A quanto para a categoria B. Como exemplo, temos as atividades de injeção o qual favorece o contato dos contaminantes com a pele de outra partes do corpo não só da região das mãos, bem como o levantamento manual de determinados equipamentos que forcem a região lombar.

As classes de riscos associados a esta classe (2), estão listados na Tabela 3b.

Tabela 3b - Classes de Riscos e seus Respectivos Efeitos Associados às Principais Atividades de Remediação _ Classe 2-categoria B.

CATEGORIA B - SISTEMAS DE REMEDIAÇÃO POR OXIDAÇÃO QUÍMICA: nestes sistemas temos as mesmas etapas de instalação de poços (manual e/ou mecanizado).

ETAPAS DA ATIVIDADE	CLASSES DE RISCOS	EFEITOS
Injeção de oxidante, utilizando-se Geoprobe	FÍSICO: Ruído.	Prejuízos no sistema auditivo.
	QUÍMICO: Contato e/ou inalação do oxidante.	Dermatite, irritação da pele e mucosas.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Levantamento e movimentação manual de peso (saco de 25 kg), Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse. postura inadequada, trabalho em pé.	
	MECÂNICO: Utilização de equipamento de sondagem (aresta, projeção de material). Contusão, escoriação, queda.	
Injeção de oxidante, utilizando-se Mangueira de Injeção	FÍSICO: Não detectado.	Não detectado.
	QUÍMICO: Contato e/ou inalação do oxidante.	Dermatite, irritação da pele e mucosas.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Levantamento e movimentação manual de peso (saco de 25 kg), Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse. postura inadequada, trabalho em pé.	
	MECÂNICO: Utilização de caixas d'água mais altas que a estatura média do ser humano (uso de escada); mistura do produto de forma manual.	
Injeção de oxidante, forma manual	FÍSICO: Ruído	Prejuízos no sistema auditivo.
	QUÍMICO: Contato e/ou inalação do oxidante.	Dermatite, irritação da pele e mucosas.
	BIOLÓGICO: Não detectado.	Não detectado.
	ERGONÔMICO: Levantamento e movimentação manual de peso (saco de 25 kg), Lombalgia, dores na costa, dores nas pernas, fadiga, estresse. postura inadequada, trabalho em pé.	
	MECÂNICO: Não detectado.	Não detectado.

3. METODOLOGIA

3.1. Desenvolvimento

Ainda que seja apenas uma introdução, há muitas técnicas a serem descritas, como citado anteriormente, os métodos de remediação foram divididas em 2 classes (neste estudo), apresentadas como Classe 1: Técnica de Remediação ex situ e Classe 2: Técnica de Remediação in situ, subdivididos em categorias A e B.

A primeira classe tratará as técnicas que remediam as matrizes estudadas (solo/água) fora da área geradora (local investigado), sendo as classes de riscos associados muito similares às classes de riscos verificados na área de construção civil.

A segunda classe apresentará as técnicas aplicadas no próprio local de origem/geração da contaminação, sendo subdivididas em função do tratamento predominantemente físico (categoria A) ou químico (categoria B).

3.2. Revisão Bibliográfica

O que se observa pelas experiências dos profissionais da área, é que no Brasil, não há uma cultura muito madura e clara das classes de riscos associados às técnicas de remediação ambientais, sendo comprovado pela escassa literatura legal e geral. Há várias literaturas que tratam os assuntos de forma isolada, não contextualizando o assunto à área de remediação ambiental. Outras questões associadas que dificultam o enriquecimento bibliográfico da área são, o sigilo dos trabalhos requerido pela contratante e a complexidade das etapas burocráticas de pesquisa dos trabalhos protocolados nos órgãos ambientais responsáveis pela fiscalização, para tratamento estatístico.

As próprias resoluções Conama, publicações técnicas dos órgãos ambientais estaduais e municipais, não estabelecem procedimentos de execução de análises preliminares de risco (ocupacional), em alguns poucos casos há citações solicitando

plano de saúde e segurança e plano de contingência (CETESB, 2003). Um exemplo deste cenário, são as próprias licitações públicas e pública-privadas, que também não fazem menção no escopo dos trabalhos, das atividades referentes à saúde e segurança do trabalhador.

