



Universidade Federal do Rio de Janeiro

INSTITUTO DE QUÍMICA

**UM ESTUDO SOBRE BIORREMEDIAÇÃO: UMA PROPOSTA DE
CIÊNCIA A SER LEVADA À SALA DE AULA**

CLAUDIA AFFONSO BARROS

DRE: 103163785

Monografia apresentada ao final do curso
de Licenciatura em Química da
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como requisito final à obtenção do título de
Licenciado em Química, sob a orientação da
Prof^a Cássia Curan Turci e
Dra. Judith Liliana Solórzano Lemos

Rio de Janeiro, dezembro de 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE QUÍMICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

CURSO: Licenciatura em Química

LICENCIANDA: Claudia Affonso Barros

ORIENTADORAS: Profa. Cássia Curan Turci (IQ/UFRJ)

Dra. Judith Liliana Solórzano Lemos (CETEM)

TÍTULO DA MONOGRAFIA: UM ESTUDO SOBRE BIORREMEDIAÇÃO:
UMA PROPOSTA DE CIÊNCIA A SER LEVADA À SALA DE AULA

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Cássia Curan Turci
(Orientadora – IQ UFRJ)

Dra. Judith Liliana Solórzano Lemos
(Orientadora - CETEM)

Prof. Joab Trajano Silva (IQ – UFRJ)

Prof. Roberto Marchiori (IQ – UFRJ)

Prof^ª. Denise M.G. Freire (IQ – UFRJ)

Rio de Janeiro, dezembro de 2007.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo;

A minha mãe pela dedicação, apoio e força;

Ao meu pai, já desencarnado, mesmo não estando aqui comigo;

A minha irmã, pela sua ajuda para com os meus estudos e por acreditar em mim;

Ao meu namorado, pelas horas de ausência e pelas horas de estresse;

A toda a minha família e amigos pelo incentivo;

Ao grupo de Biorremediação do CETEM, Sabrina, Yaci e Marion

Ao CETEM e à todos que indireta ou indiretamente me ajudaram;

As minhas queridas orientadoras Judith Liliana S. Lemos, do CETEM e Cássia Curan Turci, do IQ/UFRJ, pelo auxílio neste trabalho;

A Embrapa, na pessoa do doutor Gustavo Saavedra, pelo fornecimento da Biomassa para o desenvolvimento do trabalho realizado no CETEM e conseqüentemente para a realização desta monografia;

A Petrobras pelo fornecimento do petróleo e do solo utilizados neste trabalho.

Resumo

A sociedade hoje é mais consciente de que “o planeta” tem um limite para assimilar a poluição e os rejeitos, portanto, é essencial adotarmos uma postura ambiental que possibilite a redução e a dispersão de substâncias tóxicas.

Assim, surge dentro da escola, um tema que leva tanto os docentes como os alunos a trabalharem juntos de uma forma contextualizada e interdisciplinar: a educação ambiental. Para promover a discussão nas salas de aula à respeito da preservação da natureza e da remediação dos impactos ambientais, o professor deve atuar como um facilitador no processo de ensino-aprendizagem, inserindo temas pertinentes e atuais no programa tradicional da disciplina. Dessa forma, o professor de química deve buscar meios para que o aprendizado da área ambiental ocorra da maneira mais didática possível, através de aulas experimentais, relacionando a química com o cotidiano bem como levando à sala de aula a interdisciplinaridade, já citada anteriormente. Sabe-se que o conhecimento do conteúdo de Química para o Ensino Médio não é suficiente para o enfoque da educação ambiental, sendo necessário, portanto, estabelecer interações com outras disciplinas e docentes. Então, pode-se levar à escola temas abrangentes e, às vezes, complexos, como a biorremediação, conhecido processo de tratamento biológico para recuperação de áreas degradadas

A biorremediação de solos contaminados por petróleo tem se constituído em um meio para reduzir os efeitos causados pela poluição. A utilização de microorganismos nativos do sistema contaminado e o uso conjunto da fibra da casca de coco como matriz de suporte é uma proposta que pode contribuir na otimização do processo biológico minimizando o impacto ambiental. Por outro lado, o emprego da casca de coco está relacionado ao fato de

servir-se da mesma como material estruturante, pois tende a melhorar a aeração do solo, o que favorece a oxigenação e incrementa a atuação dos microorganismos aeróbios. Assim, a biorremediação, tema atual e desafiador, pode ser tratada de forma contextualizada e multidisciplinar em da sala de aula.

A experiência adquirida em uma iniciação científica, bem como as pesquisas em química ou em outras áreas de conhecimento, devem ser levadas ao cotidiano escolar. Isso, sem dúvida, enriquecerá os conteúdos abordados. Um assunto complexo, abordado de forma simples, mostra o que o desenvolvimento da ciência pode melhorar a vida no nosso planeta, através do conhecimento, discussão e reparação das ações antrópicas prejudiciais à natureza.

ÍNDICE	PÁGINA
Resumo	04
Capítulo I – Considerações Gerais	
1.1- Introdução	09
1.1.1– Tendências pedagógicas na educação em ciências	11
1.2– Objetivos	12
Capítulo II – Ações pedagógicas	
2.1 – Aprendendo a ensinar	14
2.2 – Ensinando com interdisciplinaridade	18
2.3 – Como iniciar o processo interdisciplinar	19
Capítulo III – Ações desenvolvidas no laboratório e propostas para o ensino em química	
3.1 – Introdução	21
3.2 – Embasamento Teórico da Pesquisa em questão	21
3.2.1 – Solo	23
3.2.2 – Petróleo	28
3.2.3 – Tipos de remediação de um solo impactado por petróleo	32
3.1.3.1 – Biorremediação	33
3.1.3.1.1 – Metabolismo Microbiano	35
3.1.3.1.2 – Fungos	36
3.2.4 – Fibra da casca de coco	38

3.3 – Métodos Experimentais	
3.3.1 – Solo	40
3.3.2 – Ensaio em microcosmos	41
3.3.3 – Fibra da casca de coco	42
3.3.4 – Microorganismos (Fungos)	43
3.3.5 – Análise Cromatográfica de CO ₂ gerado	44
3.3.6 – Resultados e Conclusões	44
3.4 – Propostas de atividades na sala de aula relacionadas ao trabalho científico	
3.4.1 – Introdução	48
3.4.2 – O solo na sala de aula	48
3.4.3 – O petróleo na sala de aula	49
3.4.4 – Material estruturante na sala de aula	50
3.4.5 – Microorganismos na sala de aula	50
3.4.2 – Discussões em sala de aula sobre os temas abordados	51
Propostas de conteúdos de Química	52
Proposta de exercícios de Química	53

Capítulo IV – Conclusões	54
Referências Bibliográficas	57
Anexo I – Matéria – Bactérias do Bem	62
Anexo II - Proposta de trabalho em grupo.....	64
Anexo III – Fotos Maquetes sobre Biorremediação.....	65

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 - Introdução

Segundo Franco (2003) a preservação do meio ambiente não é, como muitos pensam, um movimento recente de conscientização popular, nem um modismo científico. Historicamente, a preocupação com a preservação ambiental surgiu, conjuntamente, com a devastação ambiental. Não foi, porém, senão na década de 60, graças à mobilização popular e o apoio dos meios de comunicação, que o assunto atingiu proporções globais, entrando nos lares e fazendo com que matérias aparentemente complexas, tais como o uso de agrotóxicos ou a contaminação por mercúrio, fossem tratadas com familiaridade até mesmo por leigos.

Os professores do ensino médio podem fazer a sua parte, iniciando a conscientização dos alunos para os problemas ambientais e mostrando a importância de algumas disciplinas no entendimento, questionamento e solução de alguns problemas que vivemos atualmente.

A Educação é a base para o desenvolvimento de um país, pois através dela as pessoas adquirem subsídios para exigir os seus direitos e cumprir os seus deveres, ou seja, as pessoas têm condições de desempenhar o seu papel de cidadão. É a participação cidadã que surge para

contribuir na solução de problemas ambientais e na proposta de conviver em sociedade e com a natureza.

Uma das características mais importantes apresentadas pela química, e talvez a que possa tornar essa ciência mais palpável, é o fato de vários fenômenos apresentados pela natureza serem, em sua essência, química básica. A química é ciência central para manter a qualidade de vida da humanidade em termos tais como alimentos, segurança ambiental, longevidade, conforto, higiene e saúde. No entanto, também não devemos esquecer que o homem escolheu um meio de vida com muitas facilidades e se recusa a abrir mão desses confortos. Assim sendo, esta destacada ciência está, freqüentemente, associada a problemas ambientais, poluição, contaminações, riscos para a saúde e outros.

Quando se trata em discutir química ambiental, é necessário lembrar que a linguagem deve ser aplicada de forma a minimizar a dificuldade de entendimento dos conteúdos, ou seja, a linguagem utilizada deve ser adequada e levar em consideração o grau de escolaridade do ouvinte.

Neste ponto percebe-se a importância da Química no Cotidiano. Através de exemplos práticos, co-relacionando temas científicos com dados da vida real, pode-se esperar o despertar do interesse pela química como ciência, presente no dia-dia. É importante mostrar a todos que pequenas mudanças em nossos hábitos podem fazer uma diferença verdadeiramente importante na proteção à natureza. (FRANCO, 2003).

Além disso, o mundo atual exige mais do que a interpretação das informações. Não é suficiente para a formação da cidadania o conhecimento de fatos químicos e suas interpretações. É preciso exercer a cidadania.

Os conhecimentos adquiridos exigem, por exemplo, reconhecer o papel da Química nos limites éticos e morais envolvidos no seu desenvolvimento, apontando a importância do

emprego de processos industriais ambientalmente limpos, controle e monitoração da poluição e divulgação pública de índices de qualidade ambiental. Deve-se considerar ainda a enorme quantidade de informações atualmente disponíveis, relativas aos conhecimentos sugeridos no estudo das interações homem-meio ambiente (FRANCO, 2003).

O trabalho de iniciação científica que foi desenvolvido no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), levou-nos a utilizar o tema da presente monografia, a biorremediação de solos impactados por petróleo, em sala de aula. Em feiras de ciências, tais como a Semana Nacional de Ciência Tecnologia, realizada anualmente em todo o Brasil, os alunos entusiasmam-se com a abordagem científica de assuntos relacionados ao meio ambiente. Isso é particularmente observado quando se faz uso de apresentação de maquetes, mini réplicas, entre outros. Neste contexto a Biorremediação é um assunto perfeito para isso.

1.1.1- Tendências pedagógicas na educação em ciências

A educação em ciências, nos dias de hoje, não pode mais se ater ao contexto estritamente escolar. Essa afirmação, cada vez mais presente entre educadores em ciências, enfatiza o papel de espaços de educação não-formal, como museus de ciência e tecnologia, para a alfabetização científica dos indivíduos e a interação com o meio e a sociedade. Hoje em dia tem surgido uma nova tendência pedagógica com um caráter progressista, que traz como ponto forte a dimensão político-social. A pedagogia progressista libertadora de Paulo Freire (BEISIEGEL, 1982) concebe a construção do conhecimento realizada pelo diálogo entre educadores-educandos, mediada pela realidade concreta em que vivem. Assim, os conteúdos são extraídos e apreendidos dessa realidade, estudados e novamente retornados à mesma, no sentido de transformá-la. No Brasil, essa tendência foi responsável pelo movimento social

denominado educação popular, voltado para as camadas sociais menos favorecidas economicamente.

As linhas de pesquisa que resgatam a dimensão social da educação em ciências inspiradas, por exemplo, em Paulo Freire, consideram importante a leitura do mundo pelos educandos, sugerindo uma disponibilidade para o diálogo entre educadores e educandos sobre conteúdos científicos, dinâmicos e concretos, que venham a contribuir para a mudança da realidade social.

A instituição escolar deve desempenhar um papel importante na vida dos alunos e na sociedade em geral. O processo ensino-aprendizagem nela realizado não deve se limitar aos acontecimentos e objetivos da própria escola. Nelas, o ensino de ciências deve ir além do entendimento dos seus conteúdos disciplinares e do processo da construção do conhecimento científico, voltando-se também para os aspectos relacionados ao uso que os alunos farão desse conhecimento. Os resultados científicos e tecnológicos são respostas às exigências sociais. A escola deve, portanto, desempenhar um papel que prepare cidadãos capazes de participar de forma mais consciente das discussões relativas ao seu bem estar social. É isto que pretendemos iniciar com este trabalho: através dos conceitos em química e prática de atividades ambientais, estabelecer com o aluno uma relação que venha a contribuir para a mudança da sua realidade social.

1.2– Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é levar à sala de aula um tema científico, da área ambiental, como a biorremediação, de forma contextualizada, para se trabalhar interdisciplinarmente.

Com a biorremediação, o aluno pode discutir questões sobre:

- materiais estruturantes, tais como a casca de coco. Como poderemos minimizar esses rejeitos e/ou o que fazer para a sua reutilização;
- petróleo, sua constituição química e o que a ciência vem trabalhando para remediar áreas contaminadas por ele;
- tipos de solo, suas constituições químicas, entre outros;
- microorganismos do próprio solo e questões multidisciplinares.

