

# GEOLOGIA AMBIENTAL:

## Tecnologias para o desenvolvimento sustentável - Vol. 1

Eduardo de Lara Cardozo  
(Organizador)



Eduardo de Lara Cardozo  
(Organizador)

**GEOLOGIA AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA O  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

---

Atena Editora  
2017

2017 by Eduardo de Lara Cardozo

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Edição de Arte e Capa:** Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

**Conselho Editorial**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Profª Drª Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Profª Drª Vanessa Bordin Viera (IFAP)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

G345

Geologia ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável /  
Organizador Eduardo de Lara Cardozo. – Ponta Grossa (PR):  
Atena Editora, 2017.

297 p. : 57.346 kbytes – (Geologia Ambiental; v. 1)

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-39-4

DOI 10.22533/at.ed.3940809

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Geologia ambiental. 3. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Cardozo, Eduardo de Lara. II. Título. III. Série.

CDD-363.70

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

E-mail: [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## Apresentação

Notícias como deslizamentos de encostas, regiões alagadas e ocupações irregulares sempre vêm à tona. E quando ocorrem, normalmente trazem junto a esses fatos, prejuízos econômicos e infelizmente anúncios relacionados à perda de vidas.

Alguns exemplos desses processos são recentes, como o caso do deslizamento de uma encosta em Angra dos Reis em 2010, onde houveram vítimas fatais, outro caso que chamou muito a atenção foi o rompimento, em 2015, de uma barragem de rejeitos no município de Mariana (Minas Gerais), bem como alagamentos em várias regiões brasileiras, são frequentemente divulgadas. Questões ambientais que ocorrem naturalmente, porém com o processo de ocupação irregular e degradação pela ação humana, os resultados nem sempre são positivos.

Os artigos aqui apresentados vêm ao encontro de muitos fatos ocorridos e que normalmente atribuímos apenas a questões ambientais. Porém, sabemos que não é bem assim! O deslizamento é um fenômeno comum, principalmente em áreas de relevo acidentado, as enchentes acontecem logo em seguida às chuvas intensas e em grandes períodos. Situações que há milhares de anos vem se repetindo, porém com o processo de urbanização, a retirada da cobertura vegetal, a ocupação de áreas irregulares, a contaminação do solo, a degradação do ambiente, entre vários outros pontos, acaba sendo intensificada pela constante alteração e ocupação desse espaço geográfico.

No primeiro volume da obra **“Geologia Ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável”** são abordadas questões como: análise da suscetibilidade a deslizamentos, avaliação de cenários sob perigo geotécnico, ordenamento territorial, a importância de estudos específicos considerando as complexidades e diversidades dos diferentes contextos, análise do comportamento geomecânico dos maciços rochosos, caracterização química-mineralógica e da resistência ao cisalhamento, estudos de resistência do meio físico em busca de segurança de instalações e a utilização de software no dimensionamento geotécnico aplicado a fundações profundas.

Neste primeiro volume também são contemplados os seguintes temas: análise da evolução da boçoroca do Córrego do Grito em Rancharia-São Paulo, estudos de áreas suscetíveis a ocorrência de inundações, diagnóstico ambiental voltado à erosão hídrica superficial e cartografia geotécnica, erosão e movimento gravitacional de massa, melhoramento fluvial do rio Urussanga - SC objetivando a redução de impactos associados às chuvas intensas, desassoreamento do Rio Urussanga - SC e caracterização do sedimento, potencialidades dos recursos hídricos na Bacia do Córrego Guariroba -MS.

E fechando este primeiro volume, temos os temas ligados ao: uso de tecnologias alternativas para auxiliar no tratamento de águas residuais, gestão de esgotamento sanitário, estudos sobre a contaminação dos solos por gasolina e

descontaminação através de bioremediação, metodologias que determinam a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, mapeamento geoambiental como subsídio à seleção de áreas para implantação de centrais de tratamento de resíduos sólidos, são apresentados.

Diferentes temas, ligados a questões que estão presentes em nosso cotidiano. Desejo uma excelente leitura e que os artigos apresentados contribuam para o seu conhecimento.

Atenciosamente.

*Eduardo de Lara Cardozo*

## SUMÁRIO

**Apresentação.....03**

### CAPÍTULO I

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA SERRAS CRISTALINAS LITORÂNEAS NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU/SC.

*Maurício Pozzobon, Gustavo Ribas Curcio e Claudinei Taborda da Silveira.....08*

### CAPÍTULO II

AValiação DE CENÁRIOS SOB PERIGO GEOTÉCNICO: O CASO DA COMUNIDADE DO MORRO DA MARIQUINHA, FLORIANÓPOLIS-SC.

*Gabriela Bessa, Daniel Galvão Veronez Parizoto, Rodrigo Del Olmo Sato, Nilo Rodrigo Júnior, Murilo da Silva Espíndola e Vítor Santini Müller.....30*

### CAPÍTULO III

AValiação DOS REMANESCENTES FLORESTAIS NA ELABORAÇÃO DE CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO O CASO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO - SP

*Raquel Alfieri Galera, Fernando Cerri Costa e Ricardo de Souza Moretti.....42*

### CAPÍTULO IV

Caracterização E CLASSIFICAÇÃO GEOMEcÂNICA DE MACIÇOS ROCHOSOS COMPOSTOS PELAS PRINCIPAIS LITOLOGIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

*Walter dos Reis Junior e Maria Giovana Parizzi.....57*

### CAPÍTULO V

Caracterização GEOTÉCNICA E MINERALÓGICA DE UMA ARGILA FORMADA SOB ATIVIDADE HIDROTHERMAL

*Marcelo Heidemann, Luiz Antônio Bressani, Juan Antonio Altamirano Flores, Matheus Porto, Breno Salgado Barra e Yader Alfonso Guerrero Pérez.....73*

### CAPÍTULO VI

PROPOSIÇÕES PARA UM CISALHAMENTO DIRETO DE CAMPO: ALTERNATIVA EM MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS.