O que se observa nas legislações brasileiras (conama e/ou cetesb) é a solicitação de ação emergencial em acidentes, prevenção à saúde e riscos do entorno, ou seja da população exposta. Outra questão é apenas a citação do cumprimento do plano de remediação, com prazo determinado.

Na literatura internacional, verifica-se a citação de medidas de prevenção a serem adotadas (OSHA, 2003).

3.3. Recursos Utilizados

O recurso mais utilizado neste trabalho foi a experiência dos técnicos de campo e da própria autora, que trabalha na empresa de consultoria ANGEL Ambiental, além dos procedimentos da certificação ISO 9001:2008 família ANGEL de procedimentos de segurança.

Adicionalmente foram pesquisados trabalhos de clientes internacionais da ANGEL (contrato de confidencialidade), pesquisas na internet e livros especializados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Necessidades Específicas

Para cada etapa de atividade, tanto para as atividades pré sistema, como para os sistemas de remediação de fato, há necessidades específicas, o qual inviabilizam a execução da etapa quando da inexistência da condição.

Nas etapas de pré instalação, é altamente recomendável que o responsável do local acompanhe a primeira etapa das atividades como a locação dos pontos a serem sondados e o órgão público autorize e acompanhe a visita nas concessionárias subterrâneas. Como no Brasil não há a prática de realização e de arquivamento dos levantamentos das instalações subterrâneas, tanto na área do local investigado, quanto nas áreas públicas, há uma possibilidade muito grande de rompimento/contato das tubulações de água, esgoto, energia, etc., o qual pode ocasionar até a morte dos envolvidos na tarefa. Em alguns anos de experiência nos trabalhos em campo e de acompanhamento destes (mais de 100 locais), a autora pode citar cerca de 5 casos onde foram apresentadas o levantamento de instalações subterrâneas. Cabe lembrar que o órgão público tem possibilidade de apresentação do mesmo, no entanto, a demora e a burocracia que envolvem este tipo de requerimento, inviabilizam o serviço. Em relação a visita às galerias subterrâneas, é imprescindível a medição de explosividade e da concentração de oxigênio antes da entrada.

Sobre os sistemas de remediação da classe 1, bombeamento de água, é necessário a utilização de bombas intrinsecamente seguras (*Auto Pump®*).

Nas escavações realizadas para retirada de solo contaminado, não é permitido a entrada do técnico de campo na cava. Se houver necessidade de medições in situ, com equipamentos portáteis, para possível segregação, estas devem ser realizadas impreterivelmente nas pilhas de solo dispostas ao lado da cava.

Nos sistemas de remediação da classe 2 A, o que se observa é que a classe de risco mais relevante é dos riscos mecânicos, uma vez que já há disponível no mercado equipamentos de qualidade superior.

Em relação à classe 2 B, deve-se procurar a utilização de produtos que apresentem menor incidência da classe de risco químico aos trabalhadores e consequentemente os equipamentos envolvidos no processo de aplicação do produto. Esta observação é colocada aqui no texto, em função da última experiência vivenciada. Em um dos casos pilotos da empresa ANGEL foi utilizado o produto persulfato ativado, comprado de outro fornecedor, não o rotineiro, de proveniência chinesa, acarretando no derretimento do cabeçote de ferro.

Além do maior controle quanto à seleção do fornecedor, devem ser priorizados também os agentes oxidantes/redutores que permitam um melhor controle da reação no que diz respeito à sua exotermia ou produção de gases tóxicos/explosivos. Adicionalmente aos ensaios de bancada, que definirão o agente oxidante mais aplicável ao processo de tratamento da área, faz-se necessária a realização de ensaio físico de injeção para dimensionar as características de aplicação sob pressão da solução oxidante/redutora no solo.

