

Alessandro Costa da Silva

QUÍMICA AMBIENTAL

Uma Abordagem Introdutória e Generalista

São Luís



EDITORA UEMA
Cogito. Ergo Sum

© copyright 2014 by UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.
Todos os direitos desta 1ª edição reservados à Editora UEMA.

QUÍMICA AMBIENTAL: Uma Abordagem Introdutória e Generalista

Este livro foi selecionado por meio de Edital Público.

Edital Série Didática da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, PPG-UEMA.

CAPA

Alessandro Costa da Silva

REVISÃO

Marcos Miranda Santos

Ayana Brêtas da Silva

INDEXADO POR / INDEXAD BY

Bibliografia Brasileira

1ª Impressão, janeiro/2014. Tiragem: 500 exemplares.

2ª Reimpressão, março/2016. Tiragem 1.000 exemplares.

3ª Reimpressão, março/2018. Tiragem 1.000 exemplares.

4ª Reimpressão, março/2020. Tiragem 1.000 exemplares.

Silva, Alessandro Costa da.

Química Ambiental: uma abordagem introdutória e generalista / Alessandro Costa da Silva. - São Luís: 2014. Reimp. 2020.

309 p.

ISBN: 978-85-8227-066-0

1. Química. 2. Meio ambiente. 3. Educação. I. Título

CDU: 54:502/504

SUMÁRIO

	Pg.
Prefácio	5
Apresentação	7
Presentation	10
Capítulo 1. Conhecendo a química ambiental	11
Capítulo 2. Histórico dos grandes acidentes	31
Capítulo 3. Química e meio ambiente	53
Capítulo 4. Riscos ambientais	85
Capítulo 5. Agentes químicos	111
Capítulo 6. Estocagem de produtos	141
Capítulo 7. Gestão ambiental	163
Capítulo 8. Monitoramento ambiental	191
Capítulo 9. Áreas degradadas	215
Capítulo 10. Gerenciamento de resíduos	235
Considerações finais	255
Referências bibliográficas	257
Exercícios propostos	267
Gabarito	307

Um maranhense:

Odorico Mendes.

Uma maranhense:

Maria Firmina dos Reis.

frase de um maranhense:

Acredito que a leitura para um homem seja tudo, é mais do que a bengala para um cidadão cego.

José Louzeiro

(...) para outro maranhense:

Meu caro Coelho Neto, nesse começo de carreira aqui na Corte me pergunto: escrever pra quê? dão-me letras para viver, mas eu sei como sobrevivo; digo-te apenas que: no dia, que não espero, me garantir somente a cama e o teto, deixarei de mão a pena, papel e tinta; que até hoje só me tem servido para incompatibilizar-me com os religiosos, políticos e com a nobreza. Os editores, esses sim, enriquecem como os fazendeiros, as custas dos escravizados.

Aluísio Azevedo

Prefácio

Richard Dawkins escreveu no seu livro *Capelão do Diabo*, “[...] tenho dedicado toda a minha vida ao ensino, fico angustiado ao pensar nos maus rumos que a educação vem tomando.” Eu percebo essa angustia no professor Alessandro Silva. Percebo, também, uma vontade de transformar, de mudar, de elevar o ensino da química ambiental e torná-la acessível a todos. Sempre na frente, e não do lado de ambientalistas-desenvolvimentistas, como ele mesmo preconiza.

O professor Alessandro é um desses profissionais que quando a gente encontra pelos corredores da vida temos que parar para um dedo “de prosa”. Conheço o professor desde 2000, estavámos ministrando um curso na cidade de Itapecuru, terminava o expediente e ficávamos a noite na frente do hotel Tropical, jogando conversa fora. O jovem doutor já chamava minha atenção, não por falar muito, mas pelo conhecimento holístico e sua habilidade de explicar assuntos complexos. Lembro-me de uma história que achei interessante, tentarei resumir:

Ele contava empolgadamente sobre a Batalha de Guaxenduba, onde os portugueses estavam perdendo para os franceses e no desespero, sem munição pegaram areia (monazítica) da praia e colocaram nos canos de seus rifles, que acabou funcionando como pólvora, mas disseram que, nesse dia (19 de novembro de 1614) tiveram uma visão de uma santa, que os ajudou. Daí nasceu o conhecido milagre de Nossa Senhora da Vitória a padroeira da cidade de São Luís.

Lembro que ele detalhava como a ciência pode estar dentro de algumas lendas: “Esse tipo de areia monazítica apresenta cor preta, não devido a matéria orgânica, mas à presença de *terras raras* elementos químicos como tório, lantânio, ítrio etc. que podem ser usados como utensílios tecnológicos e, principalmente bélicos; por isso, foram esgotadas. Embora existissem em todo litoral, hoje temos resquícios na região de Cururupu”. Ele dizia que aqui era comum a pirataria: relatou o caso da pescada (branca e amarela), onde *estrangeiros* compravam o peixe, retiravam as vísceras e depois o devolviam *intacto* para o pescador. Com o passar do tempo, descobrimos que o colágeno comprado (caro) nas lojas de importados, era extraído justamente das vísceras (*bexigas natatórias*) da pescada maranhense. Assim como os

asiáticos apreciam pés de frango (que descartamos) por serem ricos em colágeno. ... precisamos de mais pesquisa, enfatizava o professor.

Lendo este livro conclui que minha análise sobre o professor estava correta, ele consegue trazer temas importantes para a sociedade contemporânea, sem perder a simplicidade e o academicismo. É uma coletânea de textos e experiências trabalhados pelo professor em sala de aula. Mas com um olhar experiente que tenta sempre detalhar com clareza os assuntos para o leitor, qualquer que seja sua área de formação, não só para os químicos: “um profissional atuando com Química Ambiental não obrigatoriamente deva ser um químico por formação”.

Essa citação deixa claro a responsabilidade que temos com as questões ambientais. Não podemos tentar tapar o sol com peneira, diante de tantos problemas vivenciados por toda a sociedade moderna e muito bem abordados nos dez capítulos deste livro. Como nos alerta o professor: “o equilíbrio da vida dependerá do relacionamento mútuo e harmonioso entre Homem e o seu Meio.”

Este livro não tem a pretensão de salvar o mundo, mas aponta questões que devemos colocar para reflexão no nosso dia a dia. Com essas pequenas ações em favor do meio ambiente e de um novo estilo de vida, podemos diminuir consumos além de, por exemplo, fomentar a eliminação de resíduos, da emissões de carbono e ser ambientalmente seguro para evitar tragédias futuras.

O que o professor Alessandro quer, é iniciar uma mudança de consciência de toda uma população a partir do indivíduo. Sem precisar de rótulos, mas que se envolva com as questões da sua comunidade, que defendam uma causa, o bem estar de todos. O que ele quer mesmo é nos passar é o seu segredo da felicidade: endurecer, sem perder a ternura. Viver de forma mais simples, reduzindo, reusando, reciclando e, estudando química ambiental.

Assim, cabe saudar o nascimento deste livro *Química Ambiental, uma abordagem introdutória e generalista*, o qual, em boa hora, se apresenta no cenário acadêmico para provocar discussão e reflexão.

Professor Jorge PASSINHO

Diretor do Centro de Ciências Tecnológicas
Universidade Estadual do Maranhão

Apresentação

Meu caro leitor, vou começar explicando o título do livro: *Química Ambiental*, é bem mais que estudar “química” e estudar “meio ambiente”. É na verdade estudar a interação entre eles, daí reside sua complexidade. O tema é recorrente da demanda atual, no que se refere aos problemas ambientais. Lembrando que ao usar a palavra “problema”, estou afirmando que existe uma solução. Mas para esses “novos” problemas não cabe mais, dar respostas “velhas”.

Acho importante explicar, também o complemento do título: *uma abordagem introdutória e generalista*. Essa frase parece negar ao livro uma certa “especificidade”, fazendo crer que eu juntei vários textos e, de repente, os compilei num “pacote”; o que não é verdade. *Abordagem introdutória* foi usada por sua complexidade, enquanto *generalista* foi por sua abrangência.

Embora a questão do meio ambiente seja uma discussão interdisciplinar; a *Química Ambiental*, enquanto “tema” ainda é vista como sendo multidisciplinar, isto é: cada profissional atuando e contribuindo no seu “quadrado”. Esse tema, que alguns (poucos) pesquisadores insistem em incluí-la dentro da Química Analítica, congrega outras terminologias como: Química Medicinal, Química Limpa, Química Forense, Química Verde, Química Sustentável, Química Ecológica. Com poucas exceções, a maioria das instituições de ensino (médio, técnico ou superior) abrem concurso público usando: *Professor da disciplina Química Ambiental*.

O texto está na perspectiva do CSTA (Ciência, Sociedade, Tecnologia e Ambiente) do inglês STEAM (Science, Technology, Environmental, Arts and Mathematic), reforçando sua complexidade e pluralidade.

Distribuído em 309 páginas, este livro apresenta informações (complementares) referentes ao “programa” da disciplina Química Ambiental. Confesso que, no início, por ansiedade, escrevi pensando nos meus estudantes de Química e de Biologia. Entretanto, devido ao fato dessas informações permearem as ciências tecnológicas, agrárias, sociais e da saúde; o livro ficou abrangente.

Para facilitar o entendimento, o conteúdo foi separado em dez capítulos, redigidos de forma independente, embora com forte correlação. E que pudesse ser lido por *profissionais* com as mais diferentes habilidades, *estudantes* de curso técnico, *professores* e *universitários* nas suas mais diferentes formações. Vejamos estes capítulos:

No primeiro, *Conhecendo a química ambiental* faremos algumas considerações sobre o tema, seus conceitos e aplicabilidade; no segundo, *Histórico dos grandes acidentes* relataremos alguns dos mais graves acidentes ocorridos em nível global; no terceiro, *Química e meio ambiente* entenderemos os fundamentos para uma química sustentável e suas ferramentas analíticas; no quarto, *Riscos ambientais* comentaremos sobre situações de risco e sua importância na área de segurança; no quinto, *Agentes químicos* conheceremos as substâncias nocivas e sua relação com saúde, no sexto, *Estocagem de produtos* entenderemos sobre segregação e tipos de produtos perigosos; no sétimo, *Gestão ambiental* comentaremos sobre as questões legais e políticas de meio ambiente; no oitavo, *Monitoramento ambiental* entenderemos sobre amostragem, coleta e tratamento químico-matemático de amostras; no nono, *Áreas degradadas* comentaremos sobre projetos de recuperação ambiental, bem como a relação solo e o ambiente; por fim, no décimo, *Gerenciamento de resíduos* aprenderemos sobre especificação química e disposição dos resíduos, com ênfase nas universidades.

É provável, devido a abrangência do tema, que um outro pesquisador modificasse a estrutura dos capítulos, ou mesmo a disposição dos assuntos, aumentando ou diminuindo os conteúdos, ou incluindo figuras. O que seria coerente: os profissionais pensam e sentem de forma individualizada, de acordo com suas formações. E, já adiante, não foi minha pretensão fazer um livro figurativo-ilustrativo.

Alguns leitores poderão achar o texto enfadonho, ou mesmo cansativo, por não ser ilustrativo o que é compreensível. Por isso, me antecipei nessas explicações. E se você ainda assim, quiser continuar, fico contente e aceitarei suas críticas e sugestões. Mas para aqueles que estão em dúvida, vou parafrasear Aluísio de Azevedo: “quem não

tiver, a respeito do naturalismo, ideias claras e seguras, fará, deixando de ler *O Homem* um grande obséquo a quem escreveu”.

(...) Parece haver um consenso: não podemos prescindir da Química, até porque ela é vida, é “tudo”. Porém, a pergunta que se faz é: *Quais as consequências de seu uso indiscriminado para a saúde humana e ambiental?* Essa resposta, além de importante, pede urgência. Quanto mais pessoas perceberem que a Química Ambiental é uma ferramenta para conservar e preservar os recursos naturais com sabedoria e ética; mais chances haverá de deixarmos um planeta saudável e durável para toda uma geração futura. Digo isso, porque temos a obrigação de oferecer respostas para os problemas ambientais. Por isso a *capa* do livro foi produzida em papel cartão reaproveitado e as *folhas* em papel pólen, daí suas cores amareladas. Para termos um papel branco, produtos químicos são requeridos no processo de branqueamento (como acontece com açúcar) portanto maior possibilidade de contaminação ambiental.

Queria socializar que os estudantes (leram a boneca), disseram não haver relação de alguns assuntos com Química Ambiental. Expliquei, o que não foi fácil, que sempre terão afinidade. Mesmo sabendo que não os convenci, ainda assim, convido você a ler este livro: seja por interesse, necessidade ou por delicadeza. Ler sempre traz inquietações, que serão potencializadas/minimizadas com novas leituras; cabendo ao leitor o papel de protagonista, uma vez que a ele é dada a tarefa de “criar” essa afinidade.

Diante do exposto, este livro é um convite à reflexão sobre as contradições e os desafios que enfrentamos na busca pelo uso racional dos recursos naturais. Seu principal objetivo, faço questão de repetir, não é somente os conceitos e as especificações químicas. É mostrar ao leitor o quão importante é selecionar o conhecimento plural da Química Ambiental, na tentativa de termos um ambiente ecologicamente saudável, economicamente viável e socialmente justo.

Não podia finalizar sem fazer um agradecimento para minha esposa: aquela que não é minha alma gêmea. E, como os opostos se atraem: Neste ano, 2014, festejamos 20 anos de casados.

Lhe desejo, uma boa leitura!

Presentation

Dear reader, beginning the explanation of the title of the book *Química Ambiental* (Environmental Chemistry). The theme of the present book is something beyond the studies of Chemistry and studies of Environment. It's actually is all about the interactions in between them, considering the complexities. The present theme, Environmental Chemistry, is continual for the current demand of the society, regarding the environmental problems. But the new problems related to the mention theme cannot be resolved using the old strategies.

I think, it's also important to detailed, the complement of the subtitle: *Uma abordagem introdutória e generalista* (An introductory and generalist approach). The subtitle seems to ignore certain specificity of the book, making reader convinced that I have putted together several texts and compiling in to a package all at once which is not true.

The term *abordagem introdutória* (introductory approach) was used for its complexity, while the term *abordagem generalista* (generalist approach) was used for broadness. Our theme, Environmental Chemistry, also includes other terminologies such as: Medicinal Chemistry, Clean-up Chemistry, Forensic Chemistry, Green Chemistry, Sustainable Chemistry and Ecological Chemistry.

The present book is written in 309 pages, presenting texts, which cover the most part of the mentioned topics related to the theme. Firstly, I confess that, because my anxiety, in early moment I wrote just thinking of my students of Chemistry Graduated and students of Biology Graduated. But soon after, it was realized that, it can be read by professionals of other area of sciences, including non-technical.

To make easy for the readers, the content is arranged into ten chapters, written independently, with a strong correlation, which can be read by: professionals with the most different skills, technical students, professors and university students in their most different levels.

Considering the above view, this book is an open invitation to all types of readers, reflecting the contradictions and challenges that we face in search of the rational use of natural resources. The main purpose of the present book, is to describe the importance, access and select knowledge in order to have an attempt on a healthy, economically viable and socially rightful environment.

I wish you a good reading!

Capítulo 1. Conhecendo a química ambiental

*Neste capítulo, faremos uma breve introdução do tema, desde a origem dos elementos até os conceitos ambientais, seja numa visão acadêmica ou cotidiana. Tais considerações visam a melhor compreensão do que significa o tema, com todas as suas nuances, diversidade, complexidade e interações. Para evitar repetição, o termo *Química Ambiental* poderá ser substituído, em alguns momentos, pela palavra “QuiAmb”.*

1.1 As origens

Não poderia iniciar este livro sem comentar sobre a nossa “origem”; do início de tudo, da percepção de nosso planeta, da natureza e de todos nós. O que compulsoriamente passa pela origem dos *elementos químicos*, pois são eles os “primórdios”, os mais leves, os mesmos daquele “do sopro de Deus”. Por isso, esse capítulo terá um enfoque holístico, sem esquecer o ambiental. (...) *Ganges, é o rio mais sagrado, e também: o mais poluído.*

Quero antes enfatizar que, apresentar o termo *Química Ambiental* a alguém, é como explicar, de uma hora pra outra, termos como “Epistemologia” ou mesmo “Positivismo”; vão requerer, uma discussão prévia para melhor alinhar essa explicação.

