

FÓRUM DE MEIO AMBIENTE – CRQ-IV SP

Tecnologias de Tratamento de Áreas Contaminadas
Remediação Ambiental In-situ



JULIANO DE ALMEIDA ANDRADE
juliano@oxiambiental.com.br

www.oxiambiental.com.br

CRQ-IV-SP, 20 de setembro de 2018

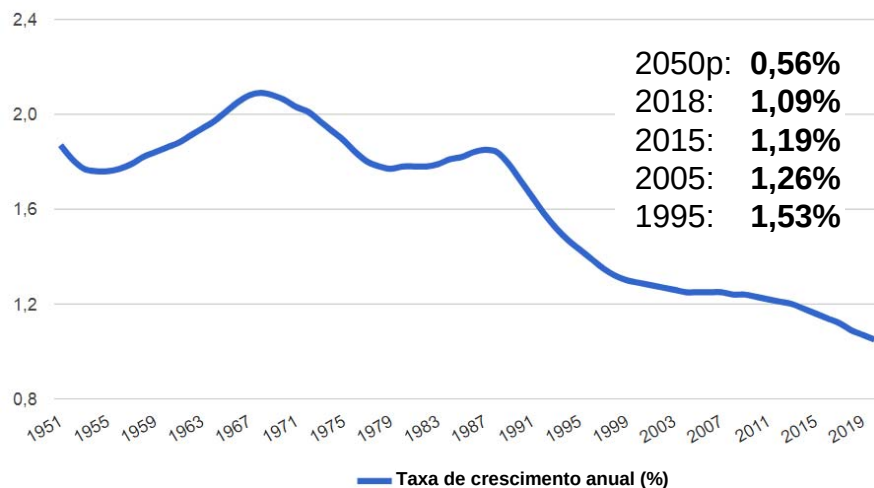


POPULAÇÃO MUNDIAL E ÁREA CONTAMINADAS



www.oxiambiental.com.br

CENÁRIO DEMOGRÁFICO



População 2018 (bi)

Mundial:	7,64
1º China:	1,42
2º Índia:	1,36
3º EUA:	0,33
4º Indonésia:	0,27
5º Brasil:	0,21



Sociedade Humana

*Além da
má gestão!*



ÁREAS CONTAMINADAS EM SP



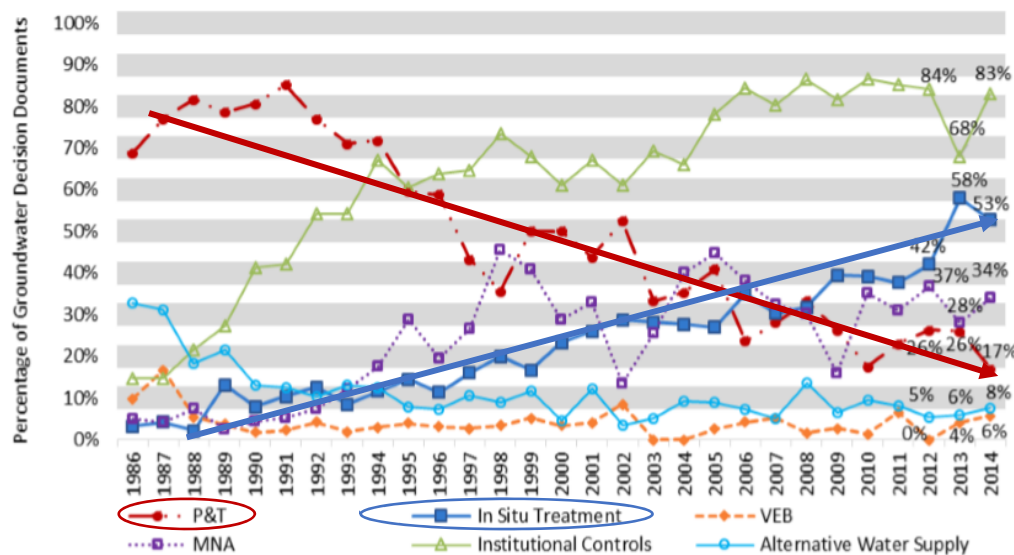
Taxa média de crescimento dos últimos 5 anos: 5,4%.

Até 2012, o cadastro de áreas cadastradas tinha crescimento médio de 17,1%;

Se o ritmo atual for mantido, espera-se fechar 2018 com cerca de 6.300 áreas cadastradas.