A questão mais relevante no processo de oxidação química, executados no Brasil, é a aplicação do método em áreas operacionais ativas, o qual significa que as tubulações subterrâneas bem como todo e qualquer tipo de cabeamento, pode estar completo de produto ou energizado, podendo criar outras condições perigosas.

Outras necessidades como a especificação de equipamentos de proteção coletiva e individual, não serão tratadas neste estudo. O que se verifica no mercado de consultoria especializada, em geral, é a seleção de EPIs em função do cargo do trabalhador, como exemplo, segue Tabela 4.

Tabela 4 - Utilização de EPI's por cargo/função.

Função	Principais Atividades	EPI Obrigatório	EPI Eventual
Auxiliar de Sondagem	Execução da sondagem e instalação de poço de monitoramento.	Botina de segurança com bico de aço.	Máscara semifacial com filtro contra vapores orgânicos; Colete reflexivo; Respirador contra poeira.
		Luvas de raspa.	Protetor Auricular e Óculos com filtro de luz.
		Óculos de segurança contra impacto e	
		Capacete de segurança.	
Técnico de Campo	Acompanhamento integral dos trabalhos, coleta de amostras e registros fotográficos.	Botina de segurança com bico de aço;	Máscara semifacial com filtro contra vapores orgânicos; Colete reflexivo; Respirador contra poeira.
		Luvas de látex nitrílico;	Protetor Auricular e Óculos com filtro de luz.
		Óculos contra impacto e	
		Capacete de segurança.	
Técnico de Segurança do Trabalho	Acompanhamento dos trabalhos (eventualmente durante os trabalhos de campo) e instruções de segurança.	Botina de segurança com bico de aço;	Máscara semifacial com filtro contra vapores orgânicos; Colete reflexivo; Respirador contra poeira.
		Óculos contra impacto e	Protetor Auricular e Óculos com filtro de luz.
		Capacete de segurança.	
Coordenador de Projetos	Supervisão e acompanhamento dos trabalhos (eventualmente durante os trabalhos de campo).	Botina de segurança com bico de aço;	Máscara semifacial com filtro contra vapores orgânicos; Colete reflexivo; Respirador contra poeira.
		Óculos contra impacto e	Protetor Auricular e Óculos com filtro de luz.
		Capacete de segurança.	

Fonte: projeto ANGEL

A análise da necessidade de EPI por tipo de projeto / sistema quase nunca é realizada, este é selecionado baseado em tabela padrão, por função (percepção da autora sobre o mercado de consultoria), eventuais complementos são solicitados pelas empresas onde os trabalhos são realizados, ou incluídos pelo SSO da empresa contratante quando o projeto comporta (financeiro) um plano de execução de um trabalho específico.

5.2. Desafios

O maior desafio deste tipo de trabalho, sistemas de investigação e remediação ambientais, é o de descaracterizá-lo como tipo de trabalho de consultoria, e considerá-lo como um processo, para que todos os envolvidos, responsáveis civis e legais, compreendam a relevância associada ao assunto de saúde e segurança ocupacional (SSO).

Para a aceleração e viabilização deste desafio é necessário que os órgãos ambientais solicitem e especifiquem em suas publicações oficiais, etapas de SSO de cumprimento mandatório e acima de tudo fiscalizem, apesar de já estar regulamentado pelo ministério do trabalho. Adicionalmente, a agilização e disponibilização pública dos planos de estudos ambientais em meio virtual auxiliariam os responsáveis legais das áreas contaminadas a pressionar o mercado de consultoria a atuar de forma efetiva e transparente.

5. CONCLUSÕES

Os sistemas não apresentam alto nível de complexidade, no entanto só devem ser manuseados/operados/mantidos por pessoas treinadas e com conhecimento técnico.

Nenhum dos sistemas de remediação torna-se operante com a realização de apenas uma etapa, desta forma as classes de riscos associados devem ser verificados um a um, por etapa de atividade e considerados de uma forma acumulativa. Não há nenhuma etapa de atividade que não haja pelo menos uma classe de risco associado.