Por isso vou começar o texto enfocando, de forma resumida, a química em suas mais diversas percepções desde: *explicação pra tudo* na época dos alquimistas, *resposta para nossos anseios* na visão dos cientistas, *pilar da tecnologia mundial* na visão dos desenvolvimentistas, *responsável pela destruição da natureza* na visão dos ambientalistas, até a química como *única possibilidade de reverter a situação* na visão dos contemporâneos.

Muito se diz que os diferentes ramos da ciência sempre olharam para a natureza como frágil e finita. Mas, se isso fosse verdade, atividades antrópicas voltadas para o crescimento das cidades, não estariam vinculados a “destruição da natureza”.

A teoria ecológica não migrou para a sociológica por causa da degradação ambiental. O que chamou a atenção dos pesquisadores das áreas humanas não foi o fato de como as populações antigas se mantiveram em respeito pelo seu ambiente natural; até porque desde o “povoamento” somos predadores. Mas de como as populações contemporâneas conseguiram transgredir limites; distanciando-se das suas origens naturais.

E a teoria química? se é que podemos nos expressar assim. Essa é longínqua, vem desde os alquimistas, com os *quatro elementos*, passando pela *pedra filosofal*, até a busca do sonhado *elixir da longa vida*. Esses argumentos praticamente dominaram o pensamento filosófico até final do século XI. Como sabido, esses argumentos não nos levaram a lugar algum. Atualmente, essa teoria é vista como um avanço intelectual e tecnológico em nível planetário. Seja no estudo da química dos ambientes, dos alimentos, dos fármacos e da própria vida, reações químicas que nos mantém vivos. Seja pelas contradições: armas químicas, explosivos, drogas alucinógenas, alimentos sintéticos, e de resíduos tóxicos, colocando agora em perigo, não só o homem, a fauna e/ou a flora, mas todo o recurso natural.

Nos meados do século XX essa “teoria química” começa a ser colocada em xeque; primeiramente, na década de 40, por alguns pesquisadores preocupados com o surgimento de novos compostos, depois com movimento *hippie*, da década de 60, preocupados com a finitude da natureza; e difundido pelos grupos ambientalistas como por exemplo em 1972, a Conferência de Estocolmo e em 1992, 2002 e 2012, a Conferência do Rio, Rio+10 e Rio+20, respectivamente.

Embora vista como responsável por contaminações ambientais, essa “química” também precisava migrar para ser aceita, não só por esses grupos, mas por toda a população. Até porque somente essa “nova química”, é quem poderia garantir o desenvolvimento sustentável, atuando na elaboração de produtos ambientalmente saudáveis. Além de ter ferramentas para identificar, quantificar e mitigar os impactos ambientais. Fomentando, inclusive, a premissa de que a química está presente em tudo, e se não houver mais química, certamente não haverá mais vida.

A contribuição da *QuiAmb*, veio, no início, buscar processos e produtos mais ecológicos, com baixos insumos, agregando valor aos resíduos e dispendo corretamente os rejeitos. Hoje, busca também soluções para a questão da contaminação-degradação, consequência da falta de conhecimento a respeito da resiliência ambiental.

Se a natureza é ou não capaz de reverter infinitamente os danos sofridos; é um enigma a ser resolvido (*solve the riddle or die*). A *QuiAmb* já está aí; e veio pra fazer a diferença, não só porque trouxe uma outra visão *dos* e *para* os químicos, mas porque ratificou que somente os profissionais da *QuimAmb* apresentam as habilidades e competências para perceber, antecipadamente, modificações antrópicas¹ no equilíbrio ambiental. Daí reside sua importância na sociedade moderna; como mediador, nem do lado de desenvolvimentistas e nem de ambientalistas; *sempre na frente*, puxando as discussões; polarizar empobrece o debate.

Com isso, a *QuiAmb* trouxe novos desafios fornecendo conhecimento sobre detecção, identificação e quantificação de contaminantes nos diversos ambientes e novas ações, incentivando a criação da Comissão de Proteção de Armas Químicas das Nações Unidas, por causa de sua “invisível” letalidade. Além de fomentar estudos sobre os elementos-traço, pois estão presentes desde a formação da Terra. Alguns podem ser benéficos aos seres vivos; tendo funcionalidade no organismo; enquanto outros são altamente nocivos aos seres humanos. Esse assunto será retomado no item 5.3.

1.2 Nucleossíntese

Diante do que vimos, é coerente iniciar nossas discussões com a origem de "tudo". Para isso, vamos fazer uma pequena introdução sobre a origem dos elementos químicos, por meio da nucleossíntese. Não é nossa pretensão entrar em detalhes sobre a cronologia. Por isso, não faremos relatos da teoria dos elementos de Empédocles (terra, água, fogo e ar), que foi modificada por Aristóteles, depois por Dalton, e posteriormente pela teoria atômica de Thomson, Rutheford, Bohrs, dentre outros. Esses

elementos, descobertos em diferentes países, necessitavam de uma padronização, que veio com Jöns Berzelius propondo o emprego de símbolos dos nomes em latim: Argentum, Ag (Prata); Sulfur, S (Enxofre) e Plumbum, Pb (Chumbo). E também de uma organização: assim surge a Tabela Periódica, onde os elementos estão dispostos em ordem crescente do N° Atômico (Z). A tabela está em constante mudança, devido ao surgimento de novos elementos sintetizados no laboratório. Cabe aqui lembrar que todos esses elementos apresentam diferentes e diversas propriedades e, dependendo da forma de sua utilização podem ser maléficos e/ou benéficos.

A teoria da nucleossíntese (1957), chamada de B_2FH , em homenagem a seus pesquisadores, acredita que a origem dos elementos, na forma de isótopos, estaria ligada a evolução das estrelas, visto que os elementos foram sintetizados por reações nucleares das quais as estrelas derivam. A formação desses elementos ocorreria durante os primeiros 30 min após a explosão por captura de neutrons. Os mais abundantes no sistema solar seriam os elementos mais leves (H e He), sendo que a abundância dos 50 primeiros cai exponencialmente com o aumento do Z . Elementos com Z par, são mais abundantes que seus vizinhos ímpares e, aqueles com Z baixo (Li , Be e B) é pequena, quando comparada com outros de Z , também baixos como C , N e O . A abundância do “Fe” é notoriamente maior do que outros elementos com Z similares (Mn e Co), e que elementos como o “Tc” e o “Pm”. Esses (Tc/Pm) não ocorrem no sistema solar, mesmo com Z menor que 83; isto deve-se a instabilidade de seus isótopos.

Essa abundância de átomos de Fe ($Z=26$), em relação a outros átomos circunvizinhos, como Mn ($Z=25$) e Co ($Z=27$), que ocorreu de forma estelar há bilhões de anos; já foi percebida pelos químicos (elementos siderófilos) e astrônomos (presença de Fe nos meteoros) Lembrando que o Ferro é o mais abundante no globo terrestre, com cerca de 40%. O texto a seguir pode ficar cansativo; mas uma forma ilustrativa é apresentada no livro *a colher que desaparece* de Kean Sam e *a tabela periódica* de Primo Levi, pode também ser visualizada

em um dos episódios da série “Cosmos”, disponível na Internet. Os dois processos de formação dos elementos, descritos a seguir, foram fundamentados no livro de Faure Gunter².

O primeiro, consiste de dois núcleos de “H” contendo um próton cada, que colidem para formar um núcleo de deutério (${}^2\text{H}_1$) mais um pósitron (β^+) e um neutrino (ν); cada reação destas espécies liberam 0,422 MeV de energia. O pósitron, ou β^+ interage com a carga negativa do elétron dando 1,02 MeV. O núcleo do ${}^2\text{H}_1$ colide com outro próton para formar o núcleo de ${}^3\text{He}_2$, mais radiação gama (γ), produzindo 5,493 MeV. Finalmente dois núcleos de ${}^3\text{He}_2$ devem colidir para formar ${}^4\text{He}_2$ com 12,859 MeV. O resultado final é 4 núcleos de “H” fundidos para formar um núcleo de ${}^4\text{He}_2$, raios γ neutrinos e “ ν ” com 19,794 MeV. O processo inteiro pode ser descrito por uma série de reações a qual o núcleo de “H” e “He” estão representados por seus isótopos. Cabe ressaltar que estes isótopos não existem na forma atômica nas estrelas pois seus elétrons são removidos por causa da alta temperatura.

O segundo processo, consiste em 4 prótons fundidos para formar um núcleo de ${}^4\text{He}_2$ através da cadeia próton-protón. O núcleo de ${}^{12}\text{C}_6$ age como um catalisador, podendo ser usado em outro ciclo. A reação crítica para a queima de “He”, é a fusão de 3 partículas alfa (α) para formar um núcleo de ${}^{12}\text{C}_6$. O problema é que o núcleo de ${}^8\text{Be}_4$ é muito instável e decai rapidamente. Uma reação alternativa envolve a adição de um próton no núcleo do ${}^4\text{He}_2$ produzindo ${}^5\text{Li}_3$, que se decompõe produzindo “H” e “He”. Com o aumento de temperatura no núcleo partículas se fundem com o núcleo do ${}^{12}\text{C}_6$ produzindo elementos com (ainda) altos Z. Porém a repulsão eletrostática entre o núcleo e partículas a limitam ao tamanho dos átomos que podem formar outros caminhos. O átomo de alto Z produzido pela adição dessas partículas é o ${}^{56}\text{Ni}_{28}$, ao qual decai para ${}^{56}\text{Co}_{27}$ e então, estabiliza-se em ${}^{56}\text{Fe}_{26}$. Estas reações, como vimos, causam abundância de ferro, que se espalham pelas estrelas.

Durante o estágio final da evolução das gigantes vermelhas, várias outras espécies de reações nucleares ocorrem, sendo a mais

importante a de captura de neutrons, que produz muitos átomos com Z maior que 26. Estas reações envolvem a adição de neutron para que um determinado átomo produza um isótopo de mesmo Z e massa atômica (A) maior. O núcleo de $^{62}\text{Ni}_{28}$ absorve um neutron, cuja mudança vai para um estado excitado de $^{63}\text{Ni}_{28}$ que se desexcita emitindo raios “ γ ”. Esse átomo $^{63}\text{Ni}_{28}$ é radioativo e decai para uma forma mais estável $^{63}\text{Cu}_{29}$, emitindo partícula “ β ”. Esse $^{63}\text{Cu}_{29}$ é o isótopo estável de “Cu” e pode absorver outro neutron para formar $^{64}\text{Cu}_{29}$. Esse $^{64}\text{Cu}_{29}$ por sua vez, é radioativo, e decai para formar $^{64}\text{Zn}_{30}$ e $^{64}\text{Ni}_{28}$, ambos estáveis. O átomo $^{69}\text{Zn}_{30}$ é instável, capturando neutron para formar o $^{70}\text{Zn}_{30}$ antes que decaia para formas mais estáveis como o $^{70}\text{Ga}_{30}$.

Quando o fluxo de neutrons² não é suficiente para permitir a produção do núcleo, ele decai antes que o próximo neutron seja acrescido; devido a lentidão, é chamado de processo “s”. Uma taxa mais rápida de captura de neutrons é requerida para a formação de $^{70}\text{Zn}_{30}$ a partir de $^{65}\text{Cu}_{29}$, pela adição de 5 neutrons, formando $^{70}\text{Cu}_{29}$ que decai pela emissão de raios β para formar $^{70}\text{Zn}_{30}$. Essa captura sucede em taxas tão rápidas que é chamado de processo “r”, ocorrendo durante poucos instante, da vida de uma gigante vermelha, quando esta explode como supernova. Porém, durante a captura poderá haver formação de átomos estáveis como $^{74}\text{Se}_{34}$, sendo sintetizado pela adição de dois prótons para formas mais estáveis ($^{72}\text{Ge}_{32}$) nesse caso o processo é chamado de “p”. Percebe-se que as nucleossínteses estão ocorrendo em nossa galáxia e também em estrelas de outras galáxias; através do universo. Lembrando que apenas H, He, Li e Be são auto-estrelares (Big Bang) já a proporção de outros elementos variam significativamente, pois as condições locais podem afetar as reações nucleares que contribuem para suas sínteses.

Como visto, mesmo de forma resumida, verificamos que os elementos químicos (metais) surgiram, via nucleossíntese, *a long long time ago*; isto é, ao longo de bilhões de anos. Portanto, fazem parte da composição de todos os seres que habitam nosso planeta, sejam esses animados ou inanimados. Nesse sentido, a nocividade desses metais, deve ser melhor entendida, principalmente nos organismos vivos. Essa

dicotomia entre essencialidade, em baixas concentrações; e, nocividade, em altas; é explicada por meio de sua biomagnificação, e por suas especiações, como no caso do Crômio: essencial na forma trivalente (Cr^{3+}) e nocivo na forma hexavalente (Cr^{6+}). Mais detalhes no capítulo 5, sobre os agentes químicos.

A nucleossíntese, vinda de uma grande explosão (Big Bang), também nos infere a uma outra discussão, agora teológica. Se ela gerou os elementos, que por sua vez, geraram a vida; então posso inferir que, a origem da vida também pode ter ocorrido por um “sopro” de Deus. Explico, se a nucleossíntese se iniciou, como visto, com elementos mais leves, de baixo Z (H e He); e, depois, de forma subsequente em ordem crescente de Z, formando a Tabela Periódica. Posso dizer que Deus também formou o mundo da mesma maneira, visto que, no seu sopro o mundo foi formado pelas partículas pequenas isto é *os mais leves que correm primeiro*. E, se houve uma evolução, por essa “lógica” pode-se dizer: do barro, da religiosidade do Orixá *Naná*, também se formaram os “homens” desde *Erectus* até *Sapiens Idaltus* e *Sapiens Sapiens*.

Na bíblia, esse mesmo barro, que nada mais é do que o carbono $\text{C}_{\text{mineral}}$ evoluindo para um $\text{C}_{\text{orgânico}}$ surge justamente: *Adão* que para multiplicar-sobreviver, teve que tirar parte do esqueleto (costela) e obter *Eva*. Este fato, marcado pela religião pode ser relacionado com a ciência; pois este “esqueleto” nada mais é do que o C, a estrutura das cadeias carbônicas: Química Orgânica. O mesmo carbono, com somente três isótopos $^{12}\text{C}_6$ $^{13}\text{C}_6$ $^{14}\text{C}_6$ que, também, se co-relaciona no Apocalipse, na forma de número cabalístico: “666”, não é muita coincidência? Lembrando que, durante a fotossíntese, as plantas promovem o fracionamento desses isótopos, e essa diferença isotópica, entre o teor de $^{12}\text{C}_6$ e $^{13}\text{C}_6$ do CO_2 , fica registrada nos diferentes compostos que constitui a matéria orgânica vegetal. E, ainda temos os conhecidos ciclos das plantas C_3 e C_4 (...) *mas não vou cansá-los*.

Cabe aqui ressaltar que esse processo evolutivo de formação dos elementos, e por conseguinte, de formação do mundo, já foi discutido,

inclusive, pela própria igreja. Recentemente³, o Papa Francisco, em um discurso na Academia de Ciências do Vaticano fez referência ao processo evolutivo durante divulgação da chamada Encíclica Verde. Entretanto, essa declaração, digamos “evolutiva”, que abalou mais uma vez a forte estrutura da igreja católica, também já ocorreu em épocas remotas. Alguns religiosos também opinam *com-ciência*. Reforçados por princípios bíblicos: aquilo que me foi dado, deve ser cuidado (Jeremias:30,17). A natureza precisa de ajuda e cabe a nós cuidar do que recebemos por herança divina. Mas, faz-se necessário pensarmos como ajudá-la; mais importante do que conhecimentos no campo da ciência e tecnologia é, o uso que faremos com essas informações.

Na encíclica *Divino Affante Spiritu* do ano de 1943, o Papa Pio XII, embora tenha fechado os olhos para o genocídio dos judeus, abriu algumas hipóteses quanto ao “big bang” e quanto a evolução. Comportamento bem diferente do Papa Inocêncio III, em sua infame Cruzada Albigense, que saiu queimando todos aqueles que colocavam a ciência acima da religião, consolidando os rituais da Santa Inquisição.