Esses temas, abordados a partir de um tema complexo e científico, pode levar o aluno a aprender mais sobre a conservação da natureza e incitá-lo a buscar soluções para os problemas do meio ambiente.

CAPÍTULO II

AÇÕES PEDAGÓGICAS

2.1 – Aprendendo a ensinar

A formação docente dá-se em processo permanente e contínuo: é imprescindível, principalmente no que diz respeito às atualizações conteudísticas e prática pedagógica. O modelo usual de formação docente nos cursos de licenciatura é calcado na racionalidade técnica. Assim, os currículos de formação profissional tendem a separar o mundo acadêmico do mundo da prática. Este modelo concebe e constrói o professor como técnico, pois entende a atividade profissional como essencialmente instrumental dirigida para a solução de problemas mediante a aplicação de teorias e técnicas. No entanto, esta formação é pouco efetiva, pois os problemas nela abordados são abstraídos das circunstâncias reais,

constituindo-se em problemas ideais e que não se aplicam às situações práticas, instaurando-se o distanciamento entre teoria e prática (FRANCO, 2003).

Um professor de química deve ser capaz de ensinar rompendo as barreiras rígidas das várias áreas de química (inorgânica, orgânica, físico-química, bioquímica, analítica, etc.), contextualizando os temas a serem tratados em termos sociais e econômicos, e articulando teoria e experimentação. Para isso é necessário que, além de um bom domínio do conhecimento químico, o docente saiba também tornar o conhecimento passível de ser aprendido por jovens.

Na escola, de modo geral, o indivíduo interage com um conhecimento essencialmente acadêmico, principalmente através da transmissão de informações, supondo que o estudante, memorizando-as passivamente, adquira o “conhecimento acumulado”. A promoção do conhecimento químico em escala mundial, nestes últimos quarenta anos, incorporou novas abordagens, objetivando a formação de cidadãos mais conscientes. Apesar disso, no Brasil, a abordagem de Química escolar continua praticamente a mesma. Embora às vezes “maquiada” com uma aparência de modernidade, a essência permanece a mesma, priorizando-se as informações desligadas da realidade vivida pelos alunos e pelos professores. O conhecimento especializado, o conhecimento químico isolado, é necessário, mas não suficiente para o entendimento do mundo físico, pois não é capaz de estabelecer explícita e constantemente, por si só, as interações com outros subsistemas.

Alunos com diferentes histórias de vida podem desenvolver e apresentar diferentes leituras ou perfis conceituais sobre fatos químicos, que poderão interferir nas habilidades cognitivas. O aprendizado deve ser conduzido levando-se em conta essas diferenças.

Para combinar a visão sistêmica do conhecimento e a formação da cidadania no ensino de Química, há a necessidade de se reorganizar os conteúdos químicos atualmente ensinados, bem como a metodologia empregada.

Em um primeiro momento, utilizando-se a vivência dos alunos e os fatos do dia-a-dia, a tradição cultural, a mídia e a vida escolar, busca-se reconstruir os conhecimentos químicos que permitiriam refazer essas leituras de mundo, agora com fundamentação também na ciência. Buscam-se, enfim, mudanças conceituais. Nessa etapa, desenvolvem-se “ferramentas químicas” mais apropriadas para estabelecer ligações com outros campos do conhecimento, podendo se iniciar a interdisciplinaridade.

É importante apresentar ao aluno fatos concretos, observáveis e mensuráveis, uma vez que os conceitos que o aluno traz para a sala de aula advêm, principalmente, de sua leitura do mundo macroscópico. É importante salientar que o ensino de química visa, principalmente, contribuir para a formação da cidadania, permitindo o desenvolvimento de conhecimentos e valores que possam servir de instrumentos mediadores da interação do indivíduo com o mundo. É preciso fazer a educação científica correta, crítica e realista para assim contribuir para superação de desafios colocados.

Hoje em dia, detecta-se uma nova concepção para a construção do saber científico.

“O saber organizado como ciência gerou ou trouxe explicações para o saber tecnológico e, muitas vezes, o saber tecnológico antecedeu o saber científico organizado. Observam-se como os saberes científico e tecnológico contribuíram para a sobrevivência do ser humano” (CHASSOT, 2000).

As reflexões epistemológicas devem contemplar, de forma específica, o conhecimento químico produzido, como sistema conceitual coerente e com poder de agir sobre o mundo concreto para modificá-lo e recriá-lo. Um conhecimento que modifique de tal forma a

natureza, o homem e as relações sociais e estabeleça que é importante que as reflexões privilegiem a perspectiva da sociedade mais ampla, sem esquecer, no entanto, a perspectiva da comunidade científica.

“A mensagem importante para a educação é que não somente a prática e a lógica do método direcionam a construção do conhecimento, mas, também, sua sociologia e sua psicologia” (SOLOMON *et al*, 2000).

No que diz respeito ao processo informativo, o mundo atual exige mais do que a interpretação das informações. Exige também competências e habilidades ligadas ao uso dessas interpretações nos processos investigativos de situações problemáticas, objetivando resolver ou minimizar tais problemas.

Na interpretação do mundo através das ferramentas da Química, é essencial que se explicita seu caráter dinâmico. Assim, o conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim uma construção da mente humana, em contínua mudança.

Ao abordar um tema que permita a contextualização do conhecimento, mais do que fonte desencadeadora do conhecimento específico é preciso que ele seja visto como instrumento para uma primeira leitura integrada do mundo com as lentes da Química. Este parece ser um dos objetivos do PCN¹.

Tratados dessa forma, os conteúdos ganham flexibilidade e interatividade, deslocando-se do tratamento usual que procura esgotar um a um os diversos “tópicos” da Química, para o tratamento de uma situação - problema, em que os aspectos pertinentes do conhecimento químico, necessário para a compreensão e a tentativa de solução, são evidenciados.

¹ Os parâmetros curriculares nacionais (PCN), estão organizados de acordo com os níveis educacionais propostos pela LDB – Lei das diretrizes e bases da educação – e constituem um referencial para a educação em todos os níveis de ensino, em todo o país. Podem funcionar como elemento catalisador de ações em busca de melhoria na qualidade da educação brasileira, desde que sejam tomados como objeto de discussão e não como prescrição imposta por autoridades aos educadores.

É preciso que se desenvolvam também habilidades e competências para identificar fontes de informação e de formas de obter informações relevantes em Química, sabendo interpretá-las não só nos seus aspectos químicos, mas considerando também as implicações sociais, políticas, culturais e econômicas.

No processo coletivo da construção do conhecimento em sala de aula, valores como respeito pela opinião dos colegas, pelo trabalho em grupo, responsabilidade, lealdade e tolerância têm que ser enfatizados, de forma a tornar o ensino de Química mais eficaz, assim como para contribuir para o desenvolvimento dos valores humanos, objetivos concomitantes do processo educativo.

Enfim, as competências e habilidades cognitivas e afetivas desenvolvidas no ensino de Química deverão capacitar os alunos a tomarem suas próprias decisões em situações problemáticas, contribuindo assim para o desenvolvimento do educando como pessoa humana e como cidadão (FRANCO, 2003).

2.2 – Ensinando com interdisciplinaridade

O desafio do tratamento interdisciplinar, na abordagem das questões ambientais, coloca-se, efetivamente, frente à complexidade da problemática ambiental.

A questão ambiental, na verdade, diz respeito ao modo como a sociedade se relaciona com a natureza. Assim, a questão ambiental coloca a necessidade de uma maior reflexão sobre o seu lugar no campo do conhecimento, não podendo ser reduzida ao campo específico de uma única ciência, ela convoca a depor diversos campos do saber (GONÇALVES, 1996).

É preciso saber diferenciar ações interdisciplinares, no universo de pesquisa ou de conhecimento.

O resultado de um trabalho interdisciplinar aparecerá como um somatório de enfoques individuais de cada disciplina, que nesse cruzamento adquire qualidades novas. O trabalho interdisciplinar é constituído sobre e a partir das análises empreendidas pelas várias ciências. Desta forma, não prescinde dos conhecimentos particulares, mas alimenta-se deles. Na verdade, o recorte temático de tais trabalhos cria novos objetos, ao inaugurar novas formas de abordar a realidade (OLIVEIRA, 1996).

A introdução da temática ambiental nas diferentes disciplinas não deve ocorrer como imposição de algo externo ao domínio de seus conteúdos. Pelo contrário, abordagens da questão em pauta devem ser buscadas, no caso específico da biorremediação, por meio da análise de cada disciplina, à luz dos conceitos usualmente empregados em seus conteúdos programáticos. Enfim, deve-se estimular a formulação de um discurso próprio de cada uma das diferentes disciplinas a respeito da questão ambiental, permitindo o exercício da interdisciplinaridade no confronto das diferentes formulações.

2.3 – Como iniciar o processo interdisciplinar

A temática ambiental pode ser trabalhada por assuntos específicos, que dizem respeito à realidade dos alunos de uma forma geral.

O trabalho interdisciplinar pode ser feito com a busca do tema, como neste caso, o trabalho realizado no CETEM, cujo tema é a biorremediação, um assunto abordado nas pesquisas do centro de tecnologia. O professor pode aproveitar trabalhos científicos e aplicá-los à realidade dos alunos, explorando assim, tópicos da química e de outras disciplinas.

Segundo Franco, são pressupostos da interdisciplinaridade:

- incentivar o trabalho em equipe e cooperativo, utilizando instrumentos didáticos e não-didáticos (jornais, revistas, redes informacionais), além de livros paradidáticos (exemplo anexos);

- reforçar os princípios da criatividade e da diversidade;

- incentivar o ensino contextualizado;

- trabalhar o entorno (cotidiano);

- incentivar o ensino fora das salas de aula;

- incentivar o ensino através da solução de problemas;

- não aceitar respostas prontas (incentivar o inesperado);

- não negar a disciplina;

- gerar conhecimentos capazes de serem internalizados pelas comunidades em projetos locais de desenvolvimento sustentável;

- colocar o professor não como detentor do conhecimento, mas como parte de um grupo, a fim de dinamizar a processo ensino-aprendizagem.

CAPÍTULO III

AÇÕES DESENVOLVIDAS NO LABORATÓRIO E PROPOSTAS PARA O ENSINO EM QUÍMICA

3.1 – Introdução

Para um entendimento da proposta adotada, neste capítulo vamos esclarecer os conteúdos teóricos e experimentais sobre a pesquisa realizada no CETEM e também as propostas a serem abordadas em sala de aula.

3.2 – Embasamento Teórico da pesquisa científica em questão

As questões de caráter ambiental preocupam cada vez mais as comunidades do mundo inteiro. Sendo assim, a biorremediação surge como uma das ferramentas para contornar problemas de contaminação provocados por poluentes como o petróleo. Neste caso, em

particular, alia-se o emprego de um resíduo natural (casca de coco) para remediar o problema gerado por um resíduo acidental (solo contaminado), com o recurso biológico.

Sabe-se que os microrganismos são dotados de ferramentas enzimáticas capazes de hidrolisar, parcial ou completamente, os contaminantes, levando-os a CO₂ e H₂O; e que além dos nutrientes, indispensáveis ao seu desenvolvimento, uma atmosfera mais oxigenada sempre é benéfica aos microrganismos aeróbicos. É nesta questão que a fibra de coco, possivelmente, contribui, promovendo um microambiente mais aerado.

A biorremediação é definida como o uso de microorganismos vivos para remoção de poluentes do solo, água e gases, podendo ser aliada a duas técnicas: bioaumento e bioestímulo (PANDEY *et al.*, 1999).

O processo de bioaumento envolve a introdução de microrganismos cultivados para degradar várias cadeias de hidrocarbonetos dentro de um sistema contaminado, enquanto que a bioestimulação consiste em introduzir nutrientes adicionais, na forma de fertilizantes orgânicos e/ou inorgânicos, em um sistema contaminado, o que estimula o aumento da população de microrganismos endógenos (SARKAR *et al.*, 2005).

Durante um processo biológico de tratamento de solos é reconhecido que a adição de material estruturante de natureza orgânica melhora algumas das propriedades importantes destes: diminui a densidade, aumenta a porosidade, a difusão de oxigênio e a permeabilidade (RHYKERD *et al.*, 1999).

A casca de coco é um rejeito abundante no Brasil, em função do consumo elevado da fruta “in natura”, sendo o descarte do resíduo um problema de difícil solução. Algumas alternativas têm sido propostas para contornar o problema tais como a compostagem do coco e a reciclagem mecânica. Desta forma, o emprego da fibra da casca de coco como material estruturante para o biotratamento de solos contaminados por petróleo seria uma alternativa

viável economicamente, uma vez que o resíduo favoreceria a aeração das amostras, bem como serviria de nutriente, beneficiando, tanto a microbiota aeróbica nativa quanto a inoculada (GOMES, 2000).