Como proposto inicialmente, foram apresentados no decorrer do trabalho, os principais sistemas de remediação utilizados na atualidade bem como as classes de riscos associados aos métodos, demonstrando a real existência, significativa e diversa destas classes de riscos, e também o quão abrangente e importante é este tema.

Como a maior parte dos projetos vivenciados pela autora estão no estado de São Paulo, a referência foi quase que exclusivamente da agência ambiental estadual Cetesb.

E como última consideração, em virtude do formato de trabalho seguido pelas empresas especializadas, os quais são impostos e regulados de forma indireta pelos clientes e pelo órgão ambiental, que dificultam o acesso aos estudos pretéritos e em andamento, e em muitos casos não revelam a existência de problemas ambientais no local investigado, bem como os acidentes ocorridos durante a execução deste tipo de trabalho, com receio de prejuízo à imagem da marca, todas estas questões somadas, inviabilizam o levantamento estatístico em nível regional e federal, visto que as demais agências ambientais dos outros estados estão muito aquém do nível de atuação da Cetesb. Ressalta-se também, a inexistência de regulamentação específica para a área, relacionada à implantação, operação e desativação dos sistemas de remediação.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABEN, 2006. Associação Brasileira de Energia Nuclear - Revista Brasil Nuclear. Setembro 2006, ano 12, edição nº 30.

ANGEL, 2005. Projeto de Investigação ANGEL, 2005.

ANGEL, 2009. Apresentações Treinamento Interno. ANGEL, 2009.

ANGEL, 2010. Projetos de Remediação. ANGEL, 2010.

CETESB-GTZ, 2001. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas** / CETESB, GTZ. - 2.ed. - - São Paulo : CETESB, 2001. [389] p. em várias paginações il.; 30 x 21 cm Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 15 jan.2010.

_____ **11000 Projeto Detalhado da Remediação**. Projeto CESTEB – GTZ Atualizado 10/2003. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo / SP. p. 5, 6 e 13. 17 p.. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/Capitulo_XI.pdf>. Acesso em 11/01/2010.

CIBG, 2001. **Panorama da Baía**. Situação Ambiental Atual. Centro de informações da Baía de Guanabara. Disponível em: <<http://www.cibg.rj.gov.br/detalhenoticias.asp?codnot=95&codman=28>>. Acesso em 25 jan. 2010.

CONAMA (2000) – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 273**, de 29 de Novembro de 2000.

DEFRA (2008). **Guidance on the Legal Definition of Contaminated Land**. Department for Environment Food and Rural Affairs. July 2008 Published by the Department for the Environment, Food and Rural Affairs, © Crown Copyright 2008. 13 pp. Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk/environment/quality/land/contaminated/documents/legal-definition.pdf>>. Acesso em 25 jan.2010.

EPA (1979) – U.S. Environmental Agency Protection. **The Love Canal Tragedy**, Eckardt C. Beck no EPA Journal, January 1979.

EPA – U.S. Environmental Agency Protection. Consulta geral à homepage. Disponível em: <www.epa.gov>. Acesso em 04 jan. 2010.

FEAM (2010). Fundação Estadual do Meio Ambiente. Consulta geral à homepage. Disponível em: <http://www.feam.br/index.php?option=com_content&task=view&id=354&Itemid=128> Acesso em 25 jan. 2010.

FEPAM (2009). Diretriz Técnica n.º 001/2009 – DIRTEC. **Diretriz Técnica para o Licenciamento Ambiental de Área Industrial Degradada**. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Rossler – RS. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/DT-001-2009.pdf>>. Acesso em 26 jan.2010.

FERLINI SALLES, 2010 **Quando escavar é a melhor alternativa de remediação**. Gestão e Meio Ambiente. Blog internet. Disponível em <<http://ferlinisalles.wordpress.com/2009/11/02/quando-escavar-e-a-melhor-alternativa-de-remediacao/>>. Acesso em 22 jan.2010.

GÜNTHER, W. M. R. **Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana**. Revista São Paulo em Perspectiva, v.20, n.2, p.105-117, abr.-jun. 2006. Disponível em:< http://www.seade.gov.br/produtos/spp/v20n02/v20n02_08.pdf>. Acesso em 04 jan.2010.