Comparação entre o percentual de técnicas In-Situ e Ex-Situ aplicadas no Brasil

Figure 14: Selection Trends for Decision Documents with Groundwater Remedies (FY 1986-2014)



- Number of groundwater decision documents with remedies: FY 1986-2014 = 2,357; FY 1982-2014 = 2,425.
- Decision documents may be included in more than one category.

87,7% — 86,1% — 85,8% — 83,1% — 78,5%



24,5% — 25,0% — 25,5% — 25,8% — 23,9%

2013 2014 2015 2016 2017

— Ex-Situ — In-situ

Exigência por técnicas alternativas mais efetivas tem impulsionado o desenvolvimento do mercado de remediação ambiental em todo o mundo. Queda acentuada na utilização de técnicas de bombeamento/ mecânicas/ físicas. No exterior (EUA e Europa: Reino Unido, França e Alemanha) técnicas químicas in-situ tem sido amplamente empregadas. No Brasil, ainda incipiente (menor que 15 anos).



SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS EMERGENTES



www.oxiambiental.com.br

Histórico das **Substâncias Químicas**

- **Mais de 11.000.000** substâncias conhecidas
- 100.000 são produzidas deliberadamente
- 90.000 registradas nos EUA
- 1.200 – 1.500 registradas por ano nos EUA
- Apenas ~ 50 compostos orgânicos que são contemplados nos padrões de potabilidade de água nos EUA
- Apenas ~ 40 compostos orgânicos que são contemplados nos padrões de potabilidade de água no Brasil

» EPA

Substâncias Químicas “Emergentes”

- Hormônios
- Agrotóxicos
- Antibióticos
- Produtos Farmacêuticos
- Subprodutos de Detergentes
- Plastificantes
- Antioxidantes
- Esteróides
- Desinfetantes
- Fragrâncias
- Interferentes endócrinos
- Solventes...
-

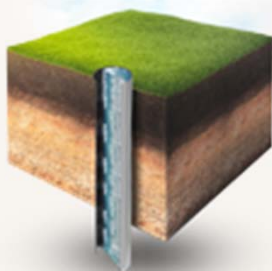
... e vários outros!!!

Risco Ambiental

Hormônios/Esteróide	Fármacos	Antrópicos/Industriais
Estrona(hormônio natural)	Diclofenaco	Dietilftalato
Estradiol(hormônio natural)	Dipirona	Nonilfenol
Etinilestradiol (hormônio sintético)	Cafeína	Dibutilftalato
Progesterona(hormônio natural)	Paracetamol	Bisfenol A
Levonorgestel(hormônio sintético)	Ibuprofeno	Benzo[a]pireno
Androstano(similar à testosterona)	Pentaclorofenol	
Estigmasterol(fitoesteróide)		
Colesterol(esteróide animal)		
Colestanol(esteróide fecal)		
Coprostanol(esteróide fecal)		