“Quando lemos no Gênesis sobre a criação do mundo, corremos o risco de imaginar que Deus tenha agido como um mago e sua varinha, capaz de criar todas as coisas. Mas não foi bem assim (...) o big bang, por meio de suas nucleosínteses, que hoje temos como a origem do mundo não contradiz a intervenção criadora, mas a exige. O padre George Le maître da nossa Academia Científica Pontifícia, foi quem usou o termo big bang pela primeira vez. A evolução da natureza não é compatível com a noção de criação divina, pois a evolução exige também a criação de seres que evoluem”.

Jorge Mario Bergoglio

Meu caro leitor, ainda existem muitas outras coincidências entre ciência e religião. Vou finalizar esse item com mais um exemplo. Observando a História da ciência tivemos uma “letargia”, ocorrida na Era Mesozóica, Período do Cretáceo que foi a extinção dos dinossauros. Na religião, também tivemos um “hiato” que foi o dilúvio, lembra?

Respeitando as devidas proporções, já que para a ciência são 4,5 bilhões de anos e para a religião são cerca de 3.000 anos, podemos dizer que em dados relativos estes dois fenômenos ocorreram praticamente na mesma “*época*”. Por isso que cientistas e religiosos não devem ficar se confrontando *quem sabe não polemiza*. E, quando os estudantes me perguntam sobre a comprovação da existência “divina”, respondo como o astrônomo Carls Sagan: “tento não opinar estes assuntos com minhas vísceras, prefiro, quase sempre, usar meu cérebro”.

1.3 Hipótese de Gaia

Sem sombras de dúvidas que o processo mais importante ocorrido em nosso planeta foi o aparecimento da vida, o que deve ter ocorrido cerca de 3,5 bilhões de anos, para um planeta que tem 4,5 bilhões. Segundo Lovelock⁴, esse planeta seria regido e regulado por ele mesmo, como um organismo (Gaia) embora sob influência humana.

Nossa atmosfera, por sua vez, pode ser considerada como um reator de fluxo contínuo com agitação; mantido, em estado estacionário, em que concentrações permanecem constantes devido ao aporte de reagentes e retirada de produtos. A atmosfera redutora de épocas remotas, com pouco O₂, era rica em gases como hidrogênio (H₂), amônia (NH₃) e metano (CH₄). Os processos fotoquímicos mediados pela intensa radiação solar transformava-os em N₂ e CO₂. Fazendo uma comparação entre os teores (%) na terra de bilhões de anos e hoje, percebemos uma mudança: o CO₂ passou de 98 para 0,035; o N₂ passou de 1,9 para 75; e os outros gases, praticamente não mudaram⁵. Foi uma adaptação na composição química, como se o planeta estivesse se preparando para receber os seres vivos. Vejamos:

Nestes últimos 4 bilhões de anos, antes do aparecimento da vida, a concentração de O₂ era de traços, 10¹⁰ vezes menor do que os atuais 21%. Com o aparecimento das primeiras cianobactérias tolerantes ao oxigênio (cerca de 2 bilhões de anos atrás), esse gás aumentou sua concentração passando de traços para 0,2%. Porém, nos últimos 400 milhões de anos

sua concentração tem aumentado gradativamente e hoje tem se mantido constante nos seus 21%. Cabe ressaltar que em atmosfera contendo 15% de O_2 , não se pode queimar nem o mais seco dos carvões. Por outro lado, numa atmosfera contendo 25%, o fogo seria alimentado de tal forma que uma vez iniciado, até as úmidas florestas tropicais seriam transformadas em cinzas. A manutenção dessa quantidade de O_2 na atmosfera, num valor médio (21%) entre a ausência de fogo (15%), e sua existência voraz e incontrolável (25%), seria, de responsabilidade de Gaia, a mãe Terra⁴. Um sistema vivo, pulsante e otimizado, capaz de manter sua temperatura e controlar sua composição para, com isso, manter-se confortável aos que nela habitam. Esse sistema é, autoregulável por um processo ativo, mantido pela energia livre disponível da luz solar.

Embora alguns fatores bioquímicos pudessem ser indícios de vida na Terra, os parâmetros dessas “formas” de vida que se desenvolvia em nosso planeta; certamente não se aplicariam para outros planetas do sistema solar. As leis termodinâmicas, no entanto, já se aplicariam além das fronteiras do nosso planeta, pois são leis universais. E, foi justamente explorando a 2ª Lei da Termodinâmica, a lei do aumento da entropia, que comparamos o estado de equilíbrio existente na atmosfera terrestre com as encontradas em Marte e Vênus. Sobre o aumento da entropia e, por conseguinte da teoria do caos (fractais): ver literatura^{6,7,8,9}.

Voltemos aos percentuais atmosféricos: E a queima de combustíveis fósseis, poderia alterar esse valor médio, de 21%? Bem, parece que sim. Estima-se que o homem já queimou cerca de 10^{16} mols de C, o que consumiu $2 \cdot 10^{16}$ mols de O_2 , ou seja, 0,05% das reservas. Lembrando que, na atmosfera, existe cerca de $3,8 \cdot 10^{19}$ mols de O_2 e $5,4 \cdot 10^{16}$ mols de CO_2 . Se esse gás (CO_2) produzido pelo homem não tivesse sido retirado pela fotossíntese, pela dissolução nos oceanos e pelo intemperismo das rochas; teríamos tido um acréscimo de 37%. As consequências poderiam ser fatais para a vida. No entanto, como o sistema é dinâmico, quem sabe não haveria um “sequestro” desse gás minimizando seus impactos; tudo é possível.

Mas, até que condições, estes mecanismos de remoção de CO_2 seriam capazes de atuar de forma eficiente, do ponto de vista cinético e

termodinâmico? se a hipótese de Gaia⁴, é capaz de controlar a composição química da atmosfera, também seria capaz de controlar a temperatura da litosfera. Lembrando que o sol há 4 trilhões de anos era 30% menos luminoso que hoje, e o nosso planeta, por mais incrível que possa parecer: não era congelado. A explicação para a Terra, nesses 4,5 bilhões de anos, manter sua temperatura; seria pela presença dos chamados “gases de efeito estufa”, principalmente o CO₂. Esse, por sua vez, não esquentava demais o planeta; justamente porque Gaia o controlava. Fazendo com que grande parte do CO₂ fosse assimilado nos oceanos pelos fitoplânctons, mantendo, assim, um mecanismo dinâmico de produção e assimilação; controlando a temperatura.

Como se explicaria, então, termos uma atmosfera oxidante (21% de O₂), e ainda co-existir espécies reduzidas como CH₄, NH₃ e CO?. Para Jardim¹⁰, uma explicação seria a presença de vida no planeta. O oxigênio que hoje existe é, praticamente produto da fotossíntese. Todas as outras fontes fotoquímicas inorgânicas de produção de O₂, contribuem, juntas, com menos de 1 bilionésimo do O₂ que hoje respiramos. De acordo com o evolucionismo viemos da água, justamente por causa dessa mudança abrupta da [O₂] da atmosfera, passando de traços para 21%. E, a única forma de sobrevivermos em tempos remotos (milhões de anos), era ficar dentro d'água, por causa da atmosfera oxidante, até nos adaptarmos e podermos sair.

1.3.1 Pluralidade

Embora exista consistência nos argumentos de Lovelock⁴ sobre Gaia; ainda existem muitos gargalos e, por isso, muitas controvérsias. Para aqueles que necessitam de mais informações, ou mesmo literatura sobre esse assunto, sugiro trabalhos como os de Jardim e Chagas¹¹. Esses pesquisadores indagam se essa Gaia (Terra) estaria provida de um mecanismo de retro-alimentação negativa capaz de minimizar toda a poluição causada pelo homem. Para eles, Gaia não poderia manter a homeostase da biosfera caso o homem a colocasse em risco; e, nesse

caso, ela o extinguiria, para poder se manter num estado não ameaçado. A seguir vamos discutir sobre o CO_2 , o gás do efeito estufa e a contribuição da *QuimAmb*.

Sabe-se, que os ciclos geoquímicos do planeta estão cada vez mais perturbados pelas atividades humanas, e esses distúrbios podem depreciar nossa qualidade de vida. Graças à introdução da *QuimAmb*, de forma multidisciplinar, que hoje, por exemplo, os combustíveis não têm mais chumbo tetraetila e os automóveis liberam quase a metade de carbono sob a forma de monóxido (CO) por litro de gasolina do que gerações passadas, o que foi benéfico em escala local. É bom lembrar que a hemoglobina do sangue tem uma afinidade ao “CO” duzentas vezes maior do que ao oxigênio, prejudicando assim o seu transporte, e por conseguinte a saúde da população.

Agora em escala global, vamos ter que resolver outro problema: o aumento de C, agora na forma de dióxido (CO_2), que traz consigo, dentre outros desconfortos, a possibilidade desse gás ser o responsável pelo aquecimento global. Essas duas formas de C, por meio das substâncias CO e CO_2 representam os dois lados da moeda ambiental, os efeitos locais versus os efeitos globais da atividade humana.

A qualidade ambiental melhorou em muitas localidades graças aos controles ambientais e às novas tecnologias, mas os problemas globais mal começaram a ser abordados e são mais difíceis de serem resolvidos. O monóxido (CO) é um gás comprovadamente nocivo subproduto da combustão automotiva, portanto está sujeito aos controles de emissão por parte dos órgãos de controle e fiscalização. Já o dióxido (CO_2), produto final da combustão é relativamente inócuo; seu complicador é o inevitável efeito secundário de nossa dependência dos combustíveis fósseis, sendo produzido em níveis mais alarmantes, contribuindo para o efeito estufa (Ver item 3.4.2).

Caso tenhamos de classificar esse gás (CO_2) como sendo nocivo, poderíamos enquadrá-lo como sendo “asfixiante”, já que troca de lugar com o O_2 e por ser mais denso tende a se concentrar na superfície, prejudicando a nossa respiração. Por isso, quando estamos presos em um ele-

vador ou quando exploramos cavernas de espaços confinados, devemos controlar a respiração para não desmaiar.

1.4 Terminologia

Agora vamos mudar o contexto e discutir mais precisamente sobre as terminologias que incluem a *QuimAmb*. Para alguns profissionais, ela é a química dos processos naturais, para outros é a química dos ambientes. Apesar da *QuiAmb* ser extremamente vasta e complexa, seus aspectos centrais podem ser entendidos, com um aprofundamento de química básica. Para iniciar essa discussão vamos usar uma definição da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), por ser, na minha opinião, uma das mais completas relacionadas ao tema.

Segundo essa entidade (SBQ), a *QuimAmb* é a ciência que estuda os processos químicos, físico-químicos e bioquímicos, que acontecem na natureza, sejam eles naturais ou antrópicos e que comprometam não só a saúde humana, mas de todo planeta. Assim, dentro desta definição, a *QuiAmb* não é somente uma ciência de monitoramento ambiental, mas de remediação, por meio da elucidação dos mecanismos que definem e controlam a concentração das espécies químicas candidatas a serem monitoradas.

Dentro desta premissa, a *QuimAmb* expande os horizontes da química convencional dando a ela uma dimensão socioeconômica, além de propiciar parcerias com outras áreas do conhecimento como a toxicologia, engenharia, agronomia, medicina, dentre outras. Sendo assim, a *QuiAmb* é a ferramenta mais poderosa no resgate da Química como uma das ciências que mais benefícios têm trazido ao homem.

De acordo com Baird¹², a *QuimAmb* teve sua origem na Química Clássica e se tornou uma ciência multi e interdisciplinar por envolver, além dos diversos ramos da química, outras matérias como: Biologia, Ecologia e Geologia. Essa parte da química estuda, dentre outros assuntos, as mudanças que ocorrem no meio ambiente, mais precisamente, os processos químicos que envolvem essas mudanças e que causam sérios

danos à humanidade e ao planeta.

É relevante comentar que a *QuiAmb*, enquanto disciplina, é tão abrangente que, nos cursos de graduação das universidades (públicas e privadas), é sempre oferecida nos últimos períodos. Justamente porque prescinde de informações de outras disciplinas da Grande Química. Quando se fala em “Grande Química” estamos nos referindo às diversas áreas ou ramos da Química, como por exemplo: a Termoquímica, Fisicoquímica, Bioquímica, Química Orgânica, Eletroquímica, Análise Instrumental, Química inorgânica, Radioquímica, a Química quântica, entre outras.

Para um leitor desatento, uma definição de *QuimAmb* poderia até ser feita de forma imediatista: química para o meio ambiente. Entretanto, essas duas palavras *Química Ambiental*, incluem assuntos bem mais amplo e complexos. Neste caso a dificuldade para chegarmos a uma definição, reside, como vimos, por ser um tema complexo e ainda apresentar outros sinônimos, como química sustentável.

Nesse sentido, é bom antecipar que, no Brasil, Química Ambiental ainda é o termo mais aceito e utilizado por meio da chancela de entidades como a SBQ. Essa sociedade, fundada em 1977, tem como objetivo desenvolver e direcionar as atividades de ensino, pesquisa e extensão na área de Química. Diante as pressões ambientais, a entidade (SBQ) criou, em 1994, uma Divisão de Química Ambiental (DQA), tendo como propósito, abrigar a produção científica além de incentivar outras sociedades a aceitarem o termo (*QuiAmb*) como padrão.

As primeiras diretorias da SBQ travaram uma árdua luta para dar à DQA, uma característica própria, independência e o reconhecimento por parte das outras divisões inseridas em áreas mais clássicas da Química, que já existiam na entidade. Esta não foi uma tarefa fácil por várias razões, mas principalmente porque o conceito de *Química Ambiental* muitas vezes se confunde com o de Química Analítica Ambiental; que é outra coisa: são químicos analíticos que trabalham com amostras ambientais (aquelas retiradas na natureza).

No que tange à DQA, teve-se uma definição mais apurada do que seria *QuimAmb*, e os trabalhos submetidos aos eventos da SBQ

passaram a ser selecionados com base nas questões ambientais e não como simples trabalhos de monitoramento. Segundo a entidade (SBQ), trabalhos voltados exclusivamente para o controle e monitoramento ambiental devem ser feitos por órgãos públicos de fiscalização; e não por universidades ou institutos de pesquisa. Nasceu daí, portanto, a conotação multi e interdisciplinar desse tema (*QuiAmb*) e a importância de se observar o ambiente, como um todo, e não mais apenas como uma amostra para ser analisada.

Conforme consta no editorial da SBQ: a *QuiAmb*, deve congrega diversos profissionais, não obrigatoriamente químicos. Nesse sentido, foi criado em 1990 e retomado em 2003, um evento específico para esses profissionais: o ENQAmb, Encontro Nacional de Química Ambiental. E em 2014, na sua 7ª edição, reuniu, como sempre, pesquisadores e estudantes de química e de áreas afins que compartilham de estudos relacionados ao ambiente. As iniciativas de projetos plurais de pesquisa, pela academia, fomentaram (nesses eventos) um caráter mais intermultidisciplinar, pois passaram a ser desenvolvidos em cooperação com diversos outros profissionais.

1.5 Visão acadêmica

Outro aspecto que deve ser entendido é o da constatação de que *QuiAmb* por mais incrível que possa parecer, para alguns, não é uma ciência nova. Seus fundamentos já eram usados desde a Idade Média e, em alguns poucos momentos, pode até não necessitar de informações científicas. Os argumentos usados para descrever um ambiente possivelmente contaminado podem ser obtidos usando apenas o *feedback* dos moradores, por meio de levantamentos histórico-sociais da região. Já aqueles usados para identificar essa referida contaminação podem ser obtidos apenas por meio de metodologias sensoriais feitas diretamente no ambiente, sem requerer o uso de equipamentos. Apenas observando e estudando a água, o solo, o ar, a fauna e a flora, ou mesmo o aparecimento de doenças na comunidade ou na circunvizinhança.

Claro que os argumentos usados para se observar a oxidação de íons sulfeto ($S^{=}$) em minerações a céu aberto necessitarão de informações científicas. Mas não obrigatoriamente em nível universitário. Para conhecermos as reações de oxidação desses íons ($S^{=}$) que estão presentes em amostras de efluentes industriais, rios ou lagos, basta realizar testes portáteis comerciais para identificar enxofre (S) em amostras aquosas. E aqueles princípios da foto-cloração do benzeno, aprendidos nas aulas de química orgânica do ensino médio, servirão, também, para explicar a destruição da camada de ozônio na atmosfera, por mais incrível que possa parecer.