KRAEMER, M. E. P. Contabilidade ambiental – o **passaporte para a competitividade**. Revista do Contabilista Catarinense. CRCSC & Você. Florianópolis - SC., v.1, n.1, p. 25-40, dez/2001 - mar/2002.

OSHA, 2003. 02-02-071 - **Technical Enforcement and Assistance Guidelines for Hazardous Waste Site and RCRA Corrective Action Clean-up Operations HAZWOPER** 1910.120 (b)-(o) Directive - Disponível em:<http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=DIRECTIVES&p_id=3061>. Acesso em 01 fev.2010.

ROCCA , A.C.C. **Os Passivos Ambientais e a Contaminação do Solo e das Águas Subterrâneas**. In: VILELA JR., A.

SÁNCHEZ, L. E. **As etapas iniciais do processo de avaliação de impacto ambiental**. In: S Goldenstein; A A C Faria. (Org.). Avaliação de impacto ambiental. 1 ed. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1998, v. 1.

SÁNCHEZ, L.E. **Revitalização de Áreas Contaminadas**. In: MOERI, E.; COELHO, R.; MARKER, A. (Ed.). *Remediação e Revitalização de Áreas Contaminadas*. São Paulo: Signus Editora, 2004. p. 79-90.

SÃO PAULO 2009 - **Lei 13577/09 | Lei Nº 13.577, de 8 de julho de 2009 do Governo do Estado de São Paulo, que Dispõe** sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/817967/lei-13577-09-sao-paulo-sp>>. Acesso em 02 fev.2010.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ANEXO XIV – Mapa de Risco. Disponível em: <http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20081104143622.pdf>. Acesso em 03 fev.2010.

BRASSINGTON, Rick. **Field Hydrogeology**. Second edition. By John Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester, West Sussex PO19 1UD, England, 1988, p. 227-234, 243 pp.

CETESB, 2005. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, 2005**. Decisão de Diretoria nº195-2005-E de 25 de novembro de 2005. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo / SP.

_____. Áreas Contaminadas Críticas. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo / SP. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/areas_contaminadas/areas_criticas.asp>. Acesso em 11 jan. 2010.

CETESB, 2007 Procedimento para Identificação de Passivos Ambientais em Estabelecimentos com Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC)

_____. Decisão de Diretoria nº 103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007. Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas.

_____. **Investigação Detalhada 8000**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/Capitulo_VIII.pdf>. Acesso em 01 fev.2010.

DEMAJOROVIC, J. (Org.). **Modelos e Ferramentas de Gestão Ambiental**: desafios e perspectivas para as organizações. São Paulo: Editora Senac, 2006. p. 247-284.

ENN (Environmental News Network). Consulta geral à homepage. Disponível em: <www.enn.com>. Acesso em 08 jan. 2010.

ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). Consulta geral à homepage. Disponível em: <www.itrcweb.org>. Acesso em 04 jan.2010.

JAIN, R.K... (et al). **Environmental Assessment**. McGraw-Hill, Inc. United States of América, 1993. 463 pp.

KRAEMER, M. E. P. **Passivo Ambiental**. Texto de internet, 9 pp. Disponível em <<http://br.monografias.com/trabalhos/passivo-ambiental/passivo-ambiental.shtml#oque>>. Acesso em 26 jan. 2010.

LAPA, R. P. **Metodologia de Construção de Sistemas de Gerenciamento de Riscos Ocupacionais**—R.P. Lapa, São Paulo, 2006. 90 p.

Manuais de Legislação Atlas. Segurança e Medicina do Trabalho. 62. ed. São Paulo. Editora Atlas. 797 p.

OSHA, 2010. **Correcting Common Health And Safety Program Deficiencies At Remediation Sites**. Consulta geral a homepage. Disponível em : <<http://www.osha.gov/SLTC/hazardouswaste/osha.html>>. Acesso em 01 fev. 2010.