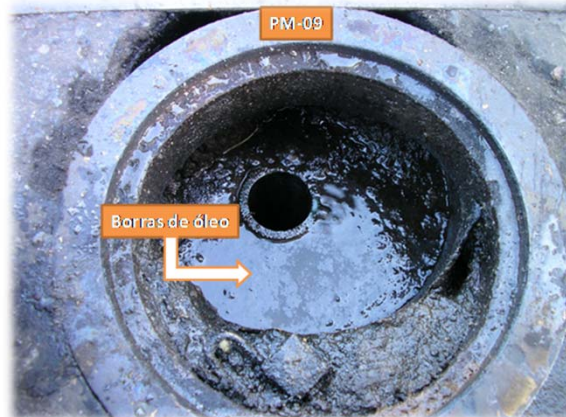


POÇOS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

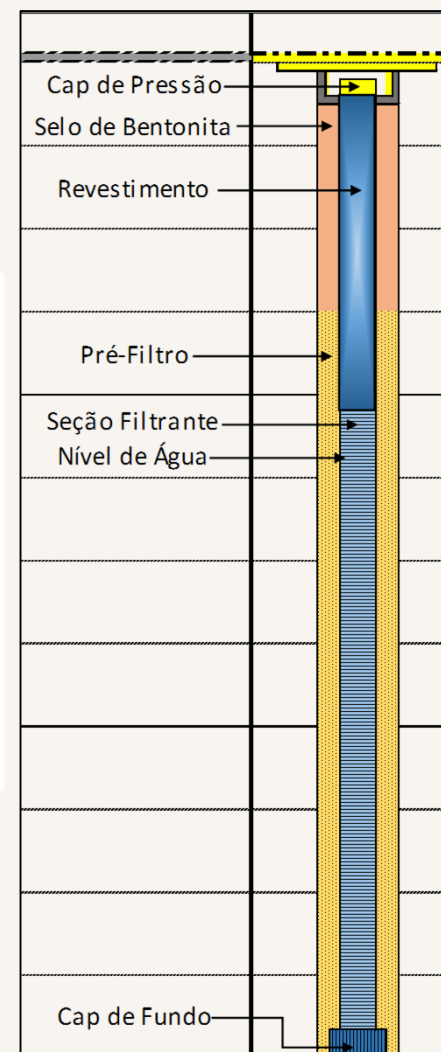


- Importância da construção correta de PMs:
 - Material de Qualidade
 - Procedimento normativo ABNT NBR 15495-1
- Acesso direto ao lençol freático;
- Alto risco de contaminação DIRETA caso o PM seja construído errado, com material de baixa qualidade ou não seja feita a manutenção.

- A construção de PMs é realizada em áreas de alto potencial de contaminação;



Contaminação com borras de óleo no interior do PM-09 e elevadas quantidades de óleo residual em um raio de 0,5 m, na área externa ao redor deste PM.





DIMENSÃO DE CONTAMINAÇÃO

Exemplo:

Contaminação de água por BENZENO

Limite de Intervenção CETESB = **5 µg/L**

- **1 gota (50 µL) de Gasolina contamina 37 L de água**
- **1 mL de Gasolina contamina 740 L de água**

- **1 copo (200 mL) de Gasolina contamina 150.000 L de água → volume de uma casa de 60 m²**



CONTAMINAÇÃO DE SOLO

- Normalmente o solo é a fonte primária por onde passa a contaminação, funcionando como um filtro pré-atingimento da água subterrânea; porém o solo ainda é pouco explorado;
- Os contaminantes interagem com o solo por meio de processos físicos e, principalmente, por **interações químicas**.





Soluções inovadoras em
processos de remediação ambiental



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL



www.oxiambiental.com.br

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Definição e objetivos



São estudos que compõem as etapas do gerenciamento de áreas contaminadas (GAC).

Envolve o **conhecimento** dos **componentes ambientais** de uma determinada área para a caracterização da **qualidade ambiental do local investigado**.

O diagnóstico ambiental permite interpretar a situação ambiental da área a partir da interação e dinâmica de seus componentes relacionados aos elementos físicos, geológicos, hidrogeológicos, biológicos e químicos.