As fibras do coco são constituídas de materiais lignocelulósicos, obtidos do mesocarpo do coco (*Cocos nucifera*). Possuem grande durabilidade, atribuída ao alto teor de lignina (41 a 45 % p/p), quando comparadas com outras fibras naturais (AMIM E PACHECO, 2004).

3.2.1 – Solo

Os solos são corpos naturais que se desenvolvem em escalas de tempo da ordem de centenas de milhares de anos, e compõem a cobertura pedológica que reveste as áreas emersas da Terra. Esta cobertura é constituída por uma camada de material alterado que se localiza entre a atmosfera e a litosfera. É o resultado das inúmeras combinações de fatores (clima, organismos, tempo, relevo) e de processos (remoção, adição, transporte e transformação) que atuam sobre os materiais de origem (rochas, sedimentos, depósitos orgânicos) e condicionam a variedade de solos encontrado (PEDRON *et al*, 2004).

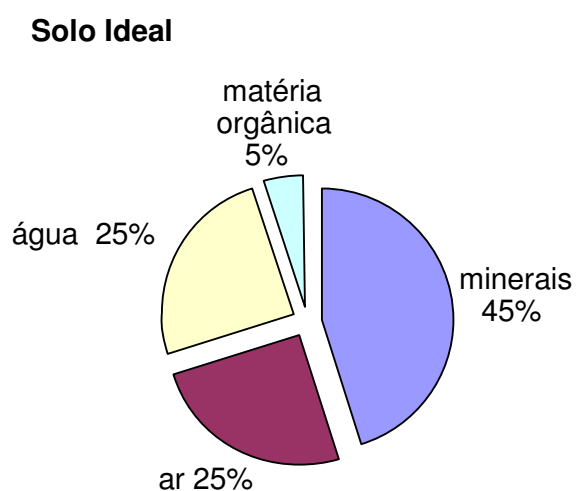
A figura 1 mostra a formação do solo influenciada pelos efeitos do clima.



Figura 1– Formação do solo pelos efeitos do clima (CETESB, 2007).

Os solos são constituídos por três fases: sólida (matriz), líquida (solução do solo) e gasosa (atmosfera do solo). A matriz contém substâncias minerais e a matéria orgânica. As substâncias minerais dividem-se, quanto ao tamanho, em elementos grosseiros e terra fina que inclui a areia, o limo e a argila. A proporção das partículas de diferentes dimensões é designada por textura do solo.

A figura 2 mostra a constituição de um solo ideal.



Fonte: Cetesb, 2007

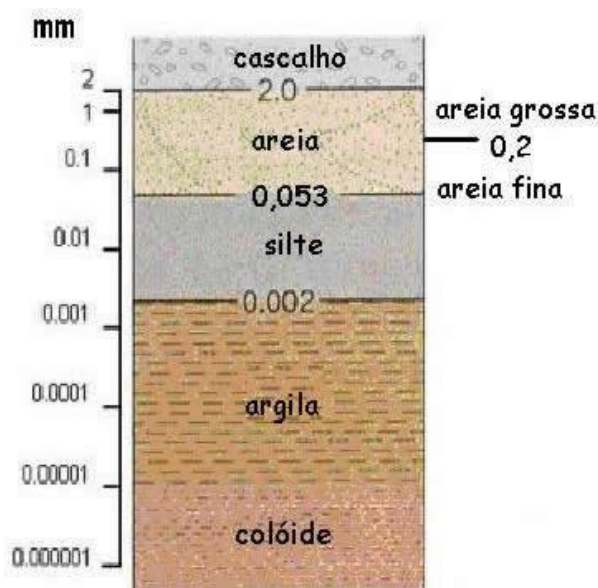
Figura 2 – Constituição de um solo ideal (CETESB, 2007).

A matéria orgânica inclui uma grande variedade de seres vivos, desde bactérias e fungos até protozoários, etc. Os organismos do solo, em especial os microorganismos, são responsáveis pela decomposição de resíduos orgânicos, bem como pela síntese de moléculas orgânicas de elevada estabilidade – as substâncias húmicas (compostos orgânicos, exceto os materiais não decompostos e os organismos vivos (biomassa)) – principais constituintes do húmus, com propriedades importantes como a capacidade de retenção de água e constituição e ou teor de nutrientes, e o poder tampão do solo.

Segundo a Comissão das Comunidades Europeias (1996), o solo desempenha uma grande variedade de funções vitais de carácter ambiental, ecológico, social e econômico. As suas

características são determinadas pelos seus processos de formação e são dependentes da natureza da fonte geológica principal, dos organismos que vivem no solo e acima do mesmo, da erosão, dos níveis de água subterrânea, do seu alagamento, do vento, da chuva, da radiação solar, etc. Com o tempo, os processos de formação dos solos modificam o material original, contribuindo para a formação de diferentes camadas e produzindo uma grande variedade de tipos de solo. Essa distribuição do solo em camadas tem implicação na migração e destino dos contaminantes na subsuperfície (PEDRON *et al*, 2004).

A figura 3 mostra a constituição da escala textural do solo.



Adaptado da Escala Textural Americana

Fonte: Cetesb

Figura 3 – Constituição Textural do solo (CETESB, 2007)

Por outro lado, as propriedades químicas dos solos (pH, teor de nutrientes, capacidade de troca iônica e condutividade elétrica) são, ao lado da matéria orgânica e da atividade biológica, responsáveis pelos mecanismos de atenuação de poluentes nesse meio. Entre os mecanismos envolvidos podem ser destacadas a adsorção, a fixação química, precipitação, oxidação, troca iônica e a neutralização que, invariavelmente, ocorrem no solo, e que através

do manejo de suas propriedades, podem ser modificados de acordo com a conveniência (CETESB, 2007).

São funções do solo a:

- ✓ Sustentação da vida e do 'habitat' para pessoas, animais, plantas e outros organismos;
- ✓ Manutenção do ciclo da água e dos nutrientes;
- ✓ Proteção da água subterrânea;
- ✓ Manutenção do patrimônio histórico, natural e cultural;
- ✓ Conservação das reservas minerais e de matérias primas;
- ✓ Produção de alimentos;
- ✓ Meio para manutenção da atividade sócio-econômica.

A proteção do solo e a limitação dos processos de degradação deste recurso são, reconhecidamente, imprescindíveis para a sustentabilidade do seu desenvolvimento (RODRIGUES e DUARTE, 2003).

Na atualidade, o tema poluição do solo tem despertado, a um só tempo, interesse e preocupação dos especialistas e das autoridades. São importantes não só os aspectos ambientais e de saúde pública, como também, e principalmente, a ocorrência de episódios críticos de poluição de âmbito mundial, tais como a questão das áreas contaminadas (GÜNTHER, 2005).

Segundo Brasil (1981), o termo poluição é definido como toda alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas que possa constituir prejuízo à saúde, à segurança e ao bem estar das populações e, ainda, possa comprometer a biota e a utilização dos recursos para fins comerciais, industriais e recreativos. Desta forma, a poluição do solo significa a presença significativa de algum elemento ou substância que pode afetar componentes bióticos do ecossistema, comprometendo sua funcionalidade e sustentabilidade. Assim, a poluição do

solo está ligada à concentração, ou quantidade de resíduos, incorporadas acidentalmente ou intencionalmente. De acordo com a legislação ambiental, para o controle dessa poluição, certos padrões e indicadores de qualidade do solo (taxa de erosão, etc.) devem ser respeitados num determinado ambiente (BRAGA *et al.*, 2002). Conseqüentemente, a introdução de contaminantes no solo pode resultar na perda de algumas ou várias de suas funções e ainda provocar contaminação de água subterrânea. A ocorrência de contaminantes no solo, originados por várias fontes, acima de certos níveis, provoca múltiplas conseqüências negativas para a cadeia alimentar, para a saúde pública e para os diversos ecossistemas e recursos naturais (RODRIGUES e DUARTE, 2003)

A poluição dos solos por metais pesados e substâncias tóxicas orgânicas e inorgânicas tem sido relatadas em muitos contextos diferentes, sendo essencial sua detecção para evitar problemas relacionados à saúde, bem como às degradações ambientais (BERNARD, 1997; ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000). Um dos poluentes que merece destaque é o petróleo, pelo seu alto teor de contaminantes com drásticos efeitos no meio ambiente e na saúde.

Na figura 4 observamos um esboço das formas de contaminação que ocorrem no meio ambiente.

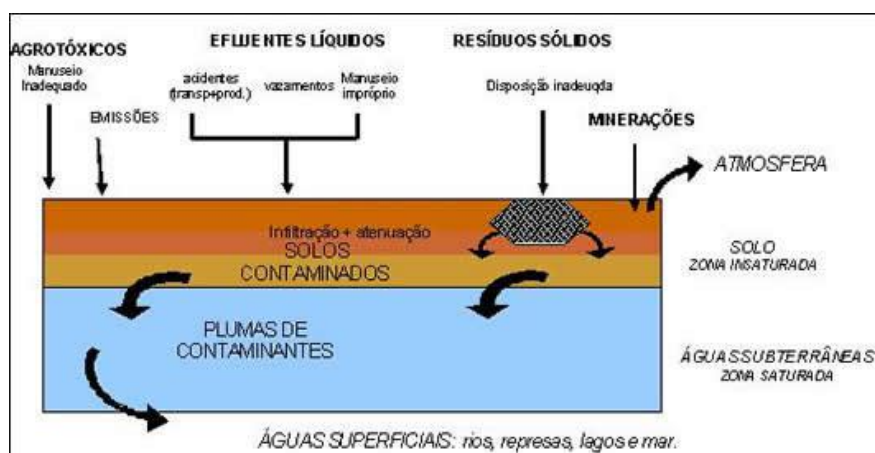


Figura 04—Esquema de contaminação no meio ambiente (CETESB, 2007)

3.2.2 – O petróleo

Ao longo de milhares de anos, grandes quantidades de organismos animais e vegetais foram, lentamente, depositando-se no fundo dos lagos e mares, e cobertos por sedimentos (pó de calcário, areia, etc). Mais tarde foram transformados em rochas sedimentares (calcário e arenito).

Pela ação do calor e da pressão, provocados pelo empilhamento consecutivo dessas camadas geológicas, estes depósitos orgânicos foram transformados, por reações termoquímicas, em petróleo (óleo) e gases naturais, principalmente metano e etano. Assim, os hidrocarbonetos, uma vez formados na rocha mãe, normalmente migram para rochas porosas e permeáveis, do tipo grés (areias consolidadas) e calcários, chamadas **rochas reservatórios** quando enquadradas por rochas impermeáveis, do tipo sal-gema e argilitos (argilas consolidadas) que impedem a migração, designadas por **rochas de cobertura**. Desta forma, o conjunto **reservatório-cobertura** é, geralmente, ocupado pelos aquíferos no seio dos quais se encontram o petróleo e o gás. No caso dos hidrocarbonetos constituídos de gás e petróleo, o gás, menos denso, encontra-se acima do petróleo.

O petróleo é constituído, essencialmente, de carbono e hidrogênio (90% dos óleos crus), com quantidades relativamente pequenas de compostos orgânicos sulfurados, nitrogenados, oxigenados e organometálicos. Predominam os hidrocarbonetos como os acíclicos saturados (alcanos), tanto de cadeia normal como ramificada, bem como os cíclicos, também de cadeia normal ou ramificada (cicloalcanos) e os aromáticos. Os demais compostos, por figurarem na composição com teores minoritários, são classificados como impurezas oleofílicas.

O petróleo é obtido por meio de perfurações com uma sonda de perfuração (Figura 5). Diferentemente das feitas em terra, as jazidas encontradas no mar são exploradas em plataformas marítimas, onde a profundidade de um poço pode variar de 800 a 6.000 metros.

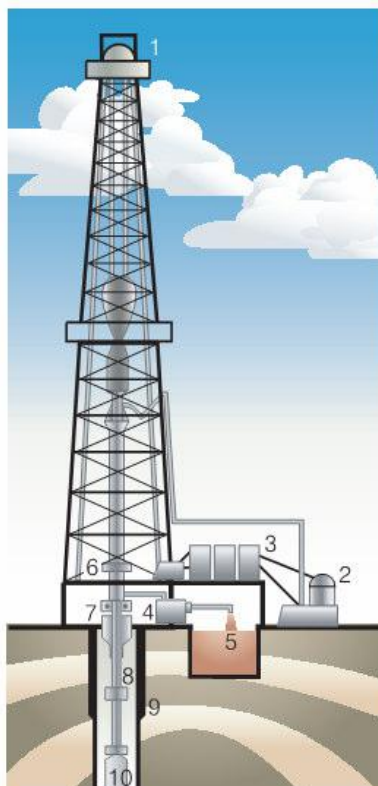


Figura 5: Esquema de uma torre de perfuração: 1- bloco de coroamento, 2 - bomba de lama, 3 - motores, 4 - peneira, 5 - tanque de lama, 6 - mesa rotativa, 7 – válvula de segurança, 8 - tubo de perfuração, 9 - tubo de revestimento e 10 -

O refino do petróleo consiste em separar a complexa mistura de hidrocarbonetos em frações desejadas, processá-las e industrializá-las em produtos comerciáveis.