Para saber sobre a liberação de poluentes numa chaminé, o profissional pode fazer um teste simples usando papel de filtro (desses de café) e medir a opacidade. Já para calcular a velocidade de propagação dos agentes químicos nessa chaminé vai requerer de mais argumentos, que podem ser obtidos em testes de laboratório. E, para situações mais complexas, como por exemplo a validação desse método (usado para a velocidade), o profissional terá, por sua vez, que fazer testes em laboratórios de pesquisa. Queria lembrar, que hoje, a maioria das pesquisas no Brasil, são feitas por professores; *a ciência, no Brasil, ainda não é feita por cientistas.*

No que tange à visão holística dos projetos de *QuiAmb*, Mozeto e Jardim¹³, comentam que esses (projetos) só ocorrerão se: *a*) abordar as suas possíveis alterações ambientais em função das atividades antrópicas; *b*) tiver um ou mais estudos de casos similares ao problema em estudo; *c*) incluir e discutir as legislações ambientais pertinentes e todas as implicações; *d*) incluir e discutir as questões toxicológicas do ponto de vista ambiental e da saúde humana; *e*) discutir o problema de forma integrada das interações abióticas, bióticas, sócio-econômicas e culturais; *f*) estiver atento às situações do *estado da arte* do problema e o mais atual possível; *g*) discutir a forma correta de tratamento, caracterização e classificação, segundo normas legais; *h*) considerar que o tratamento de resíduos é uma opção remediativa, e que a opção

será minimizar sua produção; e *i*) conhecer as escalas dos fenômenos, a bacia hidrográfica e atmosférica.

Essa situação, digamos plural, reside no fato de um problema ambiental necessitar de conhecimento da área de Química, Matemática, Física e Engenharia; mas também de outras áreas, inclusive social, médica, jurídica, educacional, entre muitas outras. Por isso, o profissional da área ambiental não pode se furtar de ler textos em outras áreas. Afinal, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) o tema “meio ambiente” é considerado como transversal. Isto é, um tema que expressa conceitos e valores básicos à democracia e à cidadania e que obedece a questões importantes e urgentes para a sociedade contemporânea¹⁴.

Esses PCNs, são referenciais de qualidade, no ensino, elaboradas pelo Governo Federal, voltados, para a reestruturação dos currículos escolares obrigatórios para a rede pública e opcionais para as instituições privadas. Ou seja, o objetivo é padronizar o ensino no País, estabelecendo pilares fundamentais para guiar a educação formal e a própria relação escola-sociedade no cotidiano. Informações sobre esse assunto, digamos: mais educacional, você pode obter nos livros de Sousa *et al.*¹⁵, Nunes¹⁶ e Penteado¹⁷.

A inserção de assuntos sobre *QuimAmb* nos livros didáticos de Química Geral, e mesmo na elaboração de livros específicos (*QuiAmb*), foi um mecanismo utilizado para tentar minimizar, ou erradicar, a associação, digamos “maléfica” que se criou entre a química e as doenças, e entre a química e os desequilíbrios naturais, e outras tantas associações indesejáveis. Para exemplificar, como nós (enquanto químicos) ainda somos discriminados: ainda é comum, a sociedade acreditar que “aquilo” produzido, no laboratório, tende a ser nocivo, e que, os nossos experimentos são sempre explosivos. É comum, ainda encontrarmos, estampadas nos rótulos de embalagens de produtos alimentícios, frases como “produto sem química”, induzindo que esse produto pode ser consumido, porque é saudável. Como se fosse possível vivermos saudáveis sem os medicamentos.

No que tange aos métodos (procedimentos) de análise química, queria lembrar: permitem ao investigador determinar e quantificar a composição da substância em estudo¹⁸, bem como suas interações físico-

químicas¹⁹ visando conhecer sua dinâmica no ambiente.

Dentre as várias ramificações que foram desmembradas da *QuiAmb* em todo o mundo, a terminologia Química Verde é a mais aceita em nível mundial consolidada pela *Environmental Protection Agency*, Agência de proteção ambiental americana e pelo *Consorzio Interuniversitario Chimica per L'ambiente*, Consórcio químico interuniversitário para o ambiente europeu. Pode ser definida como o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos para reduzir ou para eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas. No Brasil, o termo foi consolidado por meio da 1ª Escola de Verão em Química Verde, realizado em 2007, no Instituto de Química da USP. Em 2012, o Brasil sediou o 4th *International Conference on Green Chemistry*.

A *QuimAmb* é vista nas universidades como um dos sustentáculos na formação acadêmica, de vários profissionais¹⁸. Por essa razão, não existe uma definição única para o termo e a ementa da disciplina (*QuimAmb*) é, pela própria natureza do tema, uma questão complexa e diversa. Assim sendo, não é de se esperar um consenso sobre os tópicos que deveriam ser incluídos em uma disciplina. Porém, independentemente da ementa uma disciplina de *QuiAmb*, seja em nível Médio ou Superior (tecnólogo, graduação ou pós-graduação), deve acompanhar a dinâmica das reações químicas de interesse para o equilíbrio ambiental.

Embora existam diversos livros clássicos de *QuimAmb*, como Moore⁵, Baird¹², Spiro e Stiglian²⁰, Baird e Cann²¹, Girad²² dentre outros; pelo que se saiba, ainda não existe no Brasil, que enquadre uma faixa ampla de assuntos e conteúdos que compreende a *QuiAmb*. Muito embora já foram produzidos alguns livros específicos de Química Ambiental que, em algum momento, apresentam uma certa amplitude. Podemos citar o de Rocha *et al.*²³, Macedo²⁴, Medeiros²⁵ e os específicos de Química Verde como o de Correa e Zuin²⁶.

Prezado leitor, como estamos explanando sobre a visão acadêmica do tema (*QuimAmb*), cabe aqui avisá-lo que desde 2003, o Instituto de Química da Universidade de São Paulo passou a oferecer uma das primeiras graduações em Química Ambiental. Um dos objetivos desse

curso de bacharelado é descrever o comportamento químico no ambiente, o conhecimento do solo, da água e do ar, além de permitir a compreensão dos processos que causam a mobilização e/ou imobilização de espécies químicas nos diferentes compartimentos. Dessa maneira, espera-se formar um profissional com use as prerrogativas da química na minimização dos problemas ambientais.

1.6 Visão cotidiana

O estudo da relação entre a *química* e o *meio ambiente*, ou simplesmente, *QuiAmb* tem-se firmado como uma relevante área da Química, não só pelas questões da poluição e da devastação ambiental, mas também, pelos desafios que tem trazido aos químicos como: detecção de poluentes em níveis de traço, tratamento de efluentes industriais, utilização de processos não poluidores, desenvolvimento de produtos biodegradáveis, dentre outros. Embora a relação Química e Meio ambiente seja um assunto inegavelmente multidisciplinar, a *QuiAmb* veio fortalecer a imagem dos profissionais de Química.

É bom ressaltar, no entanto, que as questões ambientais não são caracterizadas apenas pelos seus aspectos qualitativos semelhantes aos que os químicos já vinham tratando, mas também, por aspectos quantitativos, como aqueles que envolvem contaminantes de difícil qualificação/identificação e em grandes ecossistemas.

O universo da *QuiAmb* envolve toda a cadeia de disciplinas de um curso de graduação em Química (seja o de licenciatura, bacharelado, industrial e/ou de engenharia). O tema permeia disciplinas diversas, desde a Química Geral, passando pela EletroQuímica e Química Orgânica, até aquelas voltadas para “equipamentos”, como Análise Instrumental, ou mesmo engenharia como Operações Unitárias.

Diante da pluralidade de ações, o profissional da *QuiAmb* deverá conhecer, além do ramo da Química, que o ajudará nas análises e avaliações de ambientes degradados; um pouco do ramo: *i*) Gerencial, para planejamento e suas formas de atuação; *ii*) Saúde, para o

entendimento sobre proliferação de doenças causadas por contaminantes; *iii*) Agropecuário, para o monitoramento da contaminação de alimentos, bebidas e pescados; *iv*) Direito, para o conhecimento da legislação na tomada de decisões; e *v*) um pouco do ramo Social, para saber entrevistar uma comunidade que deprecia um determinado recurso natural, ou que está sofrendo um determinado passivo ambiental.

A diversidade da *QuiAmb* também pode ser verificada, em uma visão acadêmica localizada, observando a ementa das disciplinas em diferentes universidades brasileiras. Ou numa visão mais globalizada, quando se observa o sumário dos chamados livros clássicos internacionais. Esses, na maioria das vezes, são importados, traduzidos e utilizados como livro texto, embora traduzidos por químicos.

Essa variedade de assuntos é consequência da complexidade e agressividade dos problemas ambientais, bem como do exigente e seletivo mercado de trabalho, que a cada momento necessita de profissionais com maior qualificação. De visão holística *pensando de forma global mas agindo localmente* e de visão multifacetada *percebendo quando deve ser o líder e, quando deve ouvir*.

Ações multidisciplinares ocorrem quando profissionais distintos conseguem trabalhar com profissionais de áreas diferentes sem, no entanto, interagir com eles. Já ações interdisciplinares ocorrem quando profissionais distintos, além de trabalharem juntos conseguem fazer uma interação-integração entre eles.

O profissional atuando com *QuiAmb* não obrigatoriamente deva ser um químico por formação; visto que sua principal ação é: *a busca pelo bem-estar de todos*. Pode ser qualquer profissional da área técnica, saúde ou agrária; que tenha cursado disciplinas dos ramos da grande Química. Sei que algum leitor se contorceu na cadeira ao ler isso. Mas é verdade: ela é plural, abrangente; pode ser executada por qualquer profissional e em qualquer situação.

Capítulo 2. Histórico dos grandes acidentes

Neste capítulo, vamos relatar alguns dos mais graves acidentes químicos que ocorreram em nível global, e isso requer de você um certo critério, visto que nem todo acidente mais visível na mídia é sempre aquele de maior gravidade. Portanto, você poderá, em uma pesquisa minuciosa, encontrar outros acidentes tão graves quanto os aqui relatados, dependerá exclusivamente da fonte consultada.

2.1 Fontes energéticas

Toda atividade que resulte na liberação de algum tipo de resíduo (sólido, líquido ou gasoso) para o ambiente, e que este não possa ser processado quimicamente visando sua inativação, é considerada de risco. Empresas de mineração, siderurgia, fundição, extração e refino de óleo/gás, exemplificam bem este debate entre lucro e segurança.

É conhecida (mesmo controversa) a relevância do petróleo, por ser um combustível bastante energético e por ser uma matéria-prima de versatilidade surpreendente; ainda não superada. Muito embora, não podemos negar que a cadeia produtiva do óleo&gás seja uma das mais vulneráveis a acidentes como explosões, incêndios e poluição. Seja nas operações de exploração (*Upstream*) nas plataformas *off shore* (mar) e/ou *on shore* (terra), seja nos processamentos de refino (*midstream*), seja na logística (*downstream*).

Se pegarmos como exemplo o gás natural, uma fração, co-irmã, do petróleo; podemos verificar que, embora tenha vantagens como o fato de ser um combustível limpo, que exige pouco processamento, suas desvantagens podem ser fontes de risco e de possíveis acidentes. Esse gás é muito mais difícil de transportar do que os hidrocarbonetos líquidos.

Para que possamos “acomodar” uma quantidade suficiente dele em um espaço razoável para fontes de energia móveis, necessita-se de alta pressão ou baixa temperatura, e o tanque de armazenamento deve ter paredes espessas ou isolamento. Além disso, requer um sistema

de distribuição capaz de transferir o gás sob pressão, o que aumenta a possibilidade de acidentes.

Outra situação de acidentes na matriz energética é o uso do gás de Xisto, na verdade gás de *folhelho*, que é uma rocha cuniforme, lembrando uma folha. Nessa atividade, a rocha é fraturada com ar comprimido e o óleo-gás liberado pode ser estocado e transportado. O problema é que na fratura existe trepidações (terremotos); por isso alguns países, como o Brasil, ainda não utilizam esse gás.

Situação similar, pode ser percebida no uso da energia nuclear, muito comum em alguns países, inclusive no Brasil. Claro que nossa dependência é muito mais hidroelétrica em comparação com países da Europa e da América do Norte. A preocupação do químico ambiental não reside somente na questão radioativa de um acidente, mas da necessidade de controlar e monitorar continuamente os reatores, como ocorreu no caso japonês, que vamos comentar mais adiante. Ainda existem riscos de uso bélico como armas químicas. Desde a bomba atômica, nos perguntamos como evitar o uso desse combustível na fabricação de armas; e o descarte radioativo? Mesmo com projetos seguros os acidentes causados pela disposição inadequada desses rejeitos, ainda ocorrem.

Essas considerações foram propositais, para que também possamos discutir os efeitos desses acidentes. No primeiro caso (gás natural), o problema sempre vai decorrer de um impacto de alta evidência, em função de uma grande explosão. Mas, no segundo (reator nuclear) não obrigatoriamente, pode ser que o reator não exploda. O acidente, nesse caso, é pouco visível; e no início sem efeito deletério aparente na população. Quando um acidente radioativo ocorre sem impacto visual ou sonoro, fica mais difícil a proteção e as consequências do acidente só vão aparecer muito tempo depois. Essa situação de risco, serve (também) para a disposição de seus rejeitos.

Alguns tecidos biológicos sofrem dano generalizado quando expostos a radiações, mesmo alfa e beta. Os ácidos nucléicos que constituem o aparato de cada célula são particularmente vulneráveis.

Uma única ionização no núcleo da célula pode provocar um erro nas transcrições genéticas, transformando-se em células cancerosas, dividindo-se de forma descontrolada e acabam consumindo tecidos vitais causando uma doença silenciosa. O temor público do câncer tem levado as agências reguladoras a estabelecerem níveis muito baixos de tolerância para diversos produtos químicos-radioativos.

É útil fazermos a distinção entre um efeito agudo e crônico de um acidente. O efeito agudo é quando existe uma resposta rápida e grave a uma dose alta, porém de curta duração, de uma substância química tóxica. Já o efeito crônico, é quando a dose é relativamente baixa, porém prolongada e existe uma defasagem de tempo entre a exposição inicial e a plena manifestação do efeito. Acidentes com animais peçonhentos podem ter efeito agudo ou crônico. Os agudos interferem nos processos fisiológicos essenciais, provocando uma variedade de sintomas de distúrbios e, caso a interferência seja severa, até a morte. Mas existem as toxinas crônicas que exercem efeitos mais sutis, em geral ativando uma cadeia de eventos bioquímicos que levam a estados de enfermidades, que depreciam em muito a saúde da pessoa afetada, principalmente o trabalhador rural.

Sobre os efeitos agudos proveniente de um acidente deve-se atentar para analisá-los de forma diferenciada: são de fácil medição, principalmente aqueles “sazonais”, pois os efeitos sobre as funções orgânicas são notórios e razoavelmente consistentes. Já os crônicos são mais difíceis, principalmente aqueles com baixos níveis de exposição. Um recurso disponível consiste em avaliá-los em uma série de altas dosagens e a seguir extrapolar a curva dose-resposta de acordo com a incidência esperada para aquelas doses mais baixas²⁰.

2.2 Caracterização

Para iniciarmos este tópico é conveniente ressaltar que: quando existe um acidente, a presença do químico ambiental é compulsória. Seja por uma questão do ambiente ou da saúde, seja por uma questão

forense (solicitação judicial). Nesse momento, é imprescindível uma coleta e amostragem correta para obter precisão e exatidão no resultado da análise e com isso, se tenha uma avaliação representativa para poder explicar o referido acidente.

Mesmo que sua amostra tenha sido coletada de forma adequada e representativa, que sua análise tenha sido executada de acordo com as normas e sua avaliação tenha sido realizada de forma coerente, ainda assim, o resultado obtido estará susceptível a críticas; e dependendo da gravidade do acidente: uma forte pressão da mídia. Muitas vezes é difícil explicar para população que uma indústria não está (pelos resultados) contaminando o ambiente.

Cabe lembrar, que em geral, essa explicação vai ser fundamentada em um único resultado. E dizer se esse valor (média \pm desvio-padrão) pode ser a causa de um problema, ou mesmo se é, de fato preocupante, e em que medida poderá trazer transtornos futuros para o ambiente e para os seres humanos; fica difícil sabermos.