*Vitor Santini Müller, Nilo Rodrigues Júnior, Murilo da Silva Espíndola, Regiane Mara Sbroglia, Rafael Augusto dos Reis Higashi e Juan Antonio Altamirano Flores.....89*

### CAPÍTULO VII

USO DE MODELO GEOLÓGICO DIGITAL COMO FERRAMENTA DE ORIENTAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO

*Carlos Magno Sossai Andrade, Patrício José Moreira Pires e Rômulo Castello Henrique Ribeiro.....102*

#### CAPÍTULO VIII

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA BOÇOROCA DO CÓRREGO DO GRITO EM RANCHARIA-SP DE 1962 A 2014

*Alyson Bueno Francisco.....118*

#### CAPÍTULO IX

CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NAS MICROBACIAS DO MÉDIO RIO GRANDE

*Eduardo Goulart Collares, Ana Carina Zanollo Biazotti Collares, Jéssica Avelar Silva e Amanda Francieli de Almeida.....126*

#### CAPÍTULO X

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SUPERFICIAL DO MUNICÍPIO DE PACOTI NO ESTADO DO CEARÁ. EROSIVIDADE, ERODIBILIDADE E UNIDADES DE RELEVO PARA GEOTECNIA

*Francisco Kleison Santiago Mota, Jean Marcell Pontes de Oliveira, Naedja Vasconcelos Pontes, César Ulisses Vieira Veríssimo e Sônia Maria Silva de Vasconcelos.....138*

#### CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE AMEAÇAS E DESASTRES NATURAIS NA ÁREA URBANA DE SANTARÉM - PA

*Fábio Ferreira Dourado e Milena Marília Nogueira de Andrade.....160*

#### CAPÍTULO XII

MELHORAMENTO FLUVIAL DO RIO URUSSANGA PERTENCENTE À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, SUL DE SANTA CATARINA

*Sérgio Luciano Galatto, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira, Nadja Zim Alexandre e Vilson Paganini Belletini.....174*

#### CAPÍTULO XIII

METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DO RIO URUSSANGA-SC PARA FINS DE DEPOSIÇÃO

*Nadja Zim Alexandre, Carlyle Torres Bezerra de Menezes, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira e Sérgio Luciano Galatto.....190*

#### CAPÍTULO XIV

POTENCIALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO CÓRREGO GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS

*Giancarlo Lastoria, Sandra Garcia Gabas, Guilherme Henrique Cavazzana, Juliana Casadei e Tamiris Azoia de Souza.....204*

## CAPÍTULO XV

ASPECTOS PRINCIPAIS SOBRE O USO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA AUXILIAR NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

*Bruna Ricci Bicudo, Lígia Belieiro Malvezzi e Edilaine Regina Pereira.....214*

## CAPÍTULO XVI

AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS OPERACIONAIS PRESENTES EM ALGUMAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO CEARÁ

*Thiago de Norões Albuquerque, Tícia Cavalcante de Souza e Wladya Maria Mendes de Oliveira.....225*

## CAPÍTULO XVII

COMPARATIVO DE BIORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR GASOLINA

*Diego Moreira da Silva, Marcela Penha Pereira Guimarães, Raphael Moreira Alves e Francisco Roberto Silva de Abreu.....239*

## CAPÍTULO XVIII

DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO E SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA EM TAQUARUÇU DO SUL - RS

*Gabriel D'Avila Fernandes, José Luiz Silvério da Silva, Willian Fernando de Borba, Lueni Gonçalves Terra, Carlos Alberto Löbler e Edivane Patrícia Ganzer.....251*

## CAPÍTULO XIX

MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO À SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: APLICAÇÃO AO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO - SP

*Hermes Dias Brito, Fábio Augusto Gomes Vieira Reis, Claudia Vanessa dos Santos Corrêa e Lucilia do Carmo Giordano.....263*

***Sobre o organizador.....286***

***Sobre os autores.....287***



## **CAPÍTULO XVII**

### **COMPARATIVO DE BIORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR GASOLINA**

---

**Diego Moreira da Silva  
Marcela Penha Pereira Guimarães  
Raphael Moreira Alves  
Francisco Roberto Silva de Abreu**

## COMPARATIVO DE BIORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR GASOLINA

**Diego Moreira da Silva**

EESC/USP

São Carlos-SP

[eng.laum@gmail.com](mailto:eng.laum@gmail.com)

**Marcela Penha Pereira Guimarães**

Instituto De Pesquisas Tecnológicas De São Paulo – IPT

São Paulo

[marcelappg@ipt.br](mailto:marcelappg@ipt.br)

**Raphael Moreira Alves**

Centro Universitário de Volta Redonda (UniFoa)

[raphaelmoralves@gmail.com](mailto:raphaelmoralves@gmail.com)

**Francisco Roberto Silva de Abreu**

Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA)

[francisco.abreu@foa.org.br](mailto:francisco.abreu@foa.org.br)