O processo utilizado para separar as frações do petróleo é a destilação. Esse processo envolve a vaporização de um líquido por aquecimento, seguida da condensação de seu vapor. Existem diferentes tipos de destilação: simples, fracionada etc. No caso do petróleo, é empregada a destilação fracionada, que é executada com a utilização de uma coluna de fracionamento. Nas refinarias, essas colunas são substituídas por enormes torres, chamadas de torres de fracionamento (SANTA MARIA, 2002).

Os principais derivados costumam ser apresentados como frações diversificadas, sendo mostradas na Figura 6.

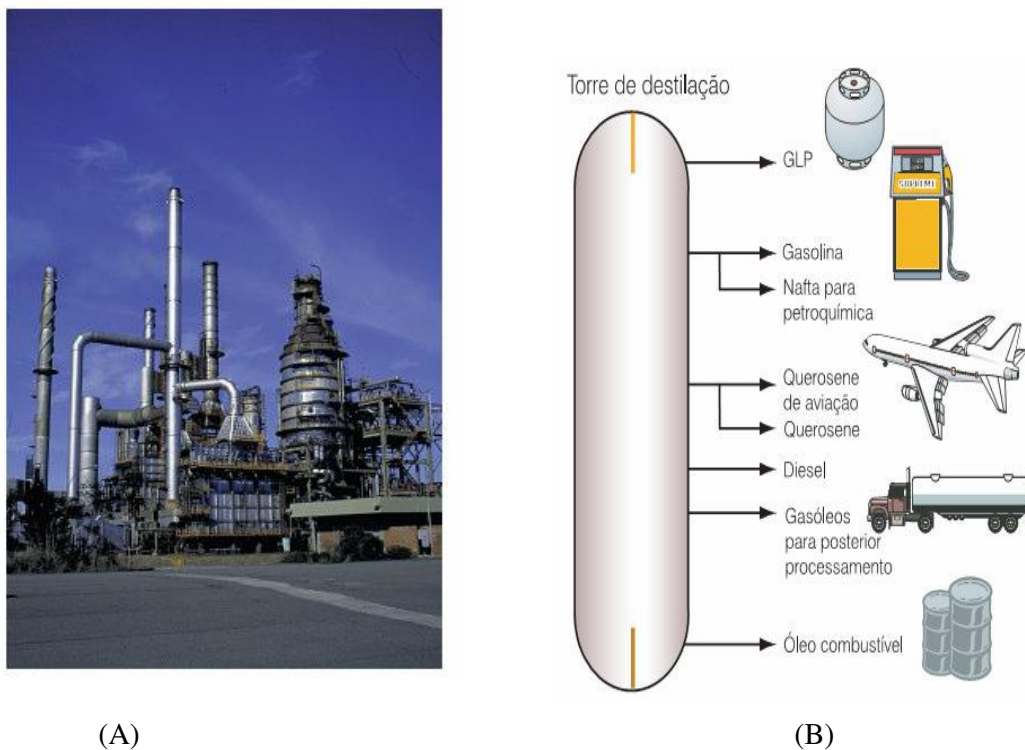


Figura 6: Torres de fracionamento em uma destilaria de petróleo (A) e esquema do fracionamento do petróleo em uma torre (B), com os diferentes produtos obtidos (foto de Geraldo Falcão -gentileza Petrobras) (SANTA MARIA, 2002).

Segundo Santa Maria (2002), dentre os produtos obtidos na destilação de petróleo encontram-se:

- Gás liqüefeito de petróleo (GLP) – consiste de uma fração composta por propano e butano, sendo armazenado em botijões e utilizado como gás de cozinha;
- Gasolina - é um dos produtos de maior importância do petróleo, sendo um líquido inflamável e volátil. Consiste de uma mistura de isômeros de hidrocarbonetos de C_5 a C_9 , obtida, primeiramente, por destilação. Outros processos estabelecidos nas refinarias, tais como a recuperação da gasolina a partir do gás natural e o craqueamento também são empregados. A faixa de destilação da gasolina tem sofrido modificações com a evolução da

indústria petrolífera e dos motores de combustão interna. No Brasil, tipicamente, ela varia de 35 a 220°C. Os hidrocarbonetos componentes da gasolina são membros das séries parafínicas, oleofínicas, naftênicas e aromáticas, e suas proporções relativas dependem do petróleo e dos processos de produção utilizados. Hoje em dia, com a finalidade de baratear e aumentar a octanagem da gasolina, são adicionados à mesma outros produtos não derivados de petróleo, como, por exemplo, o metanol e o etanol. Pode ainda receber a adição de aditivos com finalidades específicas, entre os quais podemos citar antioxidantes, antidetonantes, detergentes, anticongelantes, desativadores de metal, corantes, etc;

- Querosene - o querosene é uma fração intermediária entre a gasolina e o óleo diesel. É uma mistura de hidrocarbonetos em que predominam compostos parafínicos, obtidos da destilação fracionada do petróleo in natura, com ponto de ebulição variando de 150 °C a 240 °C. Os hidrocarbonetos, cujos pontos de ebulição estão situados nessa faixa são, predominantemente, de 9 a 17 átomos de carbono. O querosene não é mais o principal produto de utilização industrial, mas é largamente utilizado como combustível de turbinas de avião a jato, tendo ainda aplicações como solvente. Caracteriza-se por produzir queima isenta de odor e de fumaça.

- Óleo diesel - é um combustível empregado em motores diesel. É um líquido mais viscoso que a gasolina, com uma faixa de pontos de ebulição variando entre 250°C a 370°C, o que corresponde aos destilados intermediários do petróleo que destilam após o querosene e assemelham-se aos gasóleos mais leves. Sua característica primordial é a viscosidade, propriedade que garante a lubrificação dos motores. A presença de compostos de enxofre no óleo diesel, que dão origem, por combustão, a óxidos e ácidos corrosivos e nocivos aos seres vivos, gera a chuva ácida. O despertar da consciência de preservação do meio ambiente está

induzindo os refinadores a instalar processos de hidrodessulfuração para reduzir o teor de enxofre;

- Parafinas – São misturas cristalinas sólidas constituídas de hidrocarbonetos de cadeia normal possuindo, predominantemente, 20 a 30 átomos de carbono. Produto comercial versátil, apresenta aplicação industrial bastante ampla, por exemplo impermeabilizante de papéis, gomas de mascar, explosivos, lápis, revestimentos internos de barris, revestimentos de pneus e mangueiras, entre outras;

- Asfalto - sólido de cor escura que apresenta massa molecular média elevada, é obtido do resíduo das destilações do petróleo. Grande parte do asfalto é produzida para a pavimentação; o asfalto oxidado é utilizado como revestimento impermeabilizante.

3.2.3 Tipos de remediação de um solo impactado por petróleo

Os produtos derivados do petróleo são os produtos químicos mais largamente utilizados atualmente na sociedade. Pelo requerimento de grandes quantidades de combustível para automóveis, indústrias e casas, o número de galões de petróleo armazenados, transportados ou transferidos, pode causar acidentes inevitáveis. A contaminação do petróleo resulta de vazamento sobre e sob o solo, pela armazenagem, derramamento durante o transporte de produtos derivados do petróleo, etc. O petróleo contém produtos químicos perigosos como o benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno e naftaleno, que podem ser perigosos tanto para a saúde das plantas e animais como a do homem. Por esse motivo é necessário que sejam minimizados ou eliminados do ambiente.

Segundo Crapez, no petróleo predominam os hidrocarbonetos alifáticos (de 60% a 90%), mais fáceis de serem biodegradados. O restante, bruto ou refinado, é recalcitrante, isto é, demora a se degradar por meios naturais.

Atualmente, o solo contaminado com petróleo pode ser tratado utilizando três processos: físico, químico e biológico. O processo físico mais comum é a remoção da terra e/ou sua incineração, o que faz com que o custo seja elevado, e ainda polui o ar em função das emissões de fumaça. Por outro lado, o tratamento químico inclui injeções diretas de oxidantes químicos no solo contaminado, que podem atingir as águas subterrâneas, alterando assim, a química da vida aquática. O tratamento biológico mais comumente utilizado envolve a quebra total ou parcial de contaminantes por processos microbiológicos (SARKAR, 2004).

3.2.3.1 – Biorremediação

A biorremediação pode ser definida como o uso de organismos vivos para remover poluentes de água, solo e gases. Neste, os compostos orgânicos podem ser metabolizados por microorganismos endógenos sob condições aeróbicas e anaeróbicas utilizando processos bioquímicos (COLLIN, 2001).

A figura 7 destaca exemplos de contaminantes onde a biorremediação pode ser aplicada.

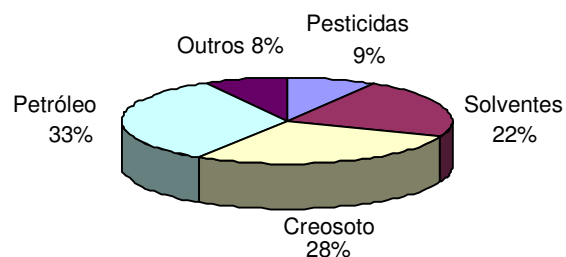


Figura 7 – Tipos de contaminação onde a biorremediação é mais aplicada

Segundo Crapez diversos grupos de bactérias e fungos, que fazem parte da microflora presente em solos, águas e sedimentos, têm habilidade para degradar os componentes de petróleo. Quando esses ambientes são expostos às contaminações por petróleo, ocorrendo a adaptação dos microorganismos, que passam a reconhecer os componentes do óleo como fonte de carbono, iniciando o processo de degradação.

Na da classe de hidrocarbonetos, a biodegradação dos alcanos ocorre na seguintes ordem: linear (nC8-nC37) > ramificado > cíclico, indicando uma ordem preferencial de assimilação das fontes de carbono (CHAÎNEAU *et al*, 2005). Embora quase todos os compostos de petróleo sejam produtos tipicamente biodegradáveis, os compostos com estrutura molecular mais complexa são mais dificilmente removidos pelo tratamento biológico. Além disso, os compostos de baixo peso molecular (com nove ou menos átomos de carbono) alifáticos e monoaromáticos são mais facilmente biodegradados que os compostos orgânicos alifáticos de alto peso molecular ou poliaromáticos (USEPA, 2004).

O processo de biorremediação pode ser *in situ* ou *ex situ*. O processo denominado *in situ*, que ocorre de duas formas, *intrínseca* ou *engenhada*, é aquele que se faz no local contaminado e o processo *ex situ*, que se dá somente de forma *engenhada*, é o que se faz fora do local contaminado.

O processo *in situ* de forma *intrínseca* é aquela em que a ciência pouco interfere. Neste caso a biorremediação se dá com o trabalho dos microorganismos endógenos (nativos do solo), para a biodegradação. Quando há total ausência de interferência da ciência no processo, ela é denominada *intrínseca-natural*; e quando ocorre a recolocação de microorganismos e outros processos muito próximos aos utilizados pela própria natureza, ela é denominada *intrínseca-auxiliada*.

No processo tanto *in situ* quanto *ex situ* de forma *engenhada*, utilizam-se técnicas de engenharia que vão desde a modificação topográfica no local, implantação de novos microorganismos (alóctones), plantação de biorreatores e aplicação de nutrientes à técnicas que alocam grandes quantidades de recursos tecnológicos aliadas a um planejamento meticoloso e extenso. Isso se dá pela não suficiência da remediação por biodegradação natural (MARTINS, *et al*, 2003).

Desta forma, a biorremediação pode ser dividida conforme o diagrama da figura 8.

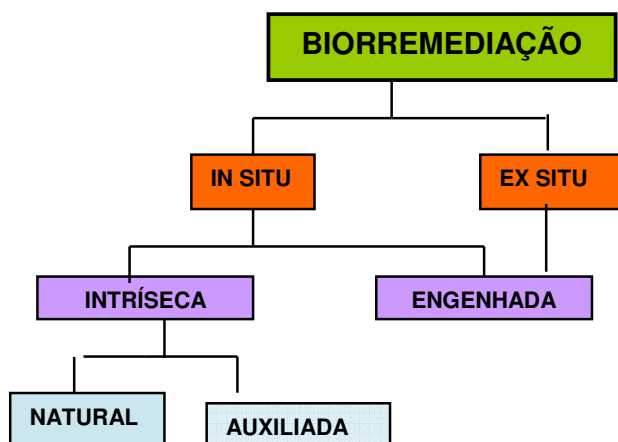
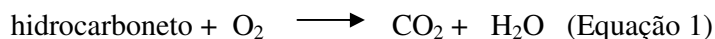


Figura 8: Processos em que a biorremediação pode ser dividida conforme a presença ou ausência de manipulação (MARTINS, *et al*).