Portanto, sua ação será imprescindível para desvendar que tipos de testes poderão ser feitos para fornecer um maior grau de confiabilidade no resultado e alta capacidade de informação sobre o ambiente. Para que, com isso, se possa obter as respostas corretas quanto ao grau de comprometimento dos compartimentos (bióticos e/ou abióticos) daquele ambiente. O êxito na caracterização e na solução do problema, bem como a real causa do acidente e suas consequências futuras, ficarão sempre para que a equipe defina em conjunto.

Ao iniciar um estudo, ou mesmo um relato histórico dos grandes acidentes de natureza química, é relevante nos perguntarmos:

- i) como ter certeza que o acidente é de natureza química?*
- ii) quais fatores realmente caracterizam esse acidente?*

Antes de prosseguir, cabe explicar que a palavra “acidente” só deve ser usada para eventos causadas (direta ou indireta) por atividades antrópicas.

Voltando às questões: acidente ambiental é todo e qualquer evento incontrollável que causa transtornos ao meio ambiente, podendo ser de ação local e/ou global. Já o de natureza química causa

dano externo/interno-reversível/irreversível ao homem, e a qualquer compartimento de um recurso natural, podendo estar ou não associado a agentes físicos e biológicos.

De acordo com Spiro e Stiglian²⁰, a definição de acidente de natureza “química” adveio do fato de caracterizar aqueles eventos e situações que, de uma forma ou de outra, causam modificações em nível estrutural e molecular, trazendo erros na transcrição do código genético, sendo repassados para outras gerações (teratogenia). Portanto, os acidentes químicos incluem de forma abrangente quase todos os acidentes ambientais registrados em escala global, podendo, em alguns casos, incluir também os radioativos (nuclídeos) e até os biológicos (bioquímicos).

Um dos acidentes de natureza química, que inclui parâmetros físicos, físico-químicos, microbiológicos, biológicos e bioquímicos, é a contaminação da água pela presença de óleo. Inclui desde os problemas causados pelo óleo de cozinha, cotidianamente derramado nas pias de suas casas, prejudicando a qualidade dos rios e mares; até os problemas causados na extração, transporte, refino e distribuição de petróleo.

A quantidade de óleo despejado no mar em acidentes por navios petroleiros e plataformas de petróleo, na lavagem de tanques e na troca de óleo em navios; é da ordem de 5 milhões de toneladas por ano²⁷. Uma vez derramado, devido condições climáticas/ambientais sofre alteração (física e química) imediata como: espalhamento, evaporação, dispersão, emulsificação e dissolução. A toxidez química será maior nos 10 dias, depois diminui pois torna-se mais viscoso e mais denso. O óleo pesado permanece longo tempo na sub-superfície do mar causando danos a toda biota. Nas aves, o contato gruda as penas afetando sua fluabilidade e capacidade de vôo e se ingerido pode causar morte. O óleo também entra pelo bico, quando as aves tentam limpar a plumagem, causando distúrbios fisiológicos e hormonais, com alterações graves no funcionamento do estômago, do intestino, do fígado e dos rins.

Embora aqueles acidentes de natureza física, sejam os mais corriqueiros (um corte ou uma fratura), eles são caracterizados como

sendo de escala pontual, ocorrem num setor dentro da empresa. Já os de natureza química e biológica são de escala local ou global, ocorrem em diversos setores dentro e fora da empresa. Também é preciso salientar que a identificação e quantificação de acidentes ambientais é uma prerrogativa dos profissionais que atuam no setor de segurança no trabalho, Claro que, acidentes em áreas de mineração, teremos o apoio e suporte dos engenheiros de minas e de geólogos.

É sabido que a historização dos grandes acidentes químicos ocorridos no mundo já são bem especificados, basta acessar termos como: “maiores acidentes da história”, em sítios de busca na internet. A pesquisa vai revelar eventos que incluem diversas situações desde liberação de dioxinas, na Itália; radioatividade, nos Estados Unidos; vazamento de gasolina, no Brasil; dispersão de gases tóxicos, na Índia; dentre outros. Todavia, é bom que você perceba que essa classificação é apenas midiática. Isto é, apenas para aqueles acidentes que ficaram mais conhecidos pelo público por meio da mídia (jornal, rádio ou TV).

Nesse sentido, também salientamos que a identificação, a quantificação e a nocividade dos acidentes químicos são bem mais complexas do que podemos imaginar. Alguns acidentes químicos, embora tenham alta nocividade, muitas vezes não são facilmente percebidos pela população, pois são assintomáticos. Não apresentam sintomas visíveis ao nosso organismo. O impacto visual negativo desses acidentes no ambiente ou mesmo a sintomatologia no nosso organismo pode aparecer de um a cinco anos, depois de ocorrido, o que dificulta sensivelmente seus estudos.

Uma outra condição que deve ser considerada é o estado físico que a substância apresenta durante o acidente. Por exemplo, na cidade de Cubatão-SP (que veremos a seguir), a substância foi a gasolina que, por estar em forma de vapor, trouxe consequências desastrosas. Por incrível que pareça, você é capaz de apagar um cigarro mergulhando-o no líquido gasolina, mas se essa mesma gasolina estiver em forma de vapor uma grande explosão vai acontecer. Por essa razão, quando fluem nos dutos que percorrem grandes distâncias, ou mesmo entre

países vizinhos, esta atividade do transporte da gasolina vaporizada é considerada uma atividade de alto risco.

Cabe ressaltar, no entanto, que: identificar um acidente em escala pontual e local é tarefa relativamente fácil, para isso existem os técnicos e engenheiros de segurança do trabalho. Como são localizados, esses acidentes podem ocorrer dentro de uma residência, em um condomínio, empresa, nas ruas, em uma indústria ou mesmo em um laboratório. Essa premissa é decorrente do fato desse acidente ser facilmente caracterizado por profissionais da área, principalmente se for cíclico ou sazonal, que são aqueles acidentes já previstos e, portanto, que podem ser evitados. Alguns acidentes, embora já conhecidos e facilmente identificados, estão se tornando complexos por causa do manuseio e transporte de substâncias químicas ao redor do mundo, como veremos no Capítulo 6.

2.2.1 Identificação

Para promover a avaliação de acidentes, decorrentes do uso de substâncias químicas, e de incentivar seu gerenciamento de forma segura, foi criado, em 1994, o Fórum Internacional de Segurança Química (FISQ). Entre suas finalidades está: *i*) orientar a formulação e a implementação de políticas específicas; estimular a cooperação regional e subregional, visando ao estabelecimento de estratégias coordenadas e integradas; *ii*) estimular a aceitação dos temas; e promover a melhor compreensão dos problemas atraindo o apoio político necessário para as ações; *iii*) elaborar um perfil sobre a gestão de substâncias químicas usadas em todos os países.

A proposta do FISQ, foi subsidiar decisões sobre políticas públicas e prioridades de ação, visando ao aumento dos níveis de segurança mundial e portanto, evitar acidentes. Abrangendo desde a produção, importação, exportação, uso, transporte, manuseio, armazenamento e destinação final de produtos inorgânicos (álcalis; metais, arsênio, amianto fertilizantes; gases e líquidos industriais);

orgânicos (petroquímicos e outros); farmoquímicos; agrotóxicos; tintas (solventes e afins); produtos químicos diversos (catalisadores, aditivos e outros). Mais detalhes acesse o sítio www.commonchemistry.org. ou o perfil de segurança química²⁸.

Os acidentes chamados de globais ou mundiais são aqueles mais complexos e de difícil identificação. Geralmente são veiculados pela mídia, porque acabam sendo de interesse público, principalmente quando têm cunho político, quando envolvem grandes extensões de solo, água e ar, ou quando apresentam um contaminante nunca antes detectado. Existem também aqueles que são considerados em escala global por serem complexos e requererem a presença (além dos profissionais do setor de segurança) de pesquisadores visando uma melhor explicação para o evento/acidente. Esses apresentam, portanto, dificuldades na identificação, bem como caracterização, salvo quando decorrem de explosões, incêndios ou derramamentos, ou quando decorrem de situações sintomáticas.

No que tange à cadeia produtiva de petróleo e gás, devemos observar, de forma individualizada, as possibilidades de acidentes *on shore*, na terra e *off shore*, no mar. Em geral, as operações de exploração e extração nas plataformas (*UpStream systems*) são consideradas as mais preocupantes. Considerando o caso específico das refinarias (*DownStream systems*), percebe-se que existem alguns eventos característicos que podem se transformar em emergências tão ou mais preocupantes que em plataformas, seja essa instalada na terra ou no mar. Esses eventos, situações de risco, constituem a base da tipologia de acidentes para esse tipo de indústria. Os principais eventos indesejáveis que constituem tal tipologia são descritos²⁹ a seguir:

Liberação de gases inflamáveis e/ou explosivos para atmosfera, em consequência de furos ou rupturas em tubulações, rompimento de juntas, perda de selagens de compressores, perda de chama nos *flares* e/ou rompimento de selos das bombas; liberação de gases tóxicos para a atmosfera; vazamento de líquidos/aerossóis com formação de jato de fogo; explosões de equipamentos, devido à entrada de ar

nos sistemas que contenham hidrocarbonetos aquecidos; explosões de equipamentos, devido à entrada de hidrocarbonetos em sistemas de ar e/ou vapor; explosões de vapor devidas ao contato de produtos ultra-viscosos e quentes com a água; explosões do conversor de uma torre devido reversões de fluxo; explosões em caldeiras; incêndios em materiais de revestimento ou canaletas de drenagem com resíduos de produtos inflamáveis; incêndios em tanques de óleo cru e derivados; vazamentos de insumos tóxicos, como catalisadores, nas operações de transporte, estocagem, carga e descarga; explosões de vasos e esferas de estocagem de gás devido a uma sobre pressão; derramamento de óleo com consequente contaminação do solo e da água; dentre outras.

2.3 Principais acidentes

A preocupação com acidentes, no Brasil, se refere à necessidade de uma estrutura de prevenção, que passa pela aplicação mais eficaz da legislação e das medidas de monitoramento ambiental, assim como pela melhoria das condições de atendimento a urgências e emergências. Outra dualidade que vamos ter que explicar: a urgência é a situação mais preocupante, muito embora existam algumas emergências que também são casos de urgência.

Entre as condições que devem ser aperfeiçoadas, está a disponibilidade de laboratórios para efetuarem as análises de amostras de compartimentos ambientais contaminados, para rápido conhecimento das substâncias envolvidas no acidente. Isto depende de convênios entre instituições e laboratórios, assim como de disposição dos recursos financeiros para cobrir o custo das análises. Outras condições de atendimento emergencial abrangem, por exemplo, o mapeamento de vulnerabilidade, a coordenação interinstitucional e a disponibilidade de pessoal capacitado.

A seguir, serão apresentados em cronologia, alguns dos mais graves acidentes de natureza química que ocorreram em escala mundial. O adjetivo “mundial” não quer dizer que esses atingiram,

fisicamente, vários países; mas que ganharam notoriedade planetária e remetem à forma pela qual ficaram conhecidos, por meio da mídia, em vários países do mundo.

Não se menciona aqui, como já supúnhamos, todos os grandes desastres industriais ou as tragédias ambientais, até porque muitos não são notificados pelos órgãos fiscalizadores. Será feito, neste tópico apenas um relato daqueles acidentes mais socializados pela mídia. Claro que deve existir muitos outros, até mais agressivos, mas que não puderam aqui ser relatados.

O acidente em uma indústria química italiana, no início da década de 70, na província de Lombardia. Foi causado quando tanques de estocagem de produtos romperam, liberando toneladas de poluentes conhecidos como dioxinas (no caso, 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina). E acabaram se dispersando pela atmosfera, aumentando seu raio de ação, se espalhando por uma grande área da planície. As dioxinas, que serão melhor conhecidas em outros tópicos, são moléculas formadas por dois anéis benzênicos ligados por dois oxigênios; sendo de alta nocividade para os organismos. De alguma forma a mistura de produtos químicos, que tinham sido deixados na caldeira, reagiu espontaneamente gerando calor e energia suficientes para, posteriormente, causar uma reação, liberando contaminantes dentre esses as dioxinas. Como consequência, três mil animais mortos, 70 mil sacrificados e cerca de 195 acometidos por carcinogenicidades; desenvolvimento de alguma forma de câncer.

O acidente ocorrido em março de 1979, na usina nuclear americana de *Three Mile Island*, estado da Pensilvânia, foi causado por falha do equipamento devido ao mau estado do sistema técnico e a um erro operacional. Houve corte de custos que afetaram economicamente a manutenção e o uso de materiais de qualidade inferior. Muito embora, também tenham sido apontados erros humanos, com decisões e ações erradas, tomadas por pessoas despreparadas. O acidente foi configurado por problemas mecânico e elétrico; a parada de uma bomba de água que alimentava o gerador de vapor. O núcleo do reator

começou a se aquecer e parou, aumentando a pressão. Uma válvula foi aberta para reduzir a pressão - que voltou ao normal - e assim permaneceu, ao contrário do que o indicador do painel de controle assinalava. Então, a pressão continuou a cair, sendo seguida pela perda de água radioativa: 1,5 milhão de litros de água foram lançadas no Rio Susquehanna. Gases radioativos escaparam e atingiram a atmosfera. Um dia depois desse evento a radioatividade em volta da usina foi medida, e alcançava 16 quilômetros de propagação com intensidade de até oito vezes maior que a letal. Como consequência: evacuação de uma área de até 90 km com todas as mulheres grávidas e crianças em idade pré-escolar tendo que sair da Cidade. Apesar disso, elas foram acometidas pelo câncer.

O acidente de Bhopal na Índia, também aconteceu em 79, quando 40 toneladas de gases tóxicos vazaram na fábrica de pesticidas da empresa norte-americana *Union Carbide*. Foi o pior desastre industrial ocorrido até hoje. Mais de 500 mil pessoas, na sua maioria trabalhadores, que foram expostas aos gases e pelo menos 27 mil morreram por conta disso. A empresa se negou a fornecer informações detalhadas sobre a natureza dos contaminantes e, como consequência, os técnicos de segurança não puderam quantificar o evento nem tampouco os médicos tiveram condições de tratar adequadamente os indivíduos expostos. Cerca de 150 mil pessoas sofreram com os efeitos do acidente e aproximadamente 50 mil pessoas ficaram incapacitadas para o trabalho devido a doenças degenerativas causadas por alguns dos diversos agentes químicos presentes nos gases, como o isocianato de metila e o hidrocianeto. As crianças que nasceram na região, filhas de pessoas afetadas pelos gases também apresentaram problemas de saúde. Mesmo hoje, os sobreviventes do desastre e as agências de saúde da Índia ainda não conseguiram obter da *Union Carbide* e de seu novo dono, a *Dow Chemicals*, informações sobre a composição dos gases que vazaram e seus efeitos para a população. Apesar desse quadro absurdo, a fábrica da *Union Carbide* em Bhopal permanece abandonada desde a explosão tóxica, enquanto resíduos

perigosos e materiais contaminados ainda estão espalhados pela área, contaminando solo e águas subterrâneas.

O acidente ocorrido em fevereiro de 1984 na cidade de Cubatão-SP, foi considerado o mais grave para o Brasil. Moradores da Vila Socó (atual Vila São José) perceberam um forte cheiro de gasolina; era um grande vazamento em um dos oleodutos da Petrobrás. Esse duto ligava a Refinaria Presidente Bernardes ao terminal de uma empresa terceirizada, e passava em frente a essa Vila, que era constituída por palafitas. Na noite do dia 24, um operador alinhou os dutos inadequadamente e iniciou a transferência, causando a ruptura da tubulação sob pressão espalhou cerca de 700 mil litros de gasolina. Moradores visando conseguir algum dinheiro com a venda do combustível armazenaram parte do produto em suas residências. Com o movimento das marés o produto se espalhou pela região alagada e, após o vazamento, aconteceu a ignição seguida de incêndio, queimando as palafitas e causando mais de 500 mortes. Em 2014, membros da comissão da verdade entraram com pedidos para que a Petrobrás e o governo aumentem o número e os valores das indenizações.