**RESUMO:** Este artigo visa comparar experimentalmente solos que sofreram contaminação por gasolina e promover a descontaminação do mesmo através de bioremediação. Em 4 tanques com amostras de solo previamente preparados, fez-se uma simulação de contaminação por gasolina, e após a simulação, aplicou-se a técnica de biorremediação, que consiste na inserção de novos organismos específicos para o problema (Tanque 4). Além disto, também analisou-se a evaporação do combustível no solo esterilizado (Tanque 1), sua decomposição no solo em condições naturais (Tanque 3) e sua decomposição diante de uma bioestimulação (Tanque 4). Durante 6 dias, coletou-se amostras que indicaram as concentrações de gasolina em cada um dos tanques. Em seguida, através de um cromatógrafo, obteve-se a concentração de gasolina nos solos. Os resultados indicam que a evaporação da gasolina no solo foi de 13,94% e o consumo de gasolina pelas bactérias já existentes no solo representou 4,93%. A técnica de bioestimulação com a solução de nutrientes consumiu 20,52% e a técnica de biorremediação que desconsiderando a evaporação representou 80,73% do consumo de gasolina. A partir destes resultados, fica claro que a biorremediação contribui significativamente para a remediação de solos contaminados com gasolina.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biorremediação, Gasolina, Solo e Contaminação.

### 1. INTRODUÇÃO

As reservas provadas de petróleo no mundo atingiram a marca de 1,65 trilhões de barris em 2011, após um aumento de 1,88% em relação a 2010. As Américas do sul e central apresentaram alta de 0,19%, impulsionados pelo Brasil e pela Colômbia, que viram suas reservas crescerem 5,64% e 4,61%. Com este

incremento, em parte devido às descobertas na área do pré-sal, as reservas Brasileiras chegaram a 15,1 bilhões de barris de petróleo, e situou o Brasil na 14ª posição do Ranking Mundial.

Diante destes dados, segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2012), no Brasil existiam 16 refinarias, 54 terminais aquaviários e 33 terminais terrestres, 329 bases de distribuição, 131 distribuidoras, 39.027 postos de revenda e uma comercialização de aproximadamente 309 mil m<sup>3</sup>/dia dos principais derivados de petróleo.

Diante de todos esses dados de produção, a contaminação de águas subterrâneas por vazamentos em postos de combustíveis é uma realidade e a cada dia, vem merecendo cada vez mais atenção tanto da população em geral como dos órgãos estaduais de controle ambiental. Vê-se a necessidade de avaliar o problema e analisar as formas mais adequadas de remediação dos locais contaminados e dar ênfase às ações corretivas baseadas no risco ambiental, ao uso da remediação natural e aos possíveis efeitos que a mistura do etanol à gasolina podem causar em caso de contaminação de aquíferos.

A Biorremediação é o processo pelo qual organismos vivos tais como, microrganismos, fungos, plantas, algas verdes ou suas enzimas são utilizados para reduzir ou remover - remediar - contaminações no ambiente. Utilizando processos biodegradáveis para tratamento de resíduos este processo é capaz de regenerar o equilíbrio do ecossistema original.

Especificamente, a biorremediação atua através da introdução de processos biológicos adicionais para a decomposição dos resíduos que favorecem e incrementam a velocidade do processo natural de degradação.

Como na década de 70 houve um grande aumento do número de postos de gasolina no país, é de se supor que a vida útil dos tanques de armazenamento, que é de aproximadamente 25 anos, tenham chegado ao final, o que, conseqüentemente, pode aumentar a ocorrência de vazamentos nos postos do país.

## **2. OBJETIVO**

O trabalho tem como objetivo fazer um comparativo entre situações de contaminação e biorremediação a fim de promover a descontaminação do solo, dentro dos padrões vigentes da legislação atual, minimizando ao máximo os impactos ambientais que podem ocorrer ao meio ambiente e, conseqüentemente, restabelecer o equilíbrio ecológico do local afetado, utilizando de métodos naturais utilizados para a remediação evitando, assim, problemas secundários.

### 3. METODOLOGIA

#### DADOS PARA O PROJETO PILOTO

O projeto piloto se baseia em um acidente ocorrido em julho de 2006 em Diadema - SP, onde supostamente um posto de combustíveis, operado por uma rede comercial, contaminou o solo com cerca de 200 mil litros de gasolina. A área afetada tem, aproximadamente, 420.000 m<sup>2</sup> e os moradores do local reclamam dos fortes odores de vapor de gasolina que emanam do solo. (Fecombustíveis, 2008)

Levando-se em consideração que as concentrações são maiores quanto mais se aproxima da fonte de contaminação, adotou-se que a área simulada seria de 3300m<sup>2</sup> para um tanque de 0,16 m<sup>2</sup>, com isso tem-se uma proporção de 1:2.000.000. Conseqüentemente, a proporção de combustível injetada no solo segue a mesma proporção, sendo a quantidade de 100mL para o projeto piloto.

A figura 3.1 mostra uma imagem de satélite indicando as áreas contaminadas e consideradas na análise.