3.2.3.1.1 Metabolismo Microbiano

O objetivo da biorremediação é descobrir microorganismos capazes de utilizar O_2 como aceptor final de elétrons durante o seu metabolismo, destruindo os compostos orgânicos num processo chamado de biodigestão aeróbia. O referido processo pode conduzir à mineralização completa dos poluentes, transformando-os em CO_2 e H_2O (Equação 1) ou à mineralização parcial em que os compostos intermediários podem resultar em componentes mais tóxicos do que aqueles que lhes deram origem.

Exemplo de reação química para a degradação do hidrocarboneto:



3.2.3.1.2 Fungos

Os fungos apresentam uma série de características econômicas e ecológicas que os transformam em organismos indispensáveis para todo e qualquer ecossistema. Além de estarem presentes na vida de cada um de nós, na produção de pães, queijos e bebidas, na degradação e reciclagem de nutrientes, o impacto do trabalho dos fungos é essencial para a sociedade atual. A quantidade de aplicações úteis para os fungos é muito grande (figura 9), especialmente quanto à diversificação de cada uma, como apresentado na mesma figura para a biotransformação, por exemplo. Outras áreas novas começam a surgir. Um exemplo é a aplicação de bioindicadores.

Em um ambiente contaminado, os hidrocarbonetos são, geralmente, degradados por bactérias, havendo também a possibilidade de atuação de fungos neste processo. A contribuição de um ou outro depende de fatores ambientais e das propriedades físico-químicas do solo (CUNHA, 1996). Desta forma, os fungos são mais eficientes sob condições adversas tais como solos com valores extremos de pH, limitação de nutrientes e com baixo teor de umidade (MACEDO, 2002).

Na figura 10 pode-se observar o crescimento dos fungos extraídos do solo contaminados por petróleo numa placa de petri.

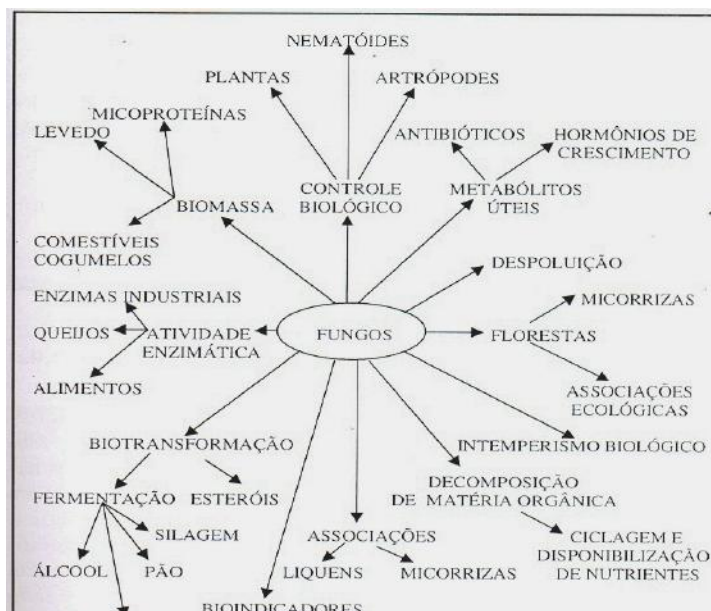


Figura 9: Aplicações de fungos em diversas áreas do conhecimento

Fungos são também excelentes removedores de substâncias de ambientes, sendo empregados até mesmo como fixadores de substâncias radioativas. Vários fungos estão associados a dejetos e detritos de esgotos e trabalham muito para degradá-los até um grau em que possam ser considerados adubos ou substâncias equivalentes. (PUTZKE, 2002)

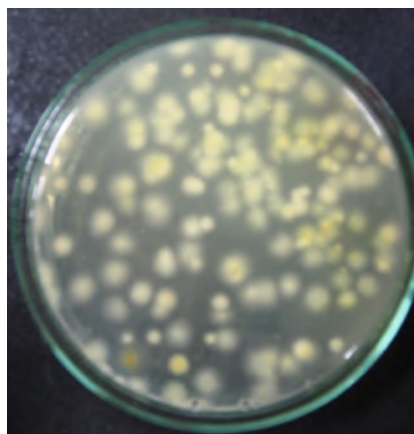


Figura 10– Consórcio microbiano com predominância de fungos extraído de solo contaminado por petróleo (CETEM, 2007)

3.2.4 Fibra da casca de coco

A fibra de coco é um resíduo oriundo do material fibroso que constitui o mesocarpo do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), de onde são retiradas fibras longas utilizadas na fabricação de cordas, tapetes, etc. Desse processamento resulta uma mistura de fibras curtas e uma considerável quantidade de pó. O pó de coco possui grande porcentagem de lignina (35-45%) e de celulose (23-43%) e uma pequena porcentagem de hemicelulose (3-12%), sendo as duas últimas frações vulneráveis ao ataque de microorganismos. Essas características conferem ao substrato de fibra de coco grande durabilidade, sendo, dessa maneira, recomendável para cultivos de ciclo longo como o de plantas ornamentais, assim para como o cultivo de hortículas na ausência de solo, pois a matriz utilizada não sofre o processo de degradação acelerado causado pela intensa aplicação de água e fertilizantes (NOGUEIRA *et al.*, 2000)

Apesar da casca de coco ser utilizada para a fabricação de alguns produtos, como vasos para plantas, mantas, capachos, escovas e até estofados para carros ainda é um resíduo de larga escala, pela alta produção e utilização de coco verde anualmente, no Brasil.

Na tabela 1 está especificada a caracterização química da casca de coco verde.

Tabela 01 – Caracterização química típica da casca de coco verde

Elemento	g/kg	mg/kg
N	6,52	-
P	1,42	-
K	11,5	-
Ca	6,8	-
Mg	1,79	-
Na	12,5	-
Fe	1,97	-
Cu	-	6,6
Zn	-	6,6
Mn	-	23,8
M.O. ¹	-	72,58

¹ M.O. Matéria Orgânica em percentagem

Fonte: ROSA *et al.* apud PINO (2005)

Como descrito por Pino (2005), o coco é rico em celulose, hemicelulose e lignina. A celulose é definida como um polímero de glicose. Assim, o elevado conteúdo de glicose é um indicativo de alto teor de celulose. De forma similar, elevado conteúdo de xilose indica elevado teor de hemicelulose. Já a lignina é uma substância que age como aglutinante, mantendo unidas as cadeias de celulose e cuja combinação confere às plantas resistência e flexibilidade.

A fibra de coco apresenta grandes vantagens para a utilização industrial: é inodora, resistente à umidade, amplia a difusão, não é atacada por roedores, não apodrece, permite pouco desenvolvimento de fungos, etc (SENHORAS, 2003) .

Além disso, o emprego do material estruturante no solo permite criar vazios, favorecendo a porosidade do mesmo. Quanto maior a porosidade, melhor a textura do solo, a aeração, melhorando a percolação da água e a atividade microbiana.

Valendo-se dessa ampla gama de possíveis aplicações da fibra e do pó de coco, um projeto foi montado em conjunto envolvendo importantes instituições de pesquisa e ensino brasileiras: EMBRAPA, EQ/UFRJ, PUC/RJ e CETEM. O intuito era a identificação de diferentes aplicações do rejeito de coco em diversas áreas do conhecimento. Desta maneira, no estudo de Barros e Lemos sobre o emprego de pó de casca de coco na remediação de solos contaminados por petróleo foi evidenciado o efeito positivo da utilização de 10% de pó, como material estruturante no tratamento de solos contaminados por petróleo, gerando um aumento da produção de CO₂, pela possível degradação do contaminante. (BARROS e LEMOS, 2006)

3.3 – Métodos Experimentais

3.3.1 - Solo

O solo utilizado neste trabalho foi o franco-arenoso, retirado de um município nordestino, uma área onde ocorre a exploração e a produção de petróleo, com possíveis vazamentos do mesmo e a conseqüente contaminação do solo.

O solo foi peneirado em uma peneira de malha de 10 mesh (1,68mm) e estocado em câmara fria a 4°C para ser posteriormente utilizado.

A seguir (tabela 2) observa-se a caracterização do solo estudado.

Tabela 02: Caracterização do solo sem contaminação.

Caracterização	Solo sem contaminação
Distribuição Granulométrica (%)	
Areia	75
Silte	14
Argila	11
Densidade de partícula (g/mL)	2,2
Densidade do solo (g/mL)	1,3
Porosidade (%)	43
pH	6,8
Capacidade de Retenção de Água (%)	34
Matéria orgânica (%)	1,7

Fonte: MOURA, 2005

3.3.2. - Ensaio em Microcosmos

Foi efetuado estudo em microcosmos, utilizando kitsatos com 50g de solo contaminado com petróleo a 5% p/p. O solo foi ajustado em 50% da sua capacidade de retenção de água (CRA), adicionado de fibra de casca de coco, umedecida a 50% da CRA da mesma e inóculo de um consórcio microbiano com predominância de fungos extraídos do solo a 50% v/v em relação a CRA do solo empregado.

Os ensaios desenvolvidos em microcosmos lançaram mão de sistemas dispostos em kitsatos com rolha de silicone e saída lateral vedada através de um tubo de látex e pinça de Mohr (Figura 11).



Figura 11: Ensaio em microcosmos: solo em kitsato (CETEM, 2007)

Na tabela 3 estão especificados as amostras de solo estudadas, acrescidas ou não de fibra da casca de coco e de inóculo de um consórcio microbiano com predominância de fungos.

Tabela 03. Descrições das amostras estudadas

Kitasatos	Quantidade dos materiais
1A e 1B	60g solo contaminado com petróleo (SC) + 8,4mL inoculo fúngico + 6g de fibra de coco (10% p/p) + 6,3mL de água
2A e 2B	60g solo virgem (SV) + 10,2 mL de água + 6g de fibra de coco (10%p/p) + 6,3mL de água
3A e 3B	60g de SC + 8,4mL de água + 6g de fibra de coco (10%p/p) + 6,3mL de água
4A e 4B	5g de fibra de coco (10%p/p) + 5,25 mL de inóculo
5A e 5B	5g de fibra de coco (10%p/p) + 5,25 mL de água
6A e 6B	60g SCPS + 8,4 mL de inóculo
7A e 7B	60g SCPS + 8,4 mL de água
8A e 8B	60g solo virgem (SV) + 8,4mL inoculo fúngico + 6g de fibra de coco (10% p/p) + 6,3mL de água
9A e 9B	60g (SV) + 10,2mL de água

Os testes foram realizados em duplicata e todos os frascos incubados em estufa a 30°C durante o período de 40 dias. Nesse período, os frascos eram retirados periodicamente (diariamente na primeira semana, e a cada 48 h durante o restante do período do teste, exceto finais de semana) para análise cromatográfica do CO₂ gerado no “headspace” do kitasato, aeração nos dias de análise e correção de umidade, quando necessário.

3.3.3. - Fibra da Casca de Coco

A determinação da capacidade de retenção de água da fibra foi feita a partir de 2g de fibra de casca de coco, em duplicata. A fibra foi macerada e deixada em descanso com 50 mL de

água por 24 h. Posteriormente, o material umedecido foi filtrado em papel de filtro, recolhendo-se o sobrenadante em proveta graduada. O sistema de filtração ficou em repouso por 24 h para garantir a completa remoção da água não absorvida pela fibra. Para evitar as perdas por evaporação, o sistema foi vedado com papel de alumínio. A seguir, todos os materiais empregados na determinação foram pesados para calcular o teor de água retido pela fibra (BARROS e LEMOS, 2006).

A fibra de coco foi adicionada a cada amostra na proporção de 10% p/p em relação ao solo e umedecida conforme estudada anteriormente (BARROS e LEMOS, 2006).

Estabeleceu-se o emprego de 50% da CRA da fibra, em função da particularidade de transferir parte da umidade para o ambiente, principalmente quando umedecido com 100% da sua CRA (BARROS e LEMOS, 2006).

3.3.4 – Microorganismos

Para a extração da microbiota do solo foi utilizada solução salina a 0,9% + cloranfenicol, ajustando-se o pH a 3,5 (ambos para inibir o aparecimento de bactérias). Adicionou-se a essa solução salina (45mL) 5g de solo virgem. Agitou-se (“Shaker” a 150rpm e 30°C) por 1h e, posteriormente, permaneceu em repouso por 24horas. Retirou-se dessa suspensão 5mL de inóculo e adicionou-se em 200mL de caldo, utilizando meio de cultura Batata Dextrose com cloranfenicol e pH 4,0. O frasco foi agitado de acordo com as condições mencionadas anteriormente, e a seguir, a suspensão contendo a biomassa foi adicionada aos sistemas conforme tabela 3.