O acidente nuclear de Chernobil, na Ucrânia, que ocorreu dois anos depois, abril de 1986, foi considerado como o pior e o mais nocivo acidente da história da energia nuclear. A explicação para essa gravidade foi devida à produção de uma nuvem de radioatividade que atingiu não só a Ucrânia, mas a União Soviética, a Europa Oriental, a Escandinávia e o Reino Unido. Houve a liberação de radiação cerca de 400 vezes mais poluidora que a bomba que foi lançada sobre Hiroshima. Grandes áreas da Ucrânia e da Bielorrússia foram contaminadas, resultando na evacuação e reassentamento de aproximadamente 200 mil pessoas. Como consequência, cerca de 60 mortes e 47 trabalhadores acidentados. Um estudo feito quase 20 anos depois apontou que morreram cerca de 60 mil pessoas de câncer, vítimas do vazamento de Chernobyl.

O acidente marítimo conhecido como “Exxon Valdez”, foi durante muito tempo o mais agressivo do hemisfério norte. Ocorreu

quando o navio superpetroleiro, Valdez; a serviço da empresa Exxon bateu na costa do Alasca, deixando escapar 260 mil barrís de petróleo. Mesmo nas águas frias daquele hemisfério, o que deixa o óleo mais viscoso, o líquido conseguiu se dispersar e atingir praticamente toda a fauna da região. Os pássaros que não morreram intoxicados morreram afogados por causa do óleo. O custo com a remediação, que é o termo usado para mitigar ou mesmo corrigir uma determinada degradação do ambiente, foi alto. A separação do óleo e limpeza do mar custou cerca de 2,5 bilhões de dólares para a empresa Exxon. Como consequência, a contaminação quase total do ambiente aquático e a morte de cerca de 250 mil pássaros, 800 lontras, 250 águias, 22 orcas, e bilhões de ovos de salmão, atum e trutas.

O acidente ocorrido, em 2000, com a maior estatal brasileira, a Petrobras, foi um dos mais noticiados, por ter sido o de maior impacto visual: um derramamento de óleo na baía da Guanabara, no Rio de Janeiro. Mas infelizmente não foi o único acidente da empresa; existiram muitos outros, em várias cidades brasileiras, preferencialmente no sul e sudeste. A Petrobras considerada como a responsável pelo acidente, judicialmente punida pela contaminação do ambiente aquático da baía. Um navio a serviço da empresa, devido a erros de atracamento, deixou vaziar mais de um milhão de litros de óleo nas águas da Guanabara. Como consequência a mancha se espalhou por mais de 50 km² chegando o óleo a atingir o manguezal da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim, causando a morte de inúmeras espécies da fauna e da flora. Ainda hoje a baía apresenta depreciação de sua qualidade ambiental em função dos solventes orgânicos produzidos pela degradação do óleo derramado. Em 2012, o Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro indiciou a Petrobras a pagamento de multa e fazer projeto de prevenção. A empresa recorreu, mas vai ter que executar um TAC (Termo de Ajustamento de Conduta), e pagar a referida multa.

O acidente com a plataforma de petróleo da empresa British Petroleum (BP), em 2010, foi outro grave acidente de derramamento de

óleo agora nas águas da costa sul dos Estados Unidos. O grande desastre ambiental teve como causa uma forte descompressão na "cabeça" (*subsea head*) situada a 1500 metros de profundidade da plataforma *Deepwater Horizon*. Aconteceu no golfo do México, na madrugada do dia 21 de abril. A explosão, embora submarina, provocou a morte de 11 pessoas que estavam nas cabines (na superfície). Com o desastre ocorreu o jorramento de mais de quatro milhões de barris de óleo, do fundo do mar para a superfície; já que o óleo é menos denso que a água. O acidente é considerado o pior desastre ambiental da história dos Estados Unidos, principalmente pelo volume de óleo jorrado. O derramamento da BP, embora tenha ocorrido no que chamamos de Golfo do México, atingiu praticamente toda a costa sul americana. O que pode também tornar o evento como o acidente mais caro do País, em virtude do processo de serviço de limpeza. Desde o Exxon Valdez, esse acidente foi o que mais custou dinheiro e tempo, totalizando cerca de 1,5 bilhões de dólares. Como consequência, 750 milhões de litros de óleo e seis milhões de litros de dispersantes químicos foram liberados no meio ambiente. Cerca de 400 tartarugas e 250 pássaros aquáticos foram contaminados, entre outros animais aquáticos. Até o momento (2014) a descontaminação da área afetada não havia acontecido como se esperava.

O acidente mais agressivo de que se tem notícia na mídia foi o de Fukuchima, no Japão, ocorrido em março de 2011. Evidências apontaram uma fusão parcial do núcleo nos reatores; explosões destruíram o revestimento superior de hidrogênio dos edifícios de alojamento dos reatores 1, 3 e 4; uma explosão danificou o confinamento dentro do reator 2; e múltiplos incêndios eclodiram no reator 4. Além disso, as barras de urânio armazenadas em piscinas de combustível irradiado das unidades 1-4 começaram a superaquecer os níveis de água nas piscinas abandonadas. Receios de vazamentos de radiação levaram a uma evacuação de 20 km de raio ao redor da planta. Os trabalhadores da fábrica sofreram exposição à radiação e foram temporariamente evacuados para cidades próximas: as crianças, mulheres e idosos foram os primeiros.

Esse acidente, embora de alta gravidade, mostrou à população mundial como os japoneses conseguem administrar seus desastres. Em nenhum momento, ocorreram saques, roubos ou confusões. Tal comportamento facilitou não só o processo de descontaminação radiotiva mas, também a reconstrução da cidade de Fukuchima.

Para finalizar, esse histórico dos grandes acidentes, será apresentado, também em cronologia, alguns acidentes nacionais, que por algum motivo não se tornaram midiáticos:

Em 1950, a água da Baía da Babitonga, em SC, foi contaminada pelo cancerígeno fenol. Providências: a empresa responsável (fundição Tupy), as prefeituras de Joinville, São Francisco e Garuva foram condenadas a recuperar a área, mas nada fizeram.

Em 1957, na comunidade Cidade dos Meninos, no RJ, a água subterrânea e o solo foram contaminados pelo inseticida pó-de-broca (BHC). Providências: a Funasa foi condenada a remover o lixo tóxico, mas deixou 400 toneladas no local.

Em 1960, na cidade de Santo Amaro da Purificação, na BA, houve contaminação do ar, do solo e do rio Subaé por chumbo. Providências: ação civil contra a Plumbum, grupo francês de mineração e metalurgia que encerrou as atividades no Brasil, deixando para trás 500 mil toneladas de chumbo a céu aberto.

Em 1990, na cidade de São Mateus, no PR, numa tentativa de extrair gás, a Petrobras contaminou o rio Iguaçu com mercúrio. Providências: a empresa foi condenada, prometeu recuperar a área em seis meses, mas não iniciou as obras.

Em 1998, as cidades de Curitiba e de Porto Alegre apresentaram problemas ambientais; a Gerdau armazenou ilegalmente areia de fundição contaminada por fenol. Providências: o caso ainda está sob investigação no Ministério Público.

Em 2002, na cidade de São Paulo, SP, foi evidenciado no rio Tietê que as obras de rebaixamento da calha trouxeram à tona os resíduos tóxicos depositados durante vários anos no leito do rio. Providências: o Ministério Público ainda investiga o ocorrido.

Em 2010, as empresas Shell e Basf foram obrigadas a pagar tratamento médico e indenizações a ex-funcionários contaminados numa fábrica de agrotóxicos em Paulínia, SP. Dos mil empregados registrados que teriam direito a receber tratamento e indenização, 64 morreram enquanto estava em curso o processo. Todos os mortos tinham menos de 60 anos e aqueles com danos a saúde tinham uma média de seis doenças por cada trabalhador.

Não poderíamos deixar de lembrá-los de dois acidentes graves comumente citados em livros de Química do ensino médio: o caso da contaminação metálica das águas da baía de Minamata, no Japão, ocorrido em 1947 matando quase mil pessoas e o caso da contaminação do ar pelo smog (*smooke+fog*, isto é: fumaça+neblina) ocorrido, em 1957, na Europa, matando cerca de milhares de londrinos.

E também, o caso do incêndio, ocorrido em janeiro de 2012, numa boate na cidade universitária de Santa Maria, no Rio Grande Sul.

Nesse acidente, foram vitimados 242 jovens por asfixia, com gás carbônico (CO_2) e intoxicação, com gás monóxido (CO), além de queimaduras. O fogo, que se trata de uma reação de combustão, produz uma ação física na pessoa acidentada que é a queimadura; e uma ação química, que é a intoxicação causada pela inalação involuntária de gases tóxicos advindos da queima de material. Nesse incêndio foram identificados (pela perícia) como sendo do grupo dos cianetos (CN⁻). Os mesmos gases que causaram morte na fábrica da “Union Carbide”, em Bhopal, na Índia. Ressalta-se que o número de vítimas pode ter sido devido ao atraso da chegada da hidroxicalamina, um antídoto para cianeto.

A ação química desses agentes no organismo é grave: aquelas pessoas, que saíram da boate ilesas, sem nenhuma queimadura e foram pra casa, tiveram que ser internadas às pressas com infecção nas vias aéreas; muitos chegaram a falecer no hospital. Os primeiros efeitos agudos desses gases tóxicos no organismo são vômito, sensações de mal estar e, por fim, fadiga e irritabilidade. Depois, os efeitos crônicos

são dores de cabeça, distúrbios do equilíbrio, depressão e insuficiência respiratória. Em alguns casos o gás tóxico pode causar secreções internas tão graves que os pulmões ficam obstruídos; em outros, as vias aéreas se fecham levando à sufocação.

Já acidentes de mineração, devastam muitas áreas como o derramamento de lama proveniente do beneficiamento de minério de ferro em Bento Rodrigues, MG, com 14 mortes e mais de 600 desabrigados, que devastou toda a cidade. Nos preocupa o fato deste tipo de acidente (em barragens de rejeitos) ter ocorrido em Minas Gerais, de forma sistemática nas últimas décadas, e na maioria das vezes sem punição dos responsáveis. Em setembro de 2014, o talude de uma barragem da *Herculano Mineração*, se rompeu deixando 3 mortos. Em janeiro de 2007, uma barragem com rejeitos da mineradora Rio Pomba rompeu e inundou as cidades de Mirai e Muriaé com mais de 2 milhões de litros de lama de bauxita. Em março de 2003, uma barragem de lixívia negra (resíduo da produção de celulose) se rompeu em Cataguases, contaminando o rio Paraíba do Sul. E, em 2001, houve uma grave acidente em Nova Lima, quando a lama da mineradora Rio Verde cobriram cerca de 2 km de uma estrada.

Cabe ressaltar que existem algumas situações danosas que são consideradas preliminarmente como *incidentes*, mas que depois, por ação química e biológica podem ser consideradas como *acidentes*, no início de baixa gravidade, e, depois (por agravamento) em casos de média ou alta gravidade. Quando as indústrias liberam (nas chaminés) o anidrido sulfuroso e o óxido de nitrogênio, esses gases em contato com o vapor d'água e o O₂ do ar transformam-se em ácido sulfúrico e ácido nítrico, que por sua vez impregnam as águas da chuva, acidificando-as. Ao caírem na superfície, essas chuvas ácidas alteram a composição química do solo e das águas, atingem as cadeias alimentares, destroem florestas e lavouras, atacam estruturas metálicas, monumentos (principalmente aqueles de mármore) e edificações.

Existem outras situações em que a eliminação de poluentes por uma fonte, pode não trazer impacto visual negativo para a localidade;

e, por isso não são consideradas como acidentes. Muitas chuvas ácidas podem ser produzidas numa determinada localidade e se deslocar pelo vento para outros locais ou mesmo para países vizinhos, gerando desconfortos políticos, econômicos e ambientais. Parte da chuva ácida, que atinge o Canadá, é devida à poluição gerada nos Estados Unidos, que também atinge países da Europa. No Brasil, temos o caso de uma usina termoeletrica, no Rio Grande do Sul, que provoca a formação de chuvas ácidas no Uruguai.

É bom lembrar que a natureza também produz “chuvas ácidas”, embora nesse caso, não seja considerada como “incidente” nem “acidente”. A diferença dessa chuva é que sua acidez, causada por ácido nítrico, é mais branda e, acaba sendo útil para a agricultura. Quando o ácido nítrico chega ao solo por meio da chuva, é transformado em nitratos, que por serem solúveis, ajudam a fertilizar o solo, além de, ainda, disponibilizar outros nutrientes.

Não fiz referência ao acidente de Goiânia (setembro de 1987), mesmo tendo sido muito comentado na mídia, porque foi um caso pontual. A causa foi nossa inexperiência com aparelhos médicos a base de radionuclídeos (CsCl). Nossa imprudência foi descartarmos um desses aparelhos em local inadequado, acarretando em contaminações de pessoas curiosas. Embora o número de pessoas afetadas diretamente pelo Césio₁₃₇ tenha sido menor que trinta, foi um oportunidade para os pesquisadores brasileiros do IPEN, Instituto de Pesquisas Nucleares, conhecerem os reais problemas decorrentes de acidentes com radionuclídeos. Esse acidente, além de melhorias no sistema de segurança pública, trouxe melhorias no contexto legal, elaborando normas e resoluções sobre controle e monitoramento das emissões radioativas, bem como do uso e descarte desses aparelhos. Muito embora esse acidente tenha causado 4 mortes e 23 pessoas necessitaram de tratamento médico intensivo, segundo a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

2.4 Ações ambientais

Este tópico, que finaliza o capítulo 2, será utilizado para discutir algumas considerações sobre essa “inércia” das ações voltadas para mitigar, ou mesmo solucionar os problemas e passivos ambientais, que ocorrem quase cotidianamente no Brasil e no mundo. Portanto não estão relacionados (diretamente) com os acidentes.

O termo “passivo” é, comumente, usado para o conjunto de todas as obrigações que as empresas têm com a natureza e com a sociedade, destinado exclusivamente a promover investimentos em benefícios ao meio ambiente. Ou seja, quando as empresas ou indústrias geram algum tipo de passivo ambiental, elas têm que gerar também investimentos para compensar os impactos causados à natureza, e esses investimentos têm que ser de iguais valores. O passivo representa obrigações que exigirão a entrega de ativos ou prestação de serviços em um momento futuro. Essa situação decorre das complexas e demoradas transações, passadas ou presentes, e que envolveram a empresa e o meio ambiente.

Embora, desde 31 de março de 1998, o Brasil tenha uma nova lei ambiental, estabelecendo sanções penais, civis e administrativas para as empresas e pessoas que provocarem danos ao meio, os problemas ambientais ainda vão ser fonte de preocupação para a humanidade³⁰. Por isso, novas pesquisas estão surgindo, visando minimizar os problemas causados pela degradação ambiental. O químico ambiental, juntamente com os agrônomos, biólogos, dentre outros, se encarregam de estudar a natureza buscando minimizar os problemas ambientais mantendo seu equilíbrio e sua diversidade.

A diversidade biológica ou biodiversidade compreende a totalidade de variedade de formas de vida que podemos encontrar em um determinado local ou região do planeta. Pode se referir a todo compartimento biótico como plantas, aves, mamíferos, insetos, microorganismos etc., incluindo neste contexto três grandes grupos: a diversidade genética, a ecológica e a orgânica. Mais detalhes poderão ser obtidos em livros de Biologia como o de Eugene Odum³¹.

Atualmente, a degradação do meio ambiente é um tema constante em todos os noticiários do País e do mundo. Alguns pesquisadores⁸ já indicam que uma das mais relevante causas pode ser atribuída ao uso inadequado do meio pelo próprio homem, que ainda não leva em consideração as condições naturais do solo, da água e do ar, durante seu processo de ocupação e desenvolvimento. As emissões de contaminantes sobre o ar, a água e o solo constituem objeto de preocupação, principalmente em relação aquelas áreas de alta densidade industrial e populacional. Enquanto existe relativo controle sobre a poluição da água e ar, por serem visuais, ainda é difícil o controle sobre a poluição no solo.

Os profissionais da área ambiental devem ter em mente que agir de forma multidisciplinar e dialogar com sua equipe é uma estratégia sempre exitosa. Essa equipe, em alguns casos, pode ser formada por técnicos das mais diversas formações agindo conjuntamente, mas não misturados. Por isso, trabalhar de forma interdisciplinar é mais difícil, tem que ter gestão e requer bem mais tempo. Como vimos, tais profissionais, embora devam ter conhecimento técnico sobre um determinado problema, devem ter visão diferenciada da situação, não podem se deixar levar por comentários de terceiros e ainda devem saber dialogar, se expressando de forma correta para evitar desconfortos.