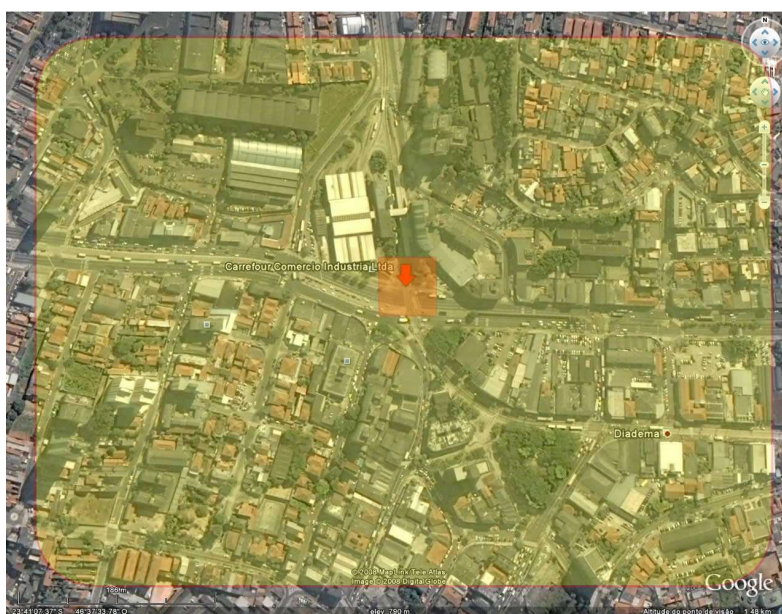


Figura 3.1 – Área de Contaminação em Diadema-SP (Google Earth, 2004)

A marcação em amarelo mostra a área contaminada pelo vazamento, enquanto que, a área em laranja indica os 3300 m<sup>2</sup> em torno do foco de vazamento. Considerando esta como uma zona altamente saturada de gasolina, a concentração pode ser dada como uniforme devido a poucas variações nesta pequena área.

## IDENTIFICAÇÃO E PREPARAÇÃO DO SOLO

Para identificação do tipo de solo utilizado, foi seguido a ABNT NBR7181/84. O resultado da análise Granulométrica do solo encontra-se na figura 3.2.

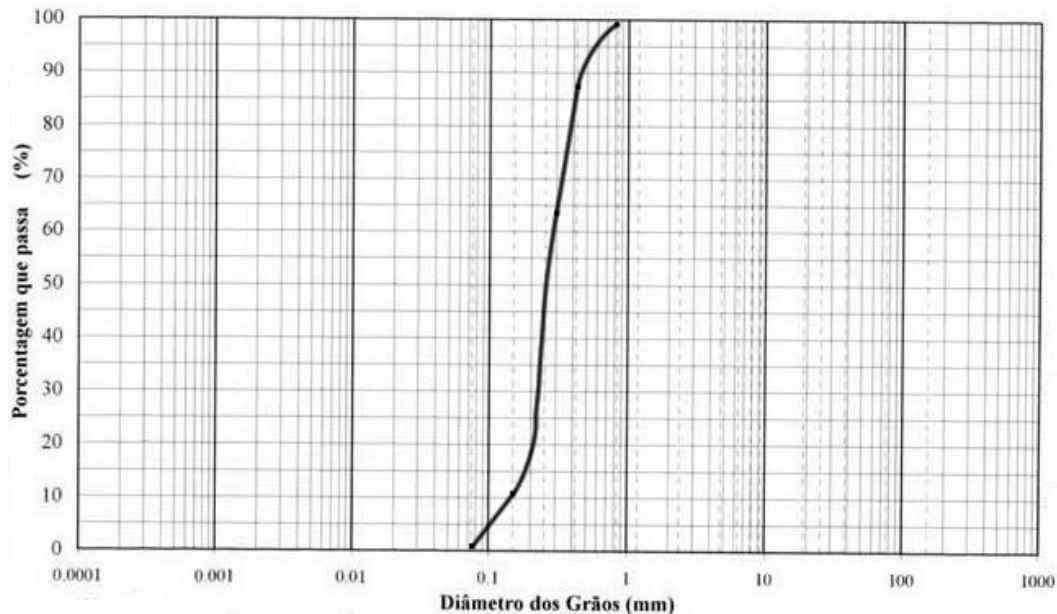


Figura 3.2 - Curva Granulométrica do Solo

Diante dos resultados no gráfico, observa-se que a predominância do solo é de areia fina, com uma pequena porcentagem de areia média.

Em seguida foi feita a determinação da umidade do solo, para isso pesou-se uma porção de solo o qual foi submetido à estufa por 24 horas a 150°C. Considerando a densidade da água igual a 1 kg/L, conclui-se que subtraindo a massa de solo inicial pela final obtêm-se a massa de água perdida por evaporação, portanto, a relação de quantidade de água por porção de solo. A importância da determinação da umidade advém de que quando se esteriliza o solo, ele perde sua umidade, então, é necessário retornar a mesma, utilizando água destilada para não haver contaminação.

## DEFINIÇÃO DO SOLVENTE PARA ARRASTE

Para definir qual o melhor solvente de arraste da gasolina no solo, foi necessário fazer testes no cromatógrafo. A finalidade destes testes foi identificar qual solvente de alta massa molecular faria o arraste sem que sua curva no cromatograma se sobrepusesse à gasolina. Primeiro foi traçada a curva da gasolina usada como contaminante do solo no piloto. A figura 3.3 mostra o cromatograma encontrado.