3.3.5 - Análise Cromatográfica do CO₂ gerado

Foi utilizada uma seringa “gastight”, da marca Hamilton para análise cromatográfica. As amostras foram obtidas retirando 5 µL de gases contidos no “headspace” dos frascos cônicos, utilizados nos sistemas em microcosmos, e injetados no cromatógrafo a gás (CG) HP 5890 série II. Todas as injeções foram realizadas em duplicata, e os resultados foram avaliados em termos de evolução de CO₂ (mmol) ao longo de 42 dias de tratamento.

As condições de análise encontram-se descritas abaixo:

Vazão da gás de arraste (He): 17.89 mL/min

Vazão da gás de referência (He): 17.89 mL/min

Temperatura do detector: 220°C

Temperatura do forno auxiliar: 74°C

Temperatura do injetor: 110°C

Coluna de aço inox (3m/3mm) recheada com Chromosorb 102

3.3.6 - Resultados e Conclusões

A figura 12 mostra a evolução de CO₂, por comatografia gasosa, em que constam as amostras estudadas que contêm solo virgem (SV), solo contaminado (SC), com e sem fibra de casca de coco e inóculo fúngico.

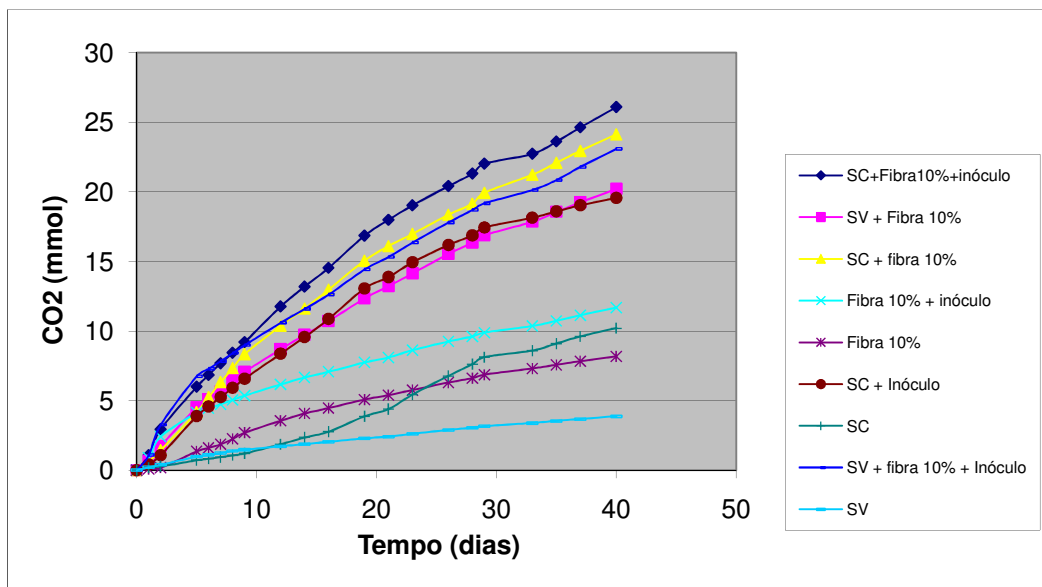


Figura 12. Evolução de CO₂ (mmol), por cromatografia gasosa, de amostras de solo contaminado por petróleo, contendo fibra da casca de coco como material estruturante, obtido em 42 dias de monitoramento.

A Figura 12 mostra através do gráfico que a maior evolução de CO₂ foi do sistema SC + Inóculo + Fibra. A Figura 13 e a Tabela 04 evidenciam melhor os resultados obtidos.

Na Tabela 04 pode-se concluir que a adição de inóculo fúngico ao solo virgem (SV) e solo contaminado (SC), na presença de fibra, não fez diferença na degradação dos constituintes orgânicos do solo, uma vez que a incorporação exclusiva de fibra, conduziu a um resultado semelhante ao das amostras contendo também inóculo fúngico. Deve-se salientar que o SV tem uma composição rica em matéria orgânica, (1,7%, ver tabela 02), o que estimula a degradação microbiana (evolução de CO₂), uma vez que a mesma se constitui em matéria prima de fácil assimilação.

Assim, observando o resultado obtido na Figura 13 podemos inferir que provavelmente no SC houve uma degradação concomitante de petróleo, aliada à degradação de matéria orgânica, quando comparada à do SV. Ou seja, sendo o resultado de evolução de CO₂ do SC

superior ao do SV, os mmoles de CO₂ produzidos a mais poderiam estar relacionados à degradação de hidrocarbonetos (tabela 04).

Tabela 04: Teores de CO₂ (mmol) obtidos nos sistemas estudados em microcosmos.

Concentração relativa à diferença dos sistemas estudados.	1° CO₂ (mmol) acumulado nos sistemas após 42 dias de tratamento	2° CO₂ (mmol) pela diferença entre alguns sistemas estudados
Fibra	8	-
Fibra + I	12	-
somente SV	4	-
SV + Fibra	20	-
(SV + Fibra) – (Fibra)	20 - 8	12
SV + Fibra + Inóculo	23	-
(SV + Fibra + Inóculo) – (Fibra + Inóculo)	23 - 12	11
somente SC	10	-
SC + Inóculo	20	-
SC + Fibra	24	-
(SC + Fibra) – (Fibra)	24 - 8	16
SC + I	20	-
(SC + I) – (SC)	20 - 10	10
SC + Fibra + Inóculo	26	-
(SC + Fibra + Inóculo) – (Fibra + Inóculo)	26 - 12	14

Na figura 13 pode-se perceber que a taxa final de variação de CO₂, por dia, foi diferente nos sistemas SC e SV, e em que SC mostrou um resultado 3 vezes superior ao alcançado em SV. Diferentemente, a taxa inicial de geração de CO₂ foi semelhante para ambos os solos. Isto leva a pensar que, a presença considerável de matéria orgânica possa ter contribuído inicialmente para esse resultado. Assim sendo, após o esgotamento da mesma, a microbiota nativa do SC seria obrigado a consumir o petróleo, com consequente liberação de mais CO₂. Nos sistemas que contem SC + F e SC + I (Figura 13), pode-se verificar resultados semelhantes aos apresentados na tabela 4, onde a presença de fibra nos sistemas favoreceu em maior grau a degradação do contaminante.

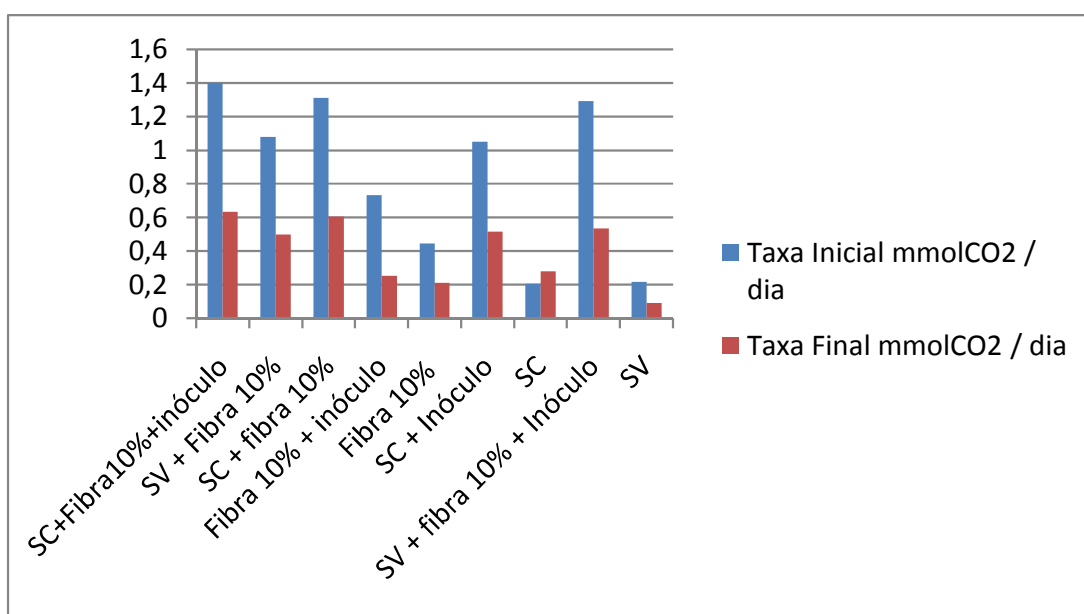


Figura 13: taxa de variação da evolução da concentração de CO₂ em mmol por dia, das amostras estudadas. Compara-se os 10 primeiros dias (taxa inicial) com os 42 dias (taxa final) do ensaio cromatográfico.

3.4 – Propostas de atividades na sala de aula relacionadas ao trabalho científico

3.4.1 – Introdução

O desafio da questão ambiental, por sua extensão e complexidade, exige, cada vez mais, uma abordagem muito mais ampla das ciências e a aplicação de métodos multi e interdisciplinares. O enfoque interdisciplinar, que aparece como intenção na maioria das propostas, não se efetiva na prática, devido à carência de pessoal qualificado, aliada à inexistência de metodologia e material apropriado ao tema. A educação ambiental, quando organizada como atividade enriquecedora do currículo, apresenta, freqüentemente, um caráter desarticulado dos problemas vivenciados pelos alunos.

Algumas estratégias importantes para viabilizar a educação ambiental e, neste caso em particular, a biorremediação de solos impactados por petróleo utilizando fungos e material estruturante, a partir dos conceitos de química, devem levar em consideração:

- I- a busca de alternativas metodológicas que façam convergir o enfoque disciplinar para o interdisciplinar;
- II- a flexibilidade da estrutura curricular em termos de conteúdos mínimos, avaliação, etc.;
- III- a sensibilização do corpo docente para a mudança de uma prática estabelecida, frente às dificuldades de novos desafios e reformulações que exigem trabalho e criatividade.

3.4.2 - O solo na sala de aula

O solo pode ser um tema bastante interessante, mesmo não sendo tão explorado quanto o petróleo. Do solo pode-se tirar tópicos do programa de Química, como a verificação de sua

condutibilidade elétrica (íons, eletrólise e pilha) e o seu pH. (PITOMBO, 1998). Em disciplinas como Geografia e História podem ser explorados temas relacionados à geologia, como descobertas e exploração de terras. Na área de biologia pode ser trabalhada a constituição biológica do solo e a sua importância para as plantas e o meio ambiente.

3.4.3 – O petróleo na sala de aula

Atualmente, o petróleo é um dos recursos naturais dos quais a nossa sociedade é bastante dependente. Pode-se facilmente comprovar isso vendo os inúmeros materiais que são fabricados a partir dessa matéria-prima. Além disso, o petróleo é um assunto constantemente discutido na televisão e nos jornais devido à sua influência na economia, sendo um tema de fácil abordagem interdisciplinar.

Neste trabalho, o assunto petróleo é utilizado como tema incentivador na aprendizagem de tópicos do programa de Química, como o estudo de hidrocarbonetos (principalmente alcanos), propriedades físicas das substâncias (ponto de ebulição e solubilidade) e processo de separação de misturas líquidas (destilação simples e fracionada). Além disso, é possível trabalhar a questão de energia, sua armazenagem, bem como seus impactos ambientais.

Concomitante ao ensino desses tópicos podem ser realizadas, feiras de ciências, onde o professor pode apresentar o petróleo bruto e seus derivados e buscar uma intenção por parte dos alunos em participar e investigar à respeito do tema.

O petróleo pode ser trabalhado em Geografia e/ou História em tópicos como eras geológicas, tipos de rocha, áreas produtoras de petróleo e seus conflitos recentes. (SANTA MARIA, 2002)

3.4.4 – Material estruturante na sala de aula

Atualmente busca-se um caminho para minimizar a quantidade de rejeitos no meio ambiente.

A casca de coco é um rejeito abundante, por ser um subproduto de milhões de cocos produzidos anualmente no Brasil. Assim, os cientistas buscam meios para reduzir esses rejeitos, seja por reciclagem mecânica, ou adição de resíduos sólidos, em forma de pó ou fibra, para remediar áreas degradadas.

Pode-se buscar em sala de aula temas abordando os rejeitos naturais ou aqueles oriundos das indústrias existentes em nosso país. O professor pode propor, inclusive, pesquisas e meios para minimizar o lixo urbano, dizendo como fazer e para que fazer, de tal forma que o aluno seja capaz de entender de uma forma contextual os problemas causados por este tipo de poluição e propor soluções para minimizá-la.

O professor de química pode trabalhar conteúdos dentro da química orgânica considerando a constituição da fibra, formada principalmente por compostos de carbono. Paralelamente o professor de biologia pode explorar a importância desta no meio ambiente e o professor de artes, pode trabalhar a reciclagem da fibra de casca de coco na produção de diversos objetos.

3.4.5 – Microorganismos na sala de aula

O presente trabalho teve como foco a utilização de fungos degradadores de petróleo provenientes do solo. Da mesma forma também existem na mídia referências de trabalhos com bactérias igualmente extraídas do solo (Anexo I).

O professor de biologia pode tirar proveito deste tema, trazendo para a realidade do aluno questões de química e biologia que são complementares. Isso leva ao aluno a idéia de que não

existem disciplinas separadas, pois está tudo interligado, tanto nas ciências como na vida cotidiana.