Procedimentos para Diagnóstico Ambiental versus Diagnóstico Médico



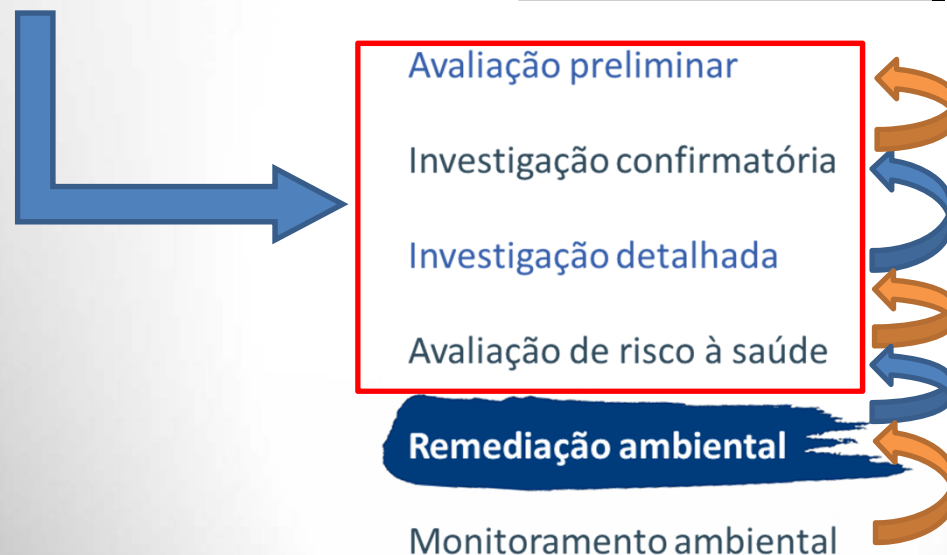
1º Etapa	2º Etapa	3º Etapa	4º Etapa	5º Etapa
<i>Avaliação</i>	<i>Investigação</i>	<i>Detalhamento</i>	<i>Tratamento</i>	<i>Acompanhamento</i>
ÁREA MEDICINAL				
<i>Avaliação</i>	<i>Investigação</i>	<i>Detalhamento</i>	<i>Tratamento</i>	<i>Acompanhamento</i>
<i>Sintomas</i>	<i>Levantamento</i>	<i>Identificação</i>	<i>Prescrição</i>	<i>Avaliação da eficácia</i>
<i>Sinais</i>	<i>Exames</i>	<i>Local</i>	<i>Tipo de remédio</i>	
<i>Suspeitas</i>	<i>Qualificar</i>	<i>Quantificação</i>	<i>Quantidade/ dose</i>	
<i>Coleta de dados</i>	<i>Dimensão</i>	<i>Planejamento</i>	<i>Local da intervenção</i>	
		<i>Prioridades</i>	<i>Tipo de técnica</i>	
		<i>Risco e Metas</i>	<i>Tempo de tratamento</i>	
		<i>Plano de intervenção</i>	<i>Avaliação dos efeitos</i>	
<i>Observação</i>	Diagnóstico Médico		<i>Intervenção</i>	<i>Avaliação</i>
ÁREA AMBIENTAL				
<i>Avaliação Preliminar</i>	<i>Investigação Confirmatória</i>	<i>Investigação Detalhada e Avaliação de Risco</i>	<i>Remediação Ambiental</i>	<i>Monitoramento Ambiental Pós-Remediação</i>
	Diagnóstico Ambiental			

Etapas do Gerenciamento Ambiental

Anexo 2 da DD-038/2017/C, de 10/02/2017



Diagnóstico Ambiental: é uma das etapas mais importantes!



Etapas são interdependentes e sequenciais;

O **resultado** de uma etapa tem impacto direto na posterior;

Diagnóstico incorreto ou **incompleto** implica em retrabalho (perda de tempo e dinheiro), responsabilidade civil e sanções!

CONSEQUÊNCIAS DOS ERROS DE UM SERVIÇO INADEQUADO





Fontes ativas de contaminação





TECNOLOGIAS QUÍMICAS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

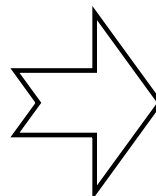


www.oxiambiental.com.br

A problemática ambiental...

O que fazer? Qual Técnica de Remediação devo utilizar?

Inovação em
Tecnologias Químicas
de Remediação



Tecnologias Emergentes



Processos Oxidativos Avançados (POA) são tecnologias emergentes de remediação baseadas na geração de radicais hidroxila $\Rightarrow \bullet\text{OH}$

Devido à **reatividade** do $\bullet\text{OH}$ frente a inúmeros compostos tóxicos e recalcitrantes, como hidrocarbonetos de petróleo, a **mineralização completa** dos contaminantes pode ser alcançada.

PRINCIPAIS GRUPOS DE COMPOSTOS PARA REMEDIAÇÃO QUÍMICA

1. **Oxidantes/ redutores** (gerar espécies reativas aos contaminantes);
2. **Complexantes** (estabilizar o meio reacional e assegurar o equilíbrio químico);
3. **Condicionantes** (adequar o meio à maior efetividade na descontaminação);
4. **Catalisadores** (aumentar a velocidade das reações);
5. **Polímeros micelares** (depurantes dos processos químicos aplicados).