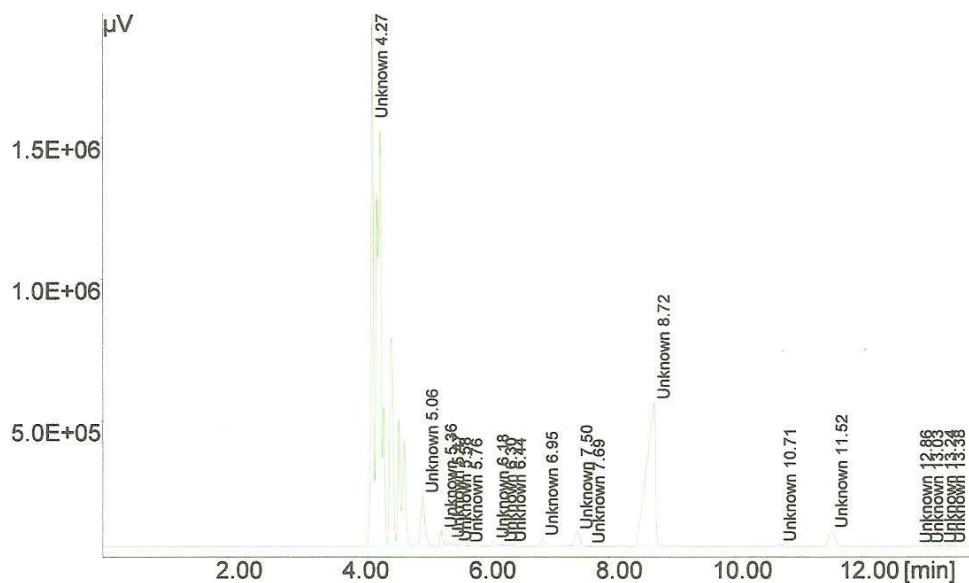


Figura 3.3 – Cromatograma da gasolina utilizada

Observado o cromatograma pode-se concluir que a gasolina tem seu pico em, aproximadamente, 4 minutos. Os picos seguintes são outros compostos não identificados, presentes na gasolina, e o pico logo após os 8 minutos é o etanol, que é misturado à gasolina.

A partir desses dados, se fez necessário a identificação de um solvente cujo pico não se encontrasse próximo ao tempo de identificação da gasolina. Os solventes utilizados para o teste foram o Éter de Petróleo (Figura 3.4), I-Octano (Figura 3.5) e Xileno (Figura 3.6).

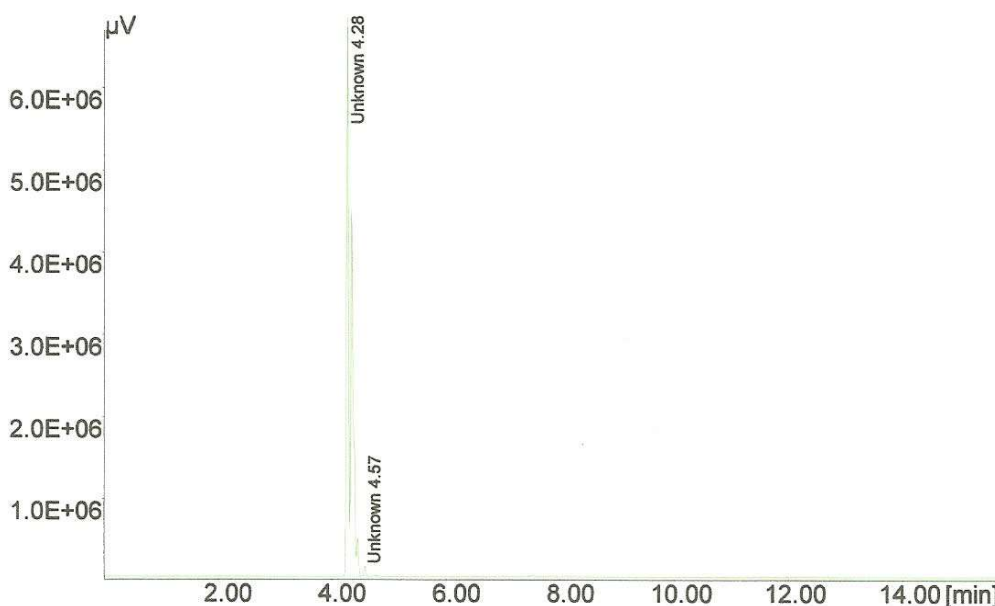


Figura 3.4 – Cromatograma o Éter de Petróleo.