3.4.6 – Discussões em sala de aula sobre os temas abordados

O professor deve pedir para que o aluno apresente um relatório, resultado da discussão em classe, dos problemas causados ao homem, às plantas e animais quando expostos aos agentes poluidores.

Uma outra atividade, de caráter experimental, pode ser aplicada, visando unir a teoria de poluição do solo, com experimentos plausíveis para os alunos, como por exemplo, a semeadura de plantas em solos contaminados, de modo a auxiliar os alunos no processo ensino-aprendizagem e também na melhora da consciência ambiental por parte deles.

É interessante destacar também que estas atividades experimentais podem e devem ser acrescentadas ao conteúdo da disciplina, pois ajudam a desmistificar o estudo de química.

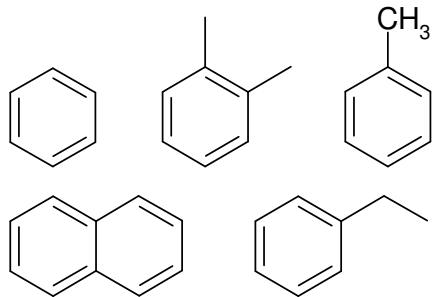
Resumindo, podem-se trabalhar dois aspectos do ensino: a dificuldade em se ensinar química para alunos nem sempre “interessados” na disciplina e a sua aproximação com a realidade através de experimentos simples, mostrando aos alunos que estudar química pode e é, muito interessante. Ao final, os alunos devem, juntamente com o professor, discutir sobre as observações verificadas nos experimentos propostos e seus resultados. Aqui também se propõe a aplicação dos conteúdos de química abordando os assuntos do quadro abaixo, aplicados no 3º ano do ensino médio. Tópicos voltados à Biorremediação, dentro do conteúdo de química, bem como uma proposta de alguns exercícios que podem ser aplicados são também discutidos, como se segue.

Proposta de Conteúdo de Química

Nível: Médio

Série: 3ª

ASSUNTOS	ÊNFASE NO CONTEÚDO	OBJETIVOS OPERACIONAIS	UTILIZAÇÃO DO TEMA BIORREMEDIAÇÃO	TRABALHOS
Termoquímica	Preocupação com a energia envolvida nas reações químicas. Exemplo: combustão	Compreender as diferentes fontes de energia	O petróleo pode ser utilizado como exemplo de matéria prima energética	Propor aos alunos uma feira com maquetes onde se exemplifica a biorremediação, bem como a importância do rejeito que é a casca de coco sendo utilizada tanto em reciclagem como em centros de pesquisas. (anexo IV)
Cinética Química	Conceituar velocidade de uma reação química e a utilização dos catalisadores	Capacidade de entender a dinâmica das reações	Elaboração de questões que abordem o consumo do petróleo pelos microorganismos, fazendo uma relação do consumo de carbono e produção de CO ₂ por eles.	
Funções Orgânicas	Capacidade de reconhecer as funções químicas e suas diferenças	Revisar todas as funções orgânicas	Utilização do petróleo como fonte de hidrocarbonetos e também da fibra de casca de coco, também-constituída por carbono.	
Equilíbrio Químico	Utilização dos conceitos de cinética e termodinâmica	Entender o conceito de equilíbrio de reação e compreender as diferenças e aplicabilidades de todas as suas constantes	Questões mais complexas podem ser propostas, tais como aquelas que mostram a degradação do petróleo e a conseqüente formação de CO ₂ pelos microorganismos. As perturbações que poderiam afetar o equilíbrio, tais como variação do pH, da umidade e da temperatura devem ser discutidas.	
Eletroquímica	Trabalhar com o conceito de Nox e de reações de oxirredução	Compreender as reações de uma pilha e o conceito da eletrólise	Pode-se trabalhar no solo os metais presentes e reações de oxirredução que são produzidas com os mesmos; assim como a condutividade elétrica no solo	
Reações Químicas	Trabalhar a química orgânica, suas funções e a importância de suas reações	Compreender os mecanismos das reações orgânicas	Discutir reações que ocorrem com a biodegradação do petróleo	

Propostas de exercícios de química			
Nº	Exercício	Nº	Exercício
1	<p>O pH de um solo, contaminado por petróleo, é 6,8. No tratamento de descontaminação deste solo por microorganismos (biorremediação), o pH foi ajustado para 5,0 para um melhor metabolismo dos mesmos. Qual era a concentração hidrogeniônica antes do tratamento do solo? Qual a concentração hidroxiliônica após a ação dos microorganismos no solo?</p>	3	<p>Em solos contaminados por petróleo, encontram-se compostos de carbono, principalmente hidrocarbonetos, como as estruturas abaixo. Dê os nomes dessas estruturas.</p> 
2	<p>Sabe-se que a reação de combustão, que se aplica nos derivados de petróleo, para a produção de energia, os hidrocarbonetos do petróleo são denominados combustíveis e queima quando entram em contato com o oxigênio do ar atmosférico, denominado comburente. Assim, a quantidade de energia envolvida na reação é de 891KJ, como demonstrado abaixo.</p> $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \quad \Delta H = -891\text{KJ}$ <p>Essa reação é exotérmica ou endotérmica? Justifique.</p>	4	<p>Sabe-se que a biorremediação, se estuda a descontaminação do solo por petróleo com a ajuda de microorganismos desse próprio solo ou não.</p> <p>Imagine que há 200g de tolueno numa amostra determinada de solo. Considere, que todo o tolueno seja decomposto pelos microorganismos em 40 dias. Calcule a velocidade média de consumo do hidrocarboneto, em gramas por hora e em mols por hora.</p> $\text{C}_7\text{H}_8 + 9\text{O}_2 \longrightarrow 7\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

Propõe-se também a elaboração de uma pesquisa em grupo e a sua conseqüente apresentação. Neste caso, os alunos teriam 3 bimestres para realizá-la, podendo apresentá-la no meio do 4º bimestre (Anexo II). Resultados dessas pesquisas poderiam ser apresentadas em feiras de ciências realizadas nos colégios, na forma de maquetes relacionados aos trabalhos (anexo III), por exemplo.

Após tudo isto, o professor poderá sugerir um debate levantando temas como fontes poluidoras, suas possíveis causas e as ações que podem reverter o quadro de poluição.

CAPÍTULO IV

CONCLUSÕES

O professor pesquisador tem muito mais a oferecer aos alunos quando emprega, em sala de aula, temas relacionados às suas pesquisas, que são de caráter contextual e que podem ser trabalhados interdisciplinarmente.

O professor pode trazer o mundo científico para a sala de aula e mostrar ao aluno que eles mesmos são “cientistas” a partir do momento em que analisam e tentam buscar soluções para problemas pertinentes ao tema estudado. Esse tipo de abordagem interdisciplinar e contextualizada busca despertar o interesse e o aprendizado por parte do aluno, fazendo-o entender questões de química de uma forma que prenda a sua atenção, compreendendo o mundo que o cerca, assim como os acontecimentos, as descobertas da ciência e, principalmente, a contribuição que o aluno pode fornecer para minimizar os problemas ambientais.

Atualmente, o problema ambiental não se limita a uma atitude omissa. A poluição, seja por petróleo ou por rejeitos de qualquer outra composição, pode influenciar, negativamente, a vida do ser humano, uma vez que a questão se mostra bem relevante. O ato de poluir, aliado a indiferença em remediar o problema, acaba agravando o quadro.

Em recentes pesquisas veiculadas pela mídia, inúmeros casos de acidentes ambientais continuam acontecendo. E a Escola? Onde seu papel realmente aparece? O papel de nossas escolas mostra-se fundamental, desde o simples ato de não se jogar papel no chão até o de se poupar energia ao extremo.

Basicamente, a estrutura escolar brasileira permite ao professor, em suas aulas guiadas, a inserção de assuntos ligados diretamente ao dia-a-dia do aluno. Assim, fica fácil tanto para o professor como para os alunos as trocas de conhecimento e reflexões sobre os problemas ambientais e a importância da educação a respeito do tema. Na verdade, o homem é dependente exclusivo do meio ambiente, para que a qualidade de vida seja a melhor possível, ainda que, involuntariamente, não tenha essa noção.

Através das aulas práticas pode-se conseguir com que o aluno verifique por si só, que os problemas ambientais existem, e fazem hoje parte da realidade. O estudo experimental permite ao aluno um entendimento de que a idéia da Educação Ambiental e outros tópicos em ciência não sejam apenas teoria.

Para que a interdisciplinaridade e a contextualização dos processos científicos no ensino, principal objetivo deste trabalho seja alcançado, um ponto muito importante deve ser observado: a adequação da linguagem a ser usada. Desde aulas expositivas, seguidas de filmes, discussões, dinâmicas de grupo, enfim, tudo deve ser usado de forma a se obter o fim desejado, que é fazer com que os alunos melhorem a consciência ambiental concomitante ao aprendizado da química e de outras disciplinas dentro dos conteúdos. No entanto, a

abordagem multidisciplinar não deve ser vista como algo prontamente aceito pelos alunos. Nem sempre encontraremos alunos dispostos a receber de mente aberta idéias e concepções novas. Por isso, quando surgirem questionamentos por parte dos discentes no decorrer de um trabalho pedagógico em relação ao propósito do tema sugerido, o papel do professor é fazer com que o aluno reflita e encontre após a conclusão das tarefas propostas as suas próprias respostas.

Referências Bibliográficas

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In NOVAIS, R.F.; Álvares, V. H.; SCHAEFER, C.E. G. R. Tópicos em ciência do solo, Viçosa: SBCS, 2000. V. 1, p.299-352

AMIN, Priscilla R.P., PACHECO, Elen B.A.V., Mistura de Propileno e Fibra de Coco, Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano e Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.jorplast.com.br/jpjun04/pag05.html>, visitado em Julho de 2007.

ANVISA. - matéria publicada em Julho de 2007 no jornal O Globo - “Bactérias do Bem”. Disponível em: <http://anvisa.gov.br/divulga/imprensa/clipping/2007/julho/220707.pdf>, pesquisado em Outubro 2007.

BARROS, Claudia Affonso; LEMOS, Judith Liliana Solórzano. “Estudo da degradação de petróleo em solo areno-argiloso com bioaumento fúngico utilizando casca de coco como material estruturante”. *XIV Jornada de Iniciação Científica*, CETEM, 2006.

BARROS, Claudia Affonso; LEMOS, Judith Liliana Solórzano. “Estudo da degradação de petróleo em solo franco-arenoso com bioaumento fúngico utilizando fibra da casca de coco como material estruturante”. *XV Jornada de Iniciação Científica*, CETEM, 2007.

BEISIEGEL, Celso de Rui. *Política e Educação Popular: A Teoria e a Prática de Paulo Freire no Brasil*. São Paulo: Ática, 1982.

BERNARD, A. M. Effects of heavy metals in the environment on human health. In. _____. *Contaminated soils*, Paris, 1995. Paris : INRA, 1997. P.21-33. (Les colloques, nº 85).

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. Lotufo; BARROS, Mario Tadeu L de; SPENCER, Milton; PORTO, Mônica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio – *Introdução à Engenharia Ambiental*. Prentice Hall, São Paulo, 2002. 305 p

BRASIL. *Lei Federal nº 6.939 de 31 de agosto de 1981. Define a política nacional do meio ambiente*

BRASIL, Ministério da Educação (2002), *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) para o ensino médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, pg. 20.

BRITO, Núbia *et al. Compostagem* (2003)– III Fórum de Estudos Contábeis. Faculdades Integradas Claretianas , Rio Claro, SP.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Secretaria do estado do meio Ambiente. São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>, pesquisado em Agosto 2007

CHAÎNEAU, C.H.; ROUGEUX, G.; YEPREMIAN, C.; OUDOT, J. (2005) *Effects of nutrient concentration on the biodegradation of crude oil and associated microbial populations in the soil*. *Soil Biology & Biochemistry* (37), 8: 1490-1497.

CRAPEZ, M. A. C., BORGES, A. L. N., BISPO, M. G. S., PEREIRA, D. C. (2002) *Biorremediação – Tratamento para derrame de Petróleo*. *Ciência Hoje*, 179 (30), 32-37.

CHASSOT, Attico I. *Catalisando transformações na Educação*. In MALDANER, O.A. A formação inicial e continuada de professores de química. Ijuí: UNIJUÍ, 2000, p.102.

COLLIN, P. H., *Dictionary of ecology and the Environment*, fourth ed. Peter Collin Publishing, London, 2001.

CUNHA, C. D. da (1996). “*Avaliação da Biodegradação de Gasolina em Solo*”. Tese M. Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, Brasil, 97p.

DINIZ, Alzira e FRAGA, Helena, CEMAS, Faculdade de Ciência e Tecnologia – UFP – *Poluição dos Solos: Riscos e Consequências*, pag. 97 a 105.
Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/dspace/bitstream/123456789/208/1/artigo7.pdf>, pesquisado em agosto de 2007.