PRADO Jr., C. **História Econômica do Brasil**. São Paulo: Brasiliense, 1990.

SCHIANETZ, Bojan. Passivos Ambientais. **Levantamento Histórico: avaliação da periculosidade: ações de recuperação**. Curitiba: SENAI, 1999. 191 – 194. 200p.,il.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica. Divisão de Biblioteca. Diretrizes para apresentação de dissertações e teses / Divisão de Biblioteca da Epusp. – 3. ed.—São Paulo, 2006. 103 p.

Consulta geral à homepage. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/ocorrencia.htm>>. Acesso em 04 fev. 2010.

Consulta geral à homepage. Disponível em: http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lexico.aspx?Termo=Zona%20N%E3o%20Saturada. Acesso em 04 fev. 2010.

LAPA, R. P. **Metodologia de Construção de Sistemas de Gerenciamento de Riscos Ocupacionais**—R.P. Lapa, São Paulo, 2006. 90 p.

Manuais de Legislação Atlas. Segurança e Medicina do Trabalho. 62. ed. São Paulo. Editora Atlas. 797 p.

OSHA, 2010. **Correcting Common Health And Safety Program Deficiencies At Remediation Sites**. Consulta geral a homepage. Disponível em : <<http://www.osha.gov/SLTC/hazardouswaste/osha.html>>. Acesso em 01 fev. 2010.

PRADO Jr., C. **História Econômica do Brasil**. São Paulo: Brasiliense, 1990.

SCHIANETZ, Bojan. Passivos Ambientais. **Levantamento Histórico**: avaliação da periculosidade: ações de recuperação. Curitiba: SENAI, 1999. 191 – 194. 200p.,il.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica. Divisão de Biblioteca. Diretrizes para apresentação de dissertações e teses / Divisão de Biblioteca da Epusp. – 3. ed.—São Paulo, 2006. 103 p.

Consulta geral à homepage. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/ocorrencia.htm>>. Acesso em 04 fev. 2010.

Consulta geral à homepage. Disponível em: http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lexico.aspx?Termo=Zona%20N%E3o%20Saturada. Acesso em 04 fev. 2010.

GLOSSÁRIO

Aqüífero poroso: ocorrem em rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenosos, decompostos in situ. Constituem os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em grandes áreas. Estes aquíferos ocorrem nas bacias sedimentares e em todas as várzeas onde se acumularam sedimentos arenosos. Uma particularidade deste tipo de aquífero é sua porosidade quase sempre homogeneamente distribuída, permitindo que a água flua para qualquer direção, em função tão somente dos diferenciais de pressão hidrostática ali existentes. Esta propriedade é conhecida como isotropia.

Nível d'água: Altura da superfície livre da água relativamente a um plano horizontal de referência.

Nível freático: nível da água de um aquífero livre em determinado momento e local, coincidente com o nível superior da zona de saturação.

Medidas de intervenção: conjunto de ações a serem adotadas visando a reabilitação de uma área para o uso declarado, a saber: medidas emergenciais, de remediação, de controle institucional e de controle de engenharia.

Meta de remediação: concentrações dos contaminantes nos meios impactados, determinadas em decorrência da avaliação de risco, que devem ser atingidas por meio da execução das medidas de remediação, para que a área seja considerada reabilitada para o uso declarado (AR), tendo em vista os cenários de exposição relacionados a esse uso, bem como para a preservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Zona saturada: Zona que pode ser constituída por diferentes níveis ou camadas de solo ou formações rochosas, onde todos os espaços porosos ou fraturas existentes

estão completamente preenchidos por água. O limite superior desta zona é designado nível freático.

Zona não saturada: Zona que se situa imediatamente abaixo da superfície topográfica e acima do nível freático, onde os espaços vazios entre as partículas estão parcialmente preenchidos por gases (essencialmente ar e vapor de água) e por água. A água contida nesta zona encontra-se à pressão atmosférica, podendo ser utilizada pelas raízes das plantas ou contribuir para o aumento das reservas de água subterrânea.