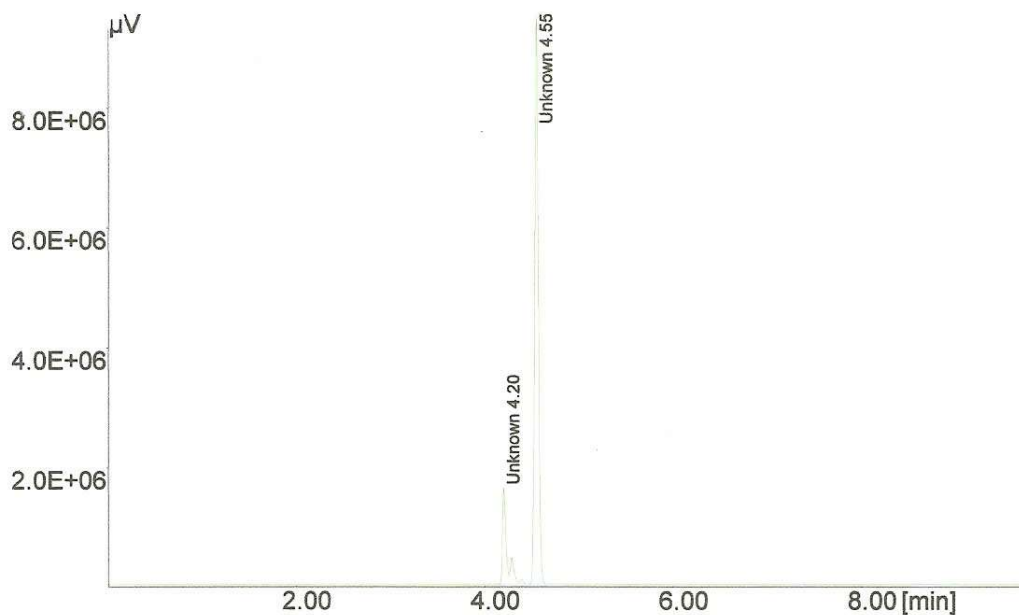


Figura 3.5 – Cromatograma do 1-octano

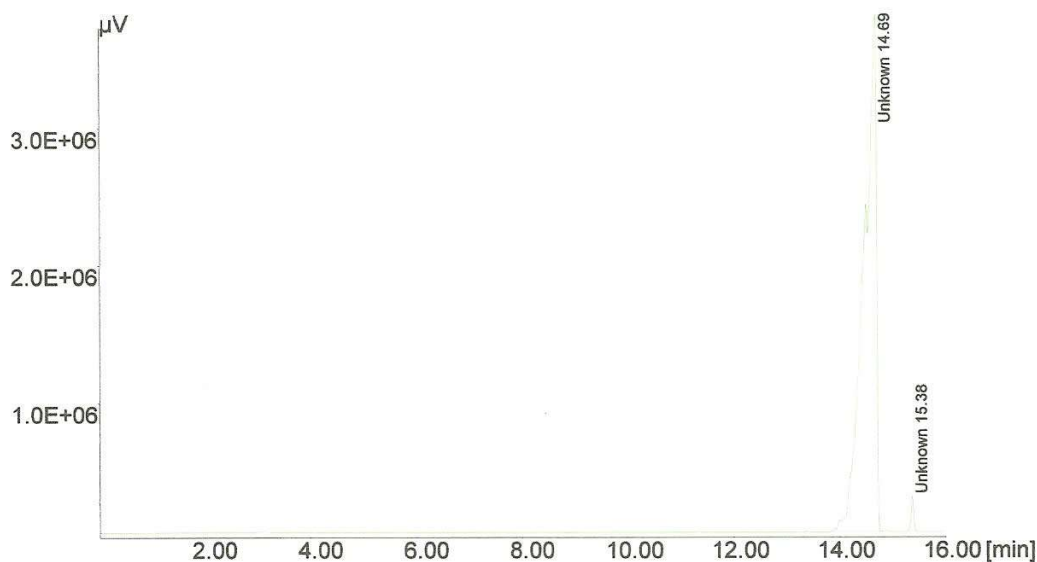


Figura 3.6 - Cromatograma do Xileno

Diante de tais resultados, fica claro que tanto o Éter de Petróleo quanto o 1-octano tem seus picos de caracterização muito próximos dos 4 minutos e, portanto, poderiam ser facilmente confundidos com o pico da gasolina. O pico do Xileno se mostrou em 14 minutos, o que o fez ser o melhor solvente para o experimento.

### DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO

Após a escolha do solvente de arraste, cada um dos 4 tanques foi preenchido com 48 litros do solo selecionado.



O primeiro tanque (Tanque 01) recebeu solo esterilizado em estufa a 150 °C por 24 horas e posteriormente devolvida sua umidade original. Neste tanque foi feito a medição da quantidade de gasolina que se desprende do solo por evaporação.

O segundo tanque (Tanque 02) recebeu o solo natural, isto é, recebeu o solo coletado sem nenhum tipo de alteração. Este demonstrou que a quantidade de gasolina pode ser degradada com as bactérias já presente em um solo em que nunca houve esse tipo de contaminação.

O terceiro tanque (Tanque 03) recebeu o solo em estado natural e foi injetado 1mL de uma solução de nutrientes, composta de 5% de Ca, 2% de K, 2% de Mg, 0,02% de Cu, 0,01% de Zn, 0,01% de Mn e 3% de P.

O quarto tanque (Tanque 04) recebeu o solo em estado natural e 1mL de lodo de um pequeno corpo d'água que sofreu contaminação por gasolina.