FRANCO, Márcio G.. *Química e Vida, despertando os alunos do ensino médio para a prática de atividades ecológicas*. Monografia apresentada ao Instituto de Química da UFRJ. Rio de Janeiro, UFRJ, 2003.

GOMES, L.M.B, *Remoção de cádmio de soluções aquosas utilizando fibra de coco-da-baía visando o tratamento de efluentes*. Tese de doutorado. Coppe-UFRJ, 2000.

GONÇALVES, Carlos W.P.. Um pouco de filosofia no meio ambiente. In OLIVEIRA, Elísio M. *Educação Ambiental: uma possível abordagem*. Brasília: IBAMA, 1996, p. 95.

GORBUSHINA, A. A.; PALINSKA, K. A. (1999) *Biodeteriorative processes on glass: experimental proof of the role of fungi and cyanobacteria*. *Aerobiologia*. V. 15, n. 3, p. 183-192.

GÜNTER, H. (2005). *Poluição dos solos*. In: Philippi JR. A., Pelicioni M. C. (Ed.). *Educação Ambiental e Sustentabilidade*. São Paulo, Manole, pp.191.

História do petróleo. Disponível me http://histpetroleo.no.sapo.pt/acumula_1.htm, pesquisado em Outubro 2007

MACEDO, Rosana Candido *et al.* (2002), *Biorremediação de solos impactados por óleo cru utilizando fungos filamentosos*, X Jornada de Iniciação Científica, CETEM.

MARTINS, Alceu *et al.* (2003) *Biorremediação*. III Fórum e Estudos Contábeis, Faculdades Integradas Claretianas, Rio Claro, SP.

Disponível em: www.ceset.unicamp.br/lte/Artigos/3fec2401.pdf , pesquisado em Agosto de 2007

MORAIS, E. B. (2005) *Biodegradação de Resíduos Oleosos Provenientes de Refinaria de Petróleo Através do Sistema de Biopilhas*. Dissertação de mestrado apresentada ao instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade estadual Paulista.

MOURA, T.S.; SANTOS, R. M.; RIZZO, A. C. L. (2005) *Simulação de um Processo de Atenuação Natural de Solo Contaminado por Petróleo*. In: I UFRJ Ambientável. Rio de Janeiro, RJ.

NOGUEIRA, P.A. *et al.* (2000) *Coconut coir waste, a new viable ecogilly – Frindly peat substitute*. *Acta Horticultural*, v.517, p, 279-286.

OLIVEIRA ,E. M. (1996); *Educação Ambiental: uma possível abordagem*. Brasília: IBAMA, p.99.

OLIVEIRA, Sabrina Dias; LEMOS, Judith Liliana Solórzano (2005); “*Biodegradação de Petróleo de solo areno-argiloso por fungo filamentosos*”. XIII Jornada de Iniciação Científica, CETEM.

PEDRON, Fabrício de Araújo, DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz, AZEVEDO, Antônio Carlos de, KAMINSKI, João (2004); *Solos urbanos* - Ciência Rural, v.34, n.5, set-out.

PINO, G. A. H. (2005). *Biossorção de Metais Pesados Utilizando Pó da Casca de Coco Verde (cocos nucifera)*. Tese M.Sc. Pontifícia Universidade Católica, Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, Rio de Janeiro, Brasil.

PITOMBO, Luiz Roberto de Moraes; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro (1998); “*Experiência sobre solos*”, GEPEQ, Instituto de Química, USP. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, nº 08, SBQ, p. 39-41.

CRUZ, José Flávio Martins; PUC-RIO – Certificação Digital nº9716243/CA – Caracterização de Gasolinas por Espectroscopia FT – RAMAN - Tese M.Sc - Disponível em:

http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/cgi-bin/PRG_0599.EXE/4333_3.PDF?NrOcoSis=98768.CdL

pesquisado em: Outubro 2007

PUTSKE, Jair; PUTZKE, Maria Terezinha Lopes (2002); *Os Reinos dos Fungos* – Santa Cruz do Sul: EDUNISC, Vol. 02, p,661 – 664.

RODRIGUES, S.; DUARTE, A. C. (2003). *Poluição do solo: revisão generalista dos principais problemas*. In: CASTRO, A., DUARTE, A., SANTOS, T. (Ed.). *O Ambiente e a Saúde*. Lisboa, Instituto Piaget, pp. 136-176.

RHYKERD, R.L., CREWS, B., McINNES, K.J. & WEAVER, R.W., Impact of bulking agents, forced aeration, and tillage on remediation of oil-contaminated soil. *Bioresource Technology*. V 67.p. 279-285, 1999.

ROSA, M. F.; ABREU, F. A. P.; FURTADO, A.A.L.; BRÍGIDO, A.K.L.; NORÕES, E.R.V. (2001) *Processo agroindustrial: obtenção de pó de casca de coco verde*. Comunicado Técnico, nº61, EMBRAPA Agroindustrial Tropical. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/>

SANTA MARIA, Luiz Claudio de, *et al.* “Petróleo: Um tema para o ensino de química”. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, nº 15, SBQ, 2002, p. 19-23.

SANTOS, Renata da Matta (2007). *Avaliação da adição do pó da casca de coco verde, como material estruturante, na biorremediação de solo contaminado por petróleo*. Tese M.Sc. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, Brasil.

SARKAR, Dibyendu; FERGUSON, Michael; DATTA, Rupali; BIRNBAUM, Stuart. *Bioremediation of petroleum hydrocarbons in contaminated soil: Comparison of biosolids addition, carbon supplementation, and monitored natural attenuation*. Environmental Pollution 136 (2005) 187-195

SENHORAS, E. M. (2003). *Estratégias de uma Agenda para a Cadeia Agroindustrial do Coco: Transformando a Ameaça dos Resíduos em Oportunidades Eco- Eficientes*. Monografia apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <http://www.cocoverderj.com.br/CocoMonografia.pdf>

Site Setor Reciclagem – “Fibra de coco gera renda”.

Disponível em:

<http://www.setorreciclagem.com.br/modules.php?name=News&file=article&sid=519>,

pesquisado em Outubro 2007

SOLOMON, Joan, DUVEEN, Jon, SCOTT, Linda. *Pupil's Images of Scientific Epistemology*; In MALDANER, O.A.A formação inicial e continuada de professores de química. Ijuí : UNIJUÍ, 2000, p. 108

TRINDADE, P.V.O. (2002). *Avaliação das técnicas de bioaugmentação e bioestimulação no processo de biorremediação de solo contaminado por hidrocarbonetos de petróleo*. Tese M. Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, Brasil, 127p.

USEPA – U. S. Environmental Protection Agency (2004). How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites: A Guide for Corretive Action Plan Reviewers. (EPA 210-B-94-003, EPA 510-B-95-007, and EPA 510-R-04-002).

Disponível em:

<http://www.epa.gov/oust/pubs/tums.htm> ou http://www.epa.gov/oust/pubs/tums_ch5.pdf

Anexo I

O Globo
22/07/2007
Ciência

Bactérias do bem

Laboratório do Rio usa micróbios inofensivos para limpar áreas afetadas por vazamento de óleo

Ana Lucia Azevedo

A simples menção do nome bactéria faz muita gente pensar em doença. Porém, bactérias também podem ser remédio. No caso, medicamentos para o planeta. Cada vez mais estudos provam a importância dos microorganismos na recuperação de áreas afetadas por vazamentos de petróleo e outros poluentes. Há bactérias capazes de “comer” óleo, neutralizar metais pesados e compostos que matariam qualquer outra criatura. Algumas espécies degradam celulose e têm aplicação na indústria. São micróbios do bem, encontrados em todo canto, dos manguezais do fundo da Baía de Guanabara a campos da Antártica, no lugar mais remoto do planeta.

E foi justo na Antártica que pesquisadores do Rio descobriram espécies novas e promissoras de bactérias capazes de fazer biorremediação – o nome técnico que se dá à limpeza com microorganismos de ambientes poluídos. Rosado é um entusiasta do potencial dos microorganismos no combate da poluição e no melhoramento da indústria.

- A Antártica é um ambiente extremo e os microrganismos que se adaptam à vida lá são altamente especializados – diz o cientista.

Em seu laboratório, ele estuda a diversidade desses organismos com a ajuda de técnicas genéticas, capazes de identificar organismos novos. A diversidade do mundo dos micróbios supera em muitas vezes a de plantas e animais.

Se estima que mais de 90% das espécies ainda não tenham sido descobertas. Há apenas 5 mil espécies classificadas.

- Um grama de solo pode abrigar até 11 mil espécies diferentes.

O potencial é imenso. Hoje, a indústria dos microorganismos é benéfica. Só uma pequena parcela causa doenças.

- A maior parte das células de nosso corpo não é humana. São organismos unicelulares, como as bactérias, que vivem em simbiose conosco e sem os quais não sobreviveríamos.

Os microorganismos são onipresentes, são a alma da Terra. Ainda são muito pouco conhecidos. Não sabemos, por exemplo, qual sua vulnerabilidade às mudanças climáticas – observa o cientista.

As bactérias benéficas que Rosado estuda já foram empregadas com sucesso na limpeza de áreas contaminadas por petróleo no estado do Rio.

- Na verdade, essas bactérias já existem no próprio ambiente. Bactérias que degradam petróleo podem ser encontradas em praticamente qualquer ecossistema. Nosso trabalho é analisar as necessidades para fazer a biorremediação. Podemos, por exemplo, cultivar bactérias em laboratório em liberar ambientes controlados uma quantidade maior delas. Ou ainda criar condições para que se multipliquem com mais facilidade, como “fertilizar” o solo ou água com elementos dos quais elas precisam para se reproduzir – explica o pesquisador.

Esses microorganismos metabolizam os compostos do petróleo. O resultado de sua “digestão” é água. O ambiente fica completamente limpo.

- Muitas vezes o que fazemos é acelerar o trabalho das bactérias. Por exemplo, se um manguezal contaminado for deixado à própria sorte os micróbios que vivem lá podem fazer a limpeza em 10 ou até 30 anos. Com a nossa intervenção, esse tempo poderia ser reduzido para um ou dois anos – frisa Rosado.

Entre as bactérias estudadas estão as Pseudomonas. São devoradoras universais. Petróleo e pesticidas para elas são refeição.

- A degradação do poluente é total – garante.

Ele foi à Antártica em busca de espécies novas que podem ser úteis aqui e essenciais para combater desastres ambientais no continente gelado.

- Hoje, a contaminação por óleo já é o principal problema ambiental da Antártica. Não adianta usar espécies que conhecemos aqui, lá, porque elas morreriam com o frio. Precisamos usar espécies antárticas – diz Rosado, que integra o projeto Microbiologia da Antártica, do qual participam cientistas da UFRJ e da Universidade de São Paulo.

As bactérias não são o único alvo do projeto, que contempla estudos com vírus, arqueas (outro tipo de microorganismos) e fungos.

- Ainda estamos no início. Certamente descobriremos espécies de grande aplicação – aposta Rosado.

Anexo II

Proposta de trabalho em grupo

Grupo	Nº Alunos	Tópico
I	7	Solo
II	7	Petróleo
III	7	Casca de coco (resíduos)
IV	7	Microorganismos

Cada grupo trabalharia as disciplinas correspondentes onde cada aluno do grupo seria responsável por uma disciplina (química, biologia, física, matemática, história, geografia e artes). Dependendo do tópico a ser trabalhado, poderia se ter dois ou mais alunos para uma disciplina, ou cada aluno para duas ou mais disciplinas. Depois, os alunos relacionados a disciplina específica faria um outro trabalho correspondente, ou seja, os alunos responsáveis pela disciplina química em cada grupo, se juntariam e fariam um outro trabalho, que envolveria todos os tópicos, sendo um trabalho mais abrangente, onde cada aluno levaria sua bagagem de conhecimento para o grupo.

No final teríamos dois trabalhos, um geral e um relacionado a cada disciplina.

Isso possibilitaria a convivência social dos alunos, o aprendizado do trabalho em equipe, responsabilidades cabíveis a cada um, comprometimento, aprimoramento da capacidade de pensar, refletir e solucionar problemas e por fim uma gama de aprendizado, pois envolveria a aplicação de todas ou quase todas as disciplinas.

Anexo III

Fotografias das Maquetes apresentadas na Semana da Ciência de Tecnologia em 2006 e 2007, por Valéria Millioli (CETEM)



Fotos: Valéria Millioli, 2007

As fotos da maquete, referem-se: 1 – contaminação do solo por petróleo; 2 – condições que afetam a biorremediação do solo, como pH, temperatura, nutrientes, umidade, surfactantes; 3 – Microorganismos degradando o petróleo, de uma maneira didática, onde se vê os ‘bichinhos’ se alimentando numa mesa com pratos, onde se lê “DEGUSTAÇÃO; 4 – o solo já descontaminado sendo inserido novamente ao meio ambiente.