Um exemplo foi a manifestação do “Greenpeace” na costa ludovicence, ocorrida em 2012; disponível no Youtube. Nessa situação, os ambientalistas encontravam-se próximo a região portuária de São Luís-MA, impedindo navios de carregarem ferro (exportação) por causa da contaminação causada pelas gusarias na micro-região de Açailândia-MA. Essa contaminação ocorre pelas extensas monoculturas de eucaliptos, pelo funcionamento dos alto-fornos e pela produção de carvão; além da depreciação da qualidade da água e do ar, durante o carregamento de navios com ferro gusa no Porto do Itaqui. Nos dois ambientes, seja aquático, em São Luís, seja no terrestre, em Açailândia, foi notória a presença de diversos profissionais, visando resolver a situação. O que não foi, não é, e nem será uma tarefa fácil.

Sobre a atuação desses profissionais, a demanda só cresce com o passar dos anos e a necessidade do mercado, em vez de absorver de forma seletiva acaba, (em alguns momentos) “engolindo” os egressos daqueles cursos técnicos de qualidade duvidosa. Existem regiões em que a oferta é maior que a demanda, por isso ainda faltam técnicos qualificados no mercado, tendo que buscar fora do país. O motivo é que o mercado não quer um técnico ambientalista, mas quer também um gerenciador (gestão). Quando um técnico (seja nível médio ou superior) é o responsável por uma equipe multidisciplinar, só vai ter respostas exitosas sobre um determinado problema ambiental se, e somente se souber gerenciar o processo (delegar função, cobrar, indicar líderes etc.).

O termo gestão, a que nos referimos, inclui todas as ferramentas de administração usadas, para que um profissional alcance um determinado objetivo gerencial, vale tanto para você, enquanto estudante, quanto cidadão. Já a gestão ambiental, pode ser considerada a maneira como nós administramos tudo aquilo relacionado ao meio ambiente. Mais detalhes ver capítulo 10.

Queria fazer um alerta: existem muitos cursos rotulados como MBA (*Master Business Administration*) que não apresentam disciplinas de gestão e, portanto, não podem se auto-intitular como cursos MBA. Por isso, é importante ficarmos atentos, para não comprar “gato por lebre”. Ah, existem ainda os cursos MBE (*Master Business Ecology*), que também merecem atenção.

E o que dizer da controversa dualidade: *crescimento e desenvolvimento*? Atualmente é comum a confusão entre: crescimento das cidades e desenvolvimento das cidades, mas crescer não quer dizer desenvolver. Muito embora essa última tenha o desconforto etimológico de “não envolver”. Mas deixemos essa discussão para outro momento.

A leitura e busca pelo conhecimento é a ferramenta potencial para a gestão do meio ambiente; e não há outra saída senão pela busca da fundamentação científica sobre a situação. E a mitigação de um problema ocorrerá pela pesquisa, mesmo que para isso tenhamos que

adotar metodologias de ponta (complexas e caras) para uma visão “multi-criterial” do ambiente. Esse termo se refere às utilidades múltiplas de um determinado recurso natural.

Em relação às ações voltadas para controlar os problemas ambientais decorrentes do "crescimento", essas são ainda incipientes. Para se aprimorar ações de gerenciamento do controle das fontes de contaminação das indústrias devemos nos apoiar em planos, programas e projetos de forma a atender as necessidades e anseios da população. E também nos recursos financeiros, humanos e previsão de necessidades de cooperação técnica em função dos prazos desejados e metas a serem alcançadas³². Deve-se fomentar, em nível global, uma gestão compartilhada entre os países sobre a real necessidade desse crescimento. Assim indústrias de alto risco passariam por decisões (políticas públicas) antes de serem instaladas. E com prioridades de ação, visando aumento em saúde e segurança humana e ambiental.

Como as ações ambientais são consequência de nossas mudanças cognitivas (formas de perceber o ambiente); poderão ser boas ou más. Isso explica as atrocidades com o planeta; na busca do “crescimento” dizem que são sequelas de nossos ancestrais. Essa subjetividade sobre a resiliência ambiental, faz com que alguns industriais acreditem que pelo “desenvolvimento” também podem fazer tudo: a natureza aguenta.

É bom ressaltar que "nosso" desenvolvimento, seja humano e-ou ambiental, está vinculado a nossa relação harmoniosa (e não odiosa) com a natureza. Quanto mais adequadas forem essas condições, maior e melhor será nosso grau de estabelecimento. Portanto, para o desenvolvimento de uma região, tornar-se imprescindível que se conheça essas características e suas interações. (...) para que grandes acidentes não ocorram.

Capítulo 3. Química e meio ambiente

Neste capítulo, vamos conhecer os princípios de uma química sustentável, e as ferramentas analítico-matemáticas para conclusão de estudos ambientais. Por essa razão você, meu caro leitor, vai ter muitas atividades para fazer. Também vamos descobrir que, embora todos os ramos da Química sejam importantes para a QuiAmb., a Química Analítica é considerada imprescindível para atuar na identificação e quantificação de ambientes contaminados.

3.1 Conceitos ambientais

Este tópico, será voltado para ressaltar a importância dos conceitos ecológico-ambientais. Nesse sentido, é conveniente acrescentar alguns comentários plurais e holísticos sobre meio ambiente, pois são imprescindíveis para se ter embasamento em uma possível discussão sobre controle, monitoramento, contaminação, degradação e recuperação ambiental e até mesmo em conversas em sala de aula ou pelos corredores universitários.

Embora exista uma infinidade de termos ambientais, que podem ser obtidos em glossários disponíveis em vários livros, neste tópico serão exemplificadas apenas cinco: meio ambiente, ecossistema, biosfera, poluição e impacto ambiental. Lembrando que a noção de “ambiente” deve ser multicêntrica, porque muda de conteúdo em função da abordagem na qual é posta e pensada.

Segundo o geógrafo Milton Santos, o termo “meio ambiente” se constitui apenas uma metáfora, portanto não se pode teorizar a partir dessa noção. O que existe é “o meio”, que por simplificação às vezes se chama meio ambiente, o que constitui também uma redução. A expressão limita o raciocínio e pode trazer alguns equívocos que desejamos ultrapassar: ou seja, desejamos sair de uma acepção puramente técnica do viver e alcançar essa visão global sem a qual o humanismo pode ficar no discurso³³.

Alguns profissionais ainda pensam como no início do século XIX, quando as questões ambientais estavam associadas aos efeitos do rápido e intenso processo de industrialização e urbanização. Nessa época, a higiene foi introduzida como uma estratégia de saúde para as populações excluídas. A compreensão dos problemas ambientais como não somente restritos aos aspectos de saneamento e controle de doenças, bem como a recuperação da dimensão política e social dos mesmos, somente veio à tona com o surgimento do movimento ecologista. Muito embora, acredita-se que o passar do tempo fez seu fundamentalismo ofuscar suas reais propostas: ambientalmente seguros e ecologicamente sustentável.

Partindo do entendimento que a saúde da população resulta da forma como se organiza na sociedade, em suas dimensões política, econômica e cultural, esse movimento propunha mudanças em direção tanto à democratização da sociedade, como das práticas de saúde, implicando isso a sua própria reorganização³⁴. Incorporando aqui um pouco das ciências sociais, podemos considerar que estes programas de promoção da saúde devam ser movimentos socialmente justos, economicamente viáveis e politicamente emancipadores. A resolução dos problemas ambientais implica a ativação de um conjunto de processos, os quais “o social” tem um importante papel a desempenhar nessa condução multidisciplinar.

Mas voltemos para os cinco termos ambientais. Como percebido o termo “meio ambiente”, vai além dos domínios físicos, químicos, biológicos, chegando (por incrível que pareça) àqueles econômicos, tecnológicos, filosóficos, políticos, éticos e jurídicos, isto significa, que não se pode ter uma visão literalista (ao pé da letra) desse termo. Atualmente pode ser definido como um sistema no qual interagem homem, meio, sociedade, natureza, apontando para a superação da preocupação imediatista de proteção, conservação e manutenção da harmonia proveniente do equilíbrio ambiental.

Na perspectiva de uma visão mais abrangente, o meio ambiente passa a ser entendido como um espaço socialmente construído nas relações cotidianas, que são permeadas por atividades econômicas e políticas; onde está em constante interação com os aspectos naturais e socio-culturais³⁵. Essas relações acarretam processos culturais, tecnológicos e políticos de transformação da natureza e da sociedade.

O segundo conceito é o de “ecossistema” que pode ser definido como: um sistema aberto, integrado de autoregumentação, que inclui, em certa área, todos os fatores físicos e biológicos (elemento bióticos e abióticos) do ambiente e suas interações³¹. O que resulta em uma diversidade biótica com estrutura trófica claramente definida e na troca de energia e matéria entre esses fatores. Lembrando: Manguezal é ecossistema; Mangue é vegetação.

A biocenose (população) e seu biótopo (local) constituem dois elementos inseparáveis que reagem um sobre o outro para produzir um sistema mais ou menos estável que recebe o nome de ecossistema. É considerado a unidade funcional de base em ecologia, porque inclui, ao mesmo tempo, os seres vivos e o meio onde vivem. Lembrando: Ecologia é a ciência que estuda as relações dos seres vivos entre si ou com o meio (orgânico ou inorgânico). Já o termo bioma, também usual, se refere a um agregado de ecossistemas: àqueles ambientes cuja fauna, flora e clima são característicos. Os três maiores biomas brasileiros são a Amazônia, o Cerrado e a Mata Atlântica³⁶.

O terceiro, esse bastante abrangente, é o conceito de “biosfera” que é o grande ecossistema que abarca a Terra e os limites dos seres vivos. Esses limites de tolerância natural dos seres vivos é que constituem as fronteiras que demarcam a biosfera³¹. Não se trata, então, de uma camada geométrica do globo em que é possível a existência de vida. O conceito tem um sentido muito mais ideal do que físico: vai até onde o ser vivo pode ir com vida. Se as alterações forem muito rápidas, por exemplo, podem ocasionar o desaparecimento de espécies e até grandes catástrofes.

Já as modificações lentas permitem uma adaptação evolutiva, evolução das espécies. O homem sempre difere dos outros seres pela sua possibilidade de improvisação e criatividade. É dessa forma que escapa à seleção natural pela fome ou escassez de alimentos, tendo mais condições de sobreviver às mudanças e crescer populacionalmente, se é que podemos nos expressar assim.

O quarto conceito, vinculado a questões ecológico/ambientais, que é comumente usado pela população em geral é “poluição ambiental”. Quando rotulamos uma poluição de “ambiental”, o termo acaba sendo usado erroneamente; até porque toda poluição ocorre em um determinado ambiente, portanto é sempre ambiental. De acordo com Cardoso²⁷ existem diversos tipos de poluição: poluição do ar, das águas, do solo, poluição visual, sonora etc. Tudo aquilo que estiver em excesso no meio, ou seja, qualquer alteração no meio ambiente que passa a ser prejudicial a seu equilíbrio e aos seres vivos. Para ilustrar, suponha que se coloque uma gota de petróleo em um tanque de piscicultura, e se jogarmos um copo, ou até mesmo um barril ? percebe-se que o problema da poluição ambiental sempre vai estar relacionado com a quantidade do agente, seja esse de natureza química (no caso do óleo), física e/ou biológica. É uma questão de escala, como dizem os geógrafos.

Uma definição mais técnica para poluição nos remete ao entendimento da Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6938/81; essa afirma que poluição ambiental é a degradação da qualidade do ambiente resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões estabelecidos³⁷.

O quinto conceito, o de “impacto ambiental”, sem sombra de dúvidas, é um termo bastante usado em ações de química ambiental. Relaciona-se, diretamente ao impacto, em geral negativo, causado por

um determinado empreendimento. A relevância desse conceito não é só devido à abrangência, mas por sua peculiaridade técnica. Devemos, portanto evitar frases como por exemplo: “impacto sócio ambiental”.

É bom saber que “impacto ambiental” já inclui o social; termos como “impacto sócio ambiental” é igual dizer “entrar pra dentro”. Sugiro usar frases como: “caracterização sócio-ambiental”, dentre outras.

De acordo com Conama³⁸ impacto ambiental é toda alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas; a biota (fauna e flora); as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Cabe ressaltar que as erupções vulcânicas, os tornados, os maremotos/terremotos não são considerados impactos ambientais, pois não são induzidos pelo homem. São efeitos ambientais que podem ou não, culminar em catástrofes naturais. A melhor definição para identificá-los seria usar a terminologia: fenômenos naturais.

Os instrumentos de política ambiental como as Avaliações de Impacto Ambiental (AIA), são formadas por um conjunto de procedimentos capazes de assegurar, desde o início do processo de implantação do empreendimento, que se faça um exame preliminar dos impactos ambientais e de suas alternativas. A classificação de AIA pode ser quanto a:

Valor - Impacto positivo, quando uma ação causa melhoria de um fator ou parâmetro ambiental. Impacto negativo, quando uma ação causa dano a qualidade de um fator ou parâmetro ambiental.

Ordem - Impacto direto, quando resulta de uma simples relação de motivo e consequências. Impacto indireto, quando é uma reação secundária em relação à ação.

Espacial - Impacto local, quando a ação circunscreve-se ao próprio sítio e suas imediações. Impacto regional, quando um efeito se propaga por uma área além das imediações do sítio onde se dá a reação.

Temporal - Impacto a curto prazo, quando o efeito surge de forma imediatista. Impacto a longo prazo, quando o efeito se manifesta em épocas fora da atividade impactante.

Dinâmico - Impacto efêmero, quando o efeito permanece por um determinado tempo. Impacto cíclico, quando o efeito é percebido em determinados períodos, ou de forma permanente.

Efeito - Impacto cumulativo, quando combinados a outros elementos e está associado a outros impactos. Impacto não cumulativo, quando não se associam e não se acumulam com outros impactos.

Plástico - Impacto reversível, quando cessada a ação o ambiente volta as suas condições iniciais. Impacto irreversível, quando cessada a ação o ambiente não retoma as suas condições iniciais.

A seguir serão listados alguns dos empreendimentos mais conhecidos e considerados, pela literatura, como impactantes para o meio ambiente³⁹.

Hidrelétricas, atividades de mineração, reflorestamento, portos, ferrovias, rodovias, hidrovias, aeroportos, refinarias, indústrias químicas, papel e celulose, extração de petróleo e gás, aterros sanitários e industriais, agricultura e pecuária extensiva, expansão imobiliária, dentre muitos outros.

Dentre esses empreendimentos escolheremos um em particular para estudarmos; no caso a escolha foi por Hidrelétrica. A partir daí relacionaremos alguns impactos ambientais decorrentes de sua implantação. Como por exemplo: Obstrução à piracema, Inundação de várzea, Erradicação da vegetação ribeirinha, Inundação de loteamentos, Aumento das linhas de transmissão, Mudança do ambiente aquático, Mudança da infra estrutura, no caso de estradas, Modificação da fauna e flora, Mudança no comportamento social, no caso de mão-de-obra, dentre outros.

Desses impactos, listados anteriormente, será selecionado apenas um; e será feita uma pequena caracterização segundo seus critérios qualitativos. Para facilitar, foi escolhido o primeiro, o impacto da obstrução dos peixes, quando época da piracema.

Pode-se dizer, por meio qualitativos, que a obstrução à subida dos peixes, quando da piracema, refletirá os seguintes critérios:

Valor - impacto negativo, pois causa um dano à qualidade do fator ambiental, no caso a ictiofauna (fauna dos peixes);

Ordem - impacto direto, pois causa um comportamento ambiental (e, nos peixes) que reflete uma relação de causa e efeito;

Espacial - impacto local e/ou regional, a amplitude de atuação dependerá da situação e do tamanho do empreendimento;

Temporal - Impacto a curto e a longo prazo, pois o efeito da obstrução aparecerá de forma imediatista e de forma futura;

Dinâmico - impacto permanente, uma vez construída a barragem, os efeitos não cessam num horizonte temporal conhecido;

Efeito - impacto cumulativo, uma vez que está associado a outros elementos, tende a potencializar o impacto; e

Plástico - impacto irreversível, visto que não se leva em conta adoção de medidas minimizadoras, como a construção de uma “escada de peixe”, que mesmo construída, os danos não cessam.