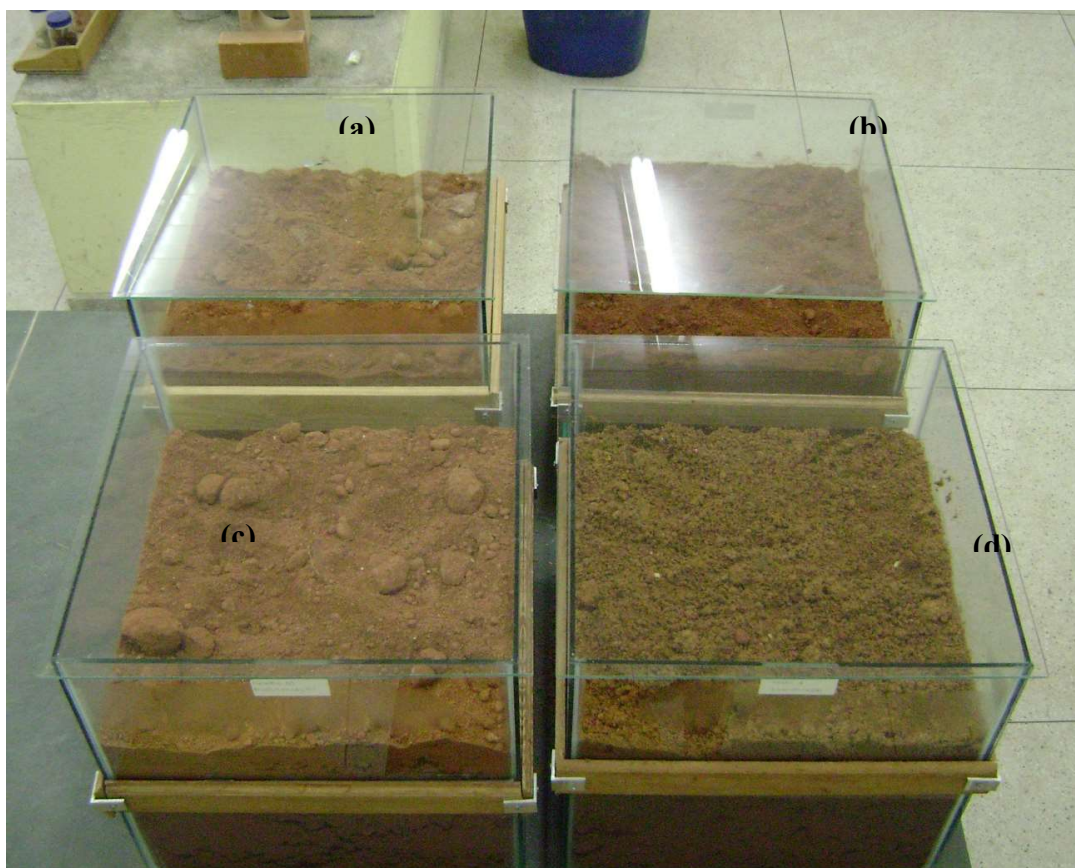


Figura 3.7 Foto dos tanques ensaiados

A figura 3.7 mostra os tanques que foram ensaiados, os quais estão dispostos da seguinte forma: (a) Tanque 01, (b) Tanque 02, (c) Tanque 03 e (d) Tanque 04.

A figura 3.8 mostra a localização aérea do corpo d'água que deu origem ao lodo, o qual está situado no município de Pinheiral, RJ.



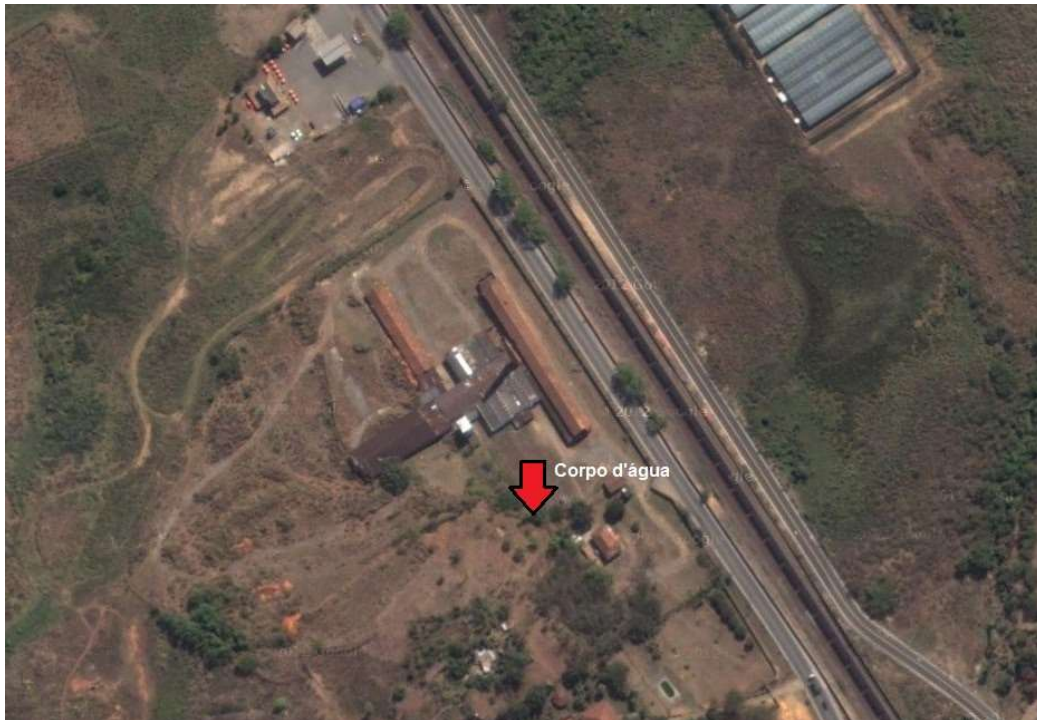


Figura 3.8 - Corpo d'água de origem do lodo (Google Earth, 2013).

A injeção de contaminantes e nutrientes foi feita através de um tubo de vidro cravado no solo a uma profundidade de 10cm. Este valor se baseia nos tanques de postos de gasolina que se encontram em até 10m de profundidade, obedecendo, então, a uma proporção de 1:100.

O procedimento de coleta de amostras consistiu em coletar 50g do solo contaminado, coloca-lo num balão de separação (destilação) juntamente com 50mL de xileno e agitá-lo. Após 2 minutos de agitação, a solução foi passada por papel filtro com sulfato de sódio anidro, afim de, remover a água. A solução filtrada foi coletada em frascos e levada ao cromatógrafo, obtendo-se, então, os gráficos de resultados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 encontram-se os resultados da concentração da gasolina no solo representada em porcentagem em meio ao solvente de arraste e outras substâncias da própria gasolina.