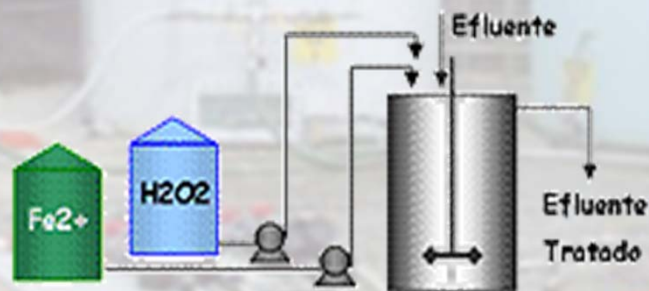
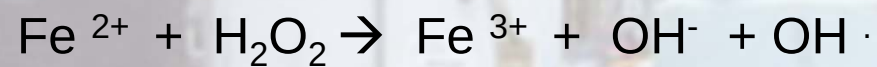
Potenciais de oxidação

POTENCIAIS DE OXIDAÇÃO DOS OXIDANTES MAIS COMUNS	
OXIDANTE	POTENCIAL DE OXIDAÇÃO (V)
Flúor	3,03
Radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$)	2,80
Oxigênio atômico ($\text{O}(1\text{D})$)	2,42
Persulfato	2,10
Ozônio (O_3)	2,07
Peróxido de hidrogênio	1,78
Radical hidroperoxila ($\bullet\text{O}_2\text{H}$)	1,70
Permanganato de Potássio	1,68
Ácido Hipobromoso	1,59
Dióxido de cloro	1,57
Ácido Hipocloroso	1,49
Ácido Hipoiodoso	1,45
Cloro	1,36
Bromo	1,09
Iodo	0,54

Tipos de POA

SISTEMAS HOMOGÊNEOS	COM IRRADIAÇÃO
	O_3/UV
	H_2O_2/UV
	US/UV
	$H_2O_2/Fe^{2+}/H^+/UV$ (Foto-Fenton)
	$H_2O_2/US/UV$
	UV/Vácuo
	SEM IRRADIAÇÃO
	O_3/H_2O_2
	O_3/OH^-
	$H_2O_2/Fe^{2+}/H^+$ (Fenton)
	US
	Oxidação eletroquímica
	Plasma não térmico
SISTEMAS HETEROGÊNEOS	Radiólise
	Feixe de elétrons
	COM IRRADIAÇÃO
	$TiO_2/O_2/UV$
	$TiO_2/H_2O_2/UV$
	SEM IRRADIAÇÃO
	$TiO_2/H_2O_2/O_3$

O Reagente de Fenton



Reagente de Fenton



O reagente de Fenton, que utiliza sais de ferro e H_2O_2 já é uma tecnologia conhecida ([descoberta em 1894](#)).

Esse reagente é um eficiente oxidante de uma grande variedade de substratos orgânicos.



Vantagens de Processos Químicos

- Aplicações:

- ◆ destruição do poluente orgânico;
- ◆ redução da toxicidade;
- ◆ aumento da biodegradabilidade;
- ◆ redução da DQO¹, DBO² e TOC³;
- ◆ remoção da cor e odor.

-
- ¹ DQO: Demanda Química de Oxigênio;
 - ² DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio
 - ³ TOC: Carbono Orgânico Total (*Total Organic Carbon*)

Tecnologias Alternativas

- ✓ Ferro Zero Valente
- ✓ Ozonização (não recomendável para processos in-situ)
- ✗ Surfactantes (“não envolve oxidação!” – *requer muita cautela na utilização*)

Práticas Comuns Indesejáveis

- ❖ Intervenções realizadas por profissionais não capacitados;
- ❖ Campanhas excessivas de monitoramento, por muitos anos sem medidas de remediação;
- ❖ Quantidade excessiva de poços de monitoramento em áreas pequenas.

Tendências observadas

Remediação Ambiental – Processos Químicos

- Abordagem simplista da amostragem às questões relacionadas ao diagnóstico ambiental da fase retida (solo) que não se aplica à realidade;
- Surgimento de um **novο “ciclo”** relacionado à remediação de áreas ***contaminadas advindas de remediações não efetivas***;
- **Especialização** de empresas e profissionais do setor (p.e. ind. automobilística) com ***desenvolvimento das etapas de diagnóstico***;
- Redução da utilização de técnicas físicas/ mecânicas de remediação;
- Tecnologias voltadas para remediação in-situ com processos químicos para remoção da massa dos contaminantes;
- Desenvolvimento de tecnologias específicas por tipo de contaminante;
- Desenvolvimentos estratégicos no mercado ambiental;
- Profissionais especializados em processos químicos de remediação.



www.oxiambiental.com.br

contato@oxiambiental.com.br

(11) 2768-9055

www.oxiambiental.com.br