	1º Dia	2º Dia	3º Dia	4º Dia	5º Dia	6º Dia
Tanque 01	0,165%	0,160%	0,158%	0,155%	0,151%	0,142%
Tanque 02	0,159%	0,151%	0,148%	0,142%	0,138%	0,129%
Tanque 03	0,177%	0,169%	0,160%	0,152%	0,141%	0,116%
Tanque 04	0,169%	0,152%	0,131%	0,092%	0,024%	0,009%

Tabela 1 - Resultados da Concentração da Gasolina no Solo

Estes valores representam a porcentagem de gasolina dentro da solução composta pelo solvente de arraste e outros contaminantes possíveis presentes no solo. Como o objetivo do estudo foi comparar a decomposição da gasolina no decorrer dos dias, foram considerados somente os valores obtidos pela gasolina nos cromatogramas, como mostra a tabela 1.

Considerando somente a gasolina, no primeiro dia ter-se-ia uma concentração de 100%, logo pode-se acompanhar a decomposição da gasolina no solo considerando os resultados encontrados na tabela 1, conforme exposto na tabela 2.

	1º Dia	2º Dia	3º Dia	4º Dia	5º Dia	6º Dia
Tanque 01	100%	96,97%	95,76%	93,94%	91,52%	86,06%
Tanque 02	100%	94,97%	93,08%	89,31%	86,79%	81,13%
Tanque 03	100%	95,48%	90,40%	85,88%	79,66%	65,54%
Tanque 04	100%	89,94%	77,51%	54,44%	14,20%	5,33%

Tabela 2 - Concentração da Gasolina no Solo

Observando os dados acima, nota-se claramente que durante os 06 dias que compreenderam entre 07 de Outubro de 2008 à 12 de Outubro de 2008, a diminuição de concentração de gasolina no solo por evaporação foi de 13,94%.

O consumo de gasolina pelas bactérias já existentes no solo representou 4,93% durante o período.

As mesmas bactérias diante da bioestimulação com a solução de nutrientes consumiu 20,52% do combustível. A inserção de nutrientes no solo conseguiu aumentar o consumo em 416,23% em relação ao Tanque 02, o que representa um grande ganho na decomposição total.

Por último, o Tanque 04 que recebeu o lodo com bactérias ativas, representou um grande nível de decomposição, que desconsiderando a evaporação representou 80,73%. O Ganho em relação ao Tanque 03, somente com nutrientes, foi de 393,42% e com relação ao solo em condições naturais, Tanque 02, de 1637,53%.

## 5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos no experimento, fica claro que a inserção de bactérias específicas no solo contribui significativamente para a remediação de solos contaminados com gasolina. Os resultados demonstram que a bioaugmentação fez com que a decomposição de gasolina superasse a decomposição no solo *in natura* em mais de 16 vezes, quase que eliminando o contaminante completamente em 06 dias. Este processo pode ser aplicado em grandes áreas respeitando uma escala próxima a utilizada.

Este método natural de remoção de gasolina do solo, portanto, é altamente efetivo e associado a um baixo custo principalmente por parte dos compostos

utilizados, sendo que o composto ativo é algo disponível na natureza.

Sugere-se o uso de lodos retirados de locais onde já existiu contaminação por gasolina, pois, nestes locais existem bactérias da própria natureza que são específicas para decomposição deste composto, obtendo, assim, uma redução de gasolina do local contaminado muito mais rápido.

Também é aconselhável a inserção de um mix de nutrientes como o utilizado no piloto, a fim de, suprir a possível carência dos mesmos no solo contaminado, assegurando o desenvolvimento bacteriano no local com maior eficiência no processo.

## **AGRADECIMENTOS**

Este artigo foi originalmente publicado no 15° Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, promovido pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) a quem agradecemos a gentileza da autorização para esta republicação.

Os autores gostariam de agradecer ao Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) por ceder os laboratórios e o auxílio dos técnicos de laboratório, e em especial ao professor Anderson Gomes, pois sem seu auxílio e o espaço cedido pela UniFOA este artigo não seria possível.

## **REFERÊNCIAS**

ANP (2012). **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**

BORGES, Andrea Ferreira; BARROSO, E. V. **Análise da utilização de geofísica e biorremediação em problemas de contaminação de solo e água subterrânea.** Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ, Rio de Janeiro, v. 20, p. 107-142, 1997.

BOULDING, J. R. **Practical handbook of soil, vadose zone, and ground-water contamination.** Assessment, prevention, and remediation. Boca Raton: Lewis, 948p., 1995.

GUERRA, R. C.; ANGELIS, D. F. **Classificação e biodegradação de lodo de estações de tratamento de água para descarte em aterro sanitário.** Arquivos do Instituto Biológico, v. 72, p.87-91, 2005.

PALMA, J. B.; ZUQUETTE, L. V. **Principais técnicas de remediação – importância dos atributos geológico-geotécnicos.** Geociências, v. 17, p. 559-590, 1998.

RISER-ROBERTS, E. **Bioremediation of petroleum contaminated sites.** Boca Ratón,

FL. CRC Press, 1992.

UNTERMAN, R. **A history of PCB biodegradation**. Em: CRAWFORD, R. L., CRAWFORD, D. L. (eds.). *Bioremediation: Principles and Applications*. University Press, Cambridge p. 209–253, 1996.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-93243-39-4



9 788593 243394