As informações referentes às ferramentas de gestão ambiental como, por exemplo, o PCA (Plano de Controle Ambiental), EIA (Estudo de Impacto Ambiental) e RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) são complexas e imprescindíveis. Por isso, ainda vão ser discutidas em outros tópicos, quando comentarmos sobre políticas de meio ambiente.

Para aqueles que tiverem interesse em discutir o impacto ambiental causado por uma determinada empresa podem baixar (www.bnb/) o Manual de Impactos Ambientais. Para os do setor de Petróleo e Gás indica-se o livro Impactos ambientais do refino de petróleo²⁹. Já para o setor minerário-siderúrgico, indica-se o livro: Mineração e Meio Ambiente (2002) de Carlos Eugênio Farias.

3.2 Sustentabilidade

Bem, mais uma vez estamos nos deparando com outra terminologia complexa que é a sustentabilidade; de tantos outros que já

nos deparamos. Por isso, vamos fazer apenas algumas considerações de forma rápida. Caso queira aprofundar-se neste tópico consulte o livro do pesquisador Drew⁴⁰ ou acesse o sítio do Ministério do Meio Ambiente (www.mma.gov.br), que contém muitos artigos sobre o tema.

Como sabemos, sustentabilidade é uma forma de agir pensando sempre nas gerações futuras, pois só assim poderemos buscar o desenvolvimento sustentável. Portanto, um profissional que trabalha com sustentabilidade sempre estará pensando no outro. Acredite, se a chaminé da empresa onde você trabalha estiver desregulada, você deverá de forma imediata corrigir o problema para evitar a contaminação do ar; seus vizinhos não têm culpa de seus problemas, portanto trate de corrigi-los.

Assim, podemos dizer que existem muitas ações que os profissionais das mais diversas áreas podem executar sustentavelmente mas, aqui, vamos apresentar algumas ações de natureza estritamente química, que ocorrem em alguns laboratórios de ensino, frequentemente nos laboratórios de pesquisa e, compulsoriamente, nos de Química Ambiental. Um exemplo dessas atividades são as diretrizes que constituem as práticas para uma química sustentável, como os chamados doze princípios da Química Verde.

Esses princípios são, na verdade, atitudes sustentáveis que devem ser compulsoriamente executadas, cotidianamente, nos laboratórios de química. Prevenir e precaver; economia de átomos; reações de baixa toxidez; compostos seguros; diminuição de solventes; eficiência energética; substâncias renováveis; cuidado com derivados; usar catálise; compostos degradáveis; análise em tempo real; e prevenção de acidentes. Podem ser descritos, como segue:

Prevenir e precaver - realizar atividades que previnem a formação de resíduos é melhor e menos dispendioso do que a remediação ou tratamento posterior dos mesmos;

Economia de átomos - é a maximização da incorporação dos átomos presentes nos reagentes e nos produtos. Por lógica, uma reação ideal não deve ser seletiva;

Reações com compostos de menor toxicidade - sempre que possível deve-se, em reações químicas, substituir compostos de alta toxicidade por outros de menor;

Desenvolvimento de compostos seguros - os produtos químicos deverão ser desenvolvidos para possuírem a função desejada, apresentando sempre baixa nocividade;

Diminuição no uso de solventes e auxiliares - utilizar substâncias auxiliares (extratores, separadores), evitar quando possível estas substâncias; ou usadas de forma inócua (inofensiva) em todo o processo;

Eficiência energética - os métodos sintéticos devem ser conduzidos sempre a pressão e temperatura ambiente, para diminuir a energia gasta no processo;

Uso de substâncias renováveis - devemos priorizar, quando economicamente viável, a utilização de matérias-primas de natureza renovável;

Evitar a formação de derivados - a chamada derivatização, que é o uso de reagentes bloqueantes, de proteção ou desproteção e modificadores deverá ser minimizada ou evitada quando possível;

Usar catálise - os reagentes catalíticos, tão seletivos quanto possíveis, são superiores aos reagentes estequiométricos e, portanto, as reações são mais eficientes, mais limpas e econômicas;

Desenvolvimento de compostos degradáveis - dar prioridade para compostos com degradabilidade que devem originar sempre compostos inócuos, após cumprirem sua função na referida reação;

Análise em tempo real para prevenir contaminação - é essencial desenvolver e/ou aprimorar metodologias analíticas que possibilitem o monitoramento de processos em tempo real com o intuito de controlar a formação de compostos nocivos;

E o 12º princípio: uma Química segura para a prevenção de acidentes. Para isso, devemos fazer a escolha eficiente das substâncias, bem como sua forma. Os experimentos devem ocorrer de maneira a minimizar potenciais acidentes químicos, como vazamento, explosões e incêndios.

Alguns preconizam, que a sociedade ainda não pode viver sem os produtos químicos, pode-se dizer até de brincadeira: *“tudo termina em química”*. A indústria fabrica todos os dias uma ampla lista de produtos e de matérias-primas para os mais variados setores. Entretanto, a crescente demanda ambiental fomenta que essas indústrias utilizem princípios verdes, reagentes não poluentes e fontes renováveis, deixando de lado aqueles de origem fóssil, o que nem sempre ocorre.

É bom salientar que muitas áreas hoje contaminadas são decorrentes de atividades industriais já encerradas, cuja empresa responsável às vezes entrou em concordata ou cujos responsáveis não são localizados. Torna-se, por vezes, difícil a identificação de responsabilidades, e mesmo quando tal identificação é reconhecida técnica e judicialmente, a execução da exigência de recuperação da área degradada e de ressarcimento por danos ambientais e à saúde de populações; não é concretizada. Enquanto permanecem as pendências judiciais sobre essas indústrias, o risco de contaminação humana e ambiental ainda cresce assustadoramente no Brasil.

Tradicionalmente, os produtos químicos industriais e farmacêuticos têm sido produzidos em processos que se mostraram economicamente mais baratos. Na maioria dos casos, isso significa um processo envolvendo o uso livre de solventes e outras substâncias que produzem subprodutos residuais devendo, portanto, ser descartados.

O sentimento de responsabilidade ambiental, em crescimento desde a segunda metade do século XX, deu lugar às tentativas para controlar e descartar adequadamente os rejeitos, os resíduos e os subprodutos. Outro exemplo é a tentativa de utilizar os compostos químicos (como solventes), de maneira a minimizar os transtornos ambientais decorrentes do seu processamento e operação.

3.3 Química para o bem

Embora seja comum ler frases do tipo: “tudo de ruim tem química” ou aquelas “a química só traz malefícios”, é preciso ressaltar

que atualmente os profissionais da química são mais dedicados à busca de soluções para os problemas ambientais, e estão evitando fazer parte da chamada “indústria suja”. Claro que, se você for comprar um alimento e aparecer no rótulo “produto sem química” você vai querer adquiri-lo sem hesitar. Ao mesmo tempo é bom salientar que a química está presente em tudo, inclusive naquilo que não tem substância sintética (feita em laboratório). De maneira geral, pode-se dizer que até uma fruta produzida em uma grande fazenda tem química. Seja pela química da fisiologia vegetal, seja pela química dos produtos naturais, ou a química dos produtos sintéticos aditivos, fertilizantes e agrotóxicos.

Devido aos avanços na Agroquímica (pesticidas e fertilizantes) é muito difícil uma fruta comprada em grandes redes de supermercados não ter recebido, no campo, substâncias para aumentar sua produtividade. Mesmo aquelas consideradas orgânicas (100% naturais) também têm química, pois o processo natural de amadurecimento é uma reação de oxidação. Ah, e graças a esses mesmos avanços nos processos químicos que podemos consumir uma fruta que foi colhida do outro lado do mundo. Sem falar da Farmacologia, é graças a essa química que temos remédios para todos os nossos males. Portanto, posso ser atrevido e dizer que a química de hoje é muito mais para ajudar do que para prejudicar.

Não se pode deixar de lado o fato daqueles profissionais que trabalham em indústrias petroquímicas, ou mesmo em empresas de química pura, também, estarem ganhando uma postura ambiental. Isso levará a uma visão mais ampla e mais justa sobre as questões de poluição fornecendo, com isso, uma forma de desenvolvimento em que a vida e as condições de sobrevivência, saúde e bem-estar, sejam asseguradas. Não é porque você trabalha em uma refinaria que vai ser compulsoriamente um poluidor.

De acordo com o Capítulo VI da Ordem Social da Constituição, cabe ao poder público, dentre outras atividades relacionadas à preservação do meio ambiente, “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação

do meio ambiente”. Esse novo impulso dado ao estudo/ensino da química ambiental deve ser encarado como um “marco zero” pela comunidade científica brasileira e, principalmente, para os ambientalistas. O termo marco zero, é uma definição ambiental usada para caracterizar o primeiro monitoramento de uma determinada área e os resultados obtidos são mundialmente conhecidos como valores “background”.

Outra contribuição preponderante para o avanço de uma postura ambiental foi em relação ao ensino da Química; diversas instituições incluíram nos seus projetos pedagógicos, além de disciplinas como Química Ambiental, apresentação de palestras e mini-cursos sobre química ecológica, sustentável, verde, limpa e química médica.

Embora a relação química e meio ambiente seja um assunto inegavelmente multidisciplinar, pois inclui profissionais das diversas áreas do conhecimento, o termo Química Ambiental veio fortalecer a imagem dos profissionais de química sobre os problemas ambientais, além de quebrar aquele estereótipo que os químicos carregavam de cientistas do “mal”. Mas não se preocupe, a controvérsia gerada ainda vai ser retomada em diferentes capítulos desse livro.

A química do meio ambiente tem-se firmado como uma importante área da Química. Não só pelas razões ambientais, mas também pela fonte de material de estudo, trazendo aos químicos um maior aprimoramento das metodologias usadas como novas etapas na agregação de valor aos resíduos, seja doméstico, industrial ou hospitalar; detecção de contaminantes em nível de traços; inovação tecnológica para produção de substâncias comerciais inócuas e biodegradáveis; tratamento terciário e avançado para diferentes efluentes; desenvolvimento de processos de retorno não poluentes; abatimento na geração de rejeitos industriais, dentre outros^{40,41}.

O fato de um produto ser degradado biologicamente não obrigatoriamente significa dizer que ele é benéfico; quem vai definir isso são os constituintes químicos do produto em questão. Um plástico, cuja matéria-prima é natural, tende a se degradar mais facilmente no ambiente. Porém, plásticos biodegradáveis cuja matéria-prima é de fonte petroquímica; existem controvérsias.

Os problemas atuais dos rejeitos industriais não são caracterizados apenas por sua qualidade como aos que os químicos já vinham tratando, mas também, por sua quantidade. Existem substâncias, que devido sua miscibilidade e mobilidade, podem contaminar grandes ecossistemas mesmo em quantidade muito pequena. Perceba que ainda hoje os aspectos qualitativos são fonte de estudo, pois com o passar dos anos vem surgindo novos “produtos” cuja qualidade comercial é serem de baixo custo, mas infelizmente com nocividade.

A indústria química como já esperado, fabrica uma ampla lista de produtos e de matérias-primas para os mais variados setores. Entre os produtos estão aqueles usados para: proteger as casas (tintas e vernizes), manter a saúde de homens e animais (medicamentos e vacinas), aumentar a produção de alimentos (fertilizantes e agrotóxicos), vestimenta, mesa e banho (produtos de higiene-limpeza, e perfumes), deslocar pessoas por meio de veículos automotores (combustíveis fósseis e não fósseis), dentre muitos outros.

De acordo com Wongtschowski⁴², no início do século XIX já existiam, no Brasil, substâncias e materiais produzidos “quimicamente”, como açúcar, aguardente, medicamentos, entre outros. Nessa época, foram fundadas 5 fábricas de pólvora, 30 de sabão, 10 de vela e 10 de produtos diversos. Hoje em todos os segmentos da indústria de transformação, esses produtos, são obtidos a partir de matérias-primas fósseis, embora os insumos renováveis vêm crescendo. Como a demanda de produtos sustentáveis tem sido cada vez mais atendida, a indústria química brasileira, a sétima do mundo (em vendas), apresenta grande potencial de crescimento nesse setor.

3.4 Poluição nas cidades

Como o crescimento industrial, populacional e das cidades tem ocorrido de forma acelerada, os centros urbanos se tornaram cada vez mais depreciados (poluição sonora, visual, e atmosférica). Em relação ao barulho, vários estudos³⁵ têm demonstrado que de uma

forma geral, os ruídos interferem nas atividades normais do homem como dormir, descansar, ler, concentrar-se, comunica-se etc. Ruídos elevados produzem constrição dos vasos sanguíneos, dilatação das pupilas, contração dos músculos, aumento do batimentos cardíacos, estremecimento, espasmos estomacais, vertigens, redução da capacidade de visão, tensão emocional, alergias, úlceras, dificuldades respiratórias, estresse e surdez progressiva.

Os desconfortos mais sérios ocorrem quando as pessoas estão submetidas a níveis acima de 80 dB. Nestas condições o trabalhador reduz a sua produtividade, o que aumenta as taxas de acidentes. Os ruídos provocam mais neuroses quando a fonte sonora não pode ser eliminada e o indivíduo se sente indefeso frente à ação do ruído. Assim, os níveis de intensidade sonora no ambiente urbano são determinantes da qualidade ambiental, intrinsecamente associados ao conforto e à saúde da comunidade urbana ou, em alguns casos, até rural. Daí reside a relevância da presença dos Centros de Referência em Saúde do Trabalhador, Cerest. Esses órgãos podem e devem auxiliar o trabalhador e a população contra esses e outros efeitos deletérios.

Um aspecto importante a ser considerado nas questões relativas ao combate à poluição é o falso antagonismo entre a defesa do meio ambiente e o desenvolvimento econômico. Durante um longo período se considerou que a implementação de uma política de combate à poluição/degradação ambiental teria uma incidência particularmente negativa em certos setores, sobretudo no industrial, na medida em que haveria uma elevação dos custos por causa dos tratamentos anti-poluição a ser realizado, levando, com isto ao fechamento e aumento do desemprego. Isto permitia, por exemplo, que na busca do aumento da produção, se exigisse um menor rigor com relação aos gastos com a qualidade ambiental.

Esta dicotomia não pode ser analisada diretamente como, em geral, as empresas fazem através da relação "custo-benefício". Deve-se ter em mente que a natureza precisa ser conservada e os custos com sua conservação ou preservação, são gastos em benefício do próprio

homem. Levando-se em consideração que a contaminação e/ou poluição (antrópica) além de persistente e frequente é mais agressiva.

Embora esses termos sejam usados como sinônimo; um ambiente contaminado significa que a concentração do agente é elevada em relação aquela que ocorre naturalmente, mas não está causando dano. Já 'poluído' refere-se a situação em que não somente a concentração da substância é elevada como também está causando algum dano no meio⁴³. Lembrando: Perigo expressa uma exposição relativa a um risco, que favorece a sua materialização em dano; Risco expressa as condições com potencial necessário para causar danos (lesão, perda, degradação).

Informações sobre os tipos de poluição também são pertinentes, pois sabemos que existem aquelas chamadas diretas, quando o poluente está diretamente associado a uma relação causa - efeito. Já a poluição indireta é aquela em que a substância (não poluente) por si só não é a causa da poluição mas a consequência de sua entrada no ambiente. Um exemplo é a poluição por detergentes biodegradáveis que levam a um aumento da DBO (demanda bioquímica de oxigênio) por causa da eutrofização das águas, o detergente não é um "poluente".

Outra informação pertinente sobre a relação homem e poluente é a inserção de sinergismos e antagonismos. Quando dois ou mais poluentes apresentam um efeito aditivo (quando o efeito observado é igual à soma dos efeitos individuais da substância envolvida) tem-se sinergismo. Já antagonismo é quando o efeito observado é menor do que aquele esperado de cada uma das substâncias, ou ainda, uma delas reduz a toxicidade da outra.

Existe ainda o efeito potencializador, quando o efeito final é bem maior que o da soma dos efeitos individuais. Quando uma das substâncias induz a toxicidade da outra podem ainda reagir entre si formando um novo composto com uma toxicidade diferente. Um exemplo é a mistura de resíduos contendo aminas e nitritos, cuja interação pode formar n-nitrosamina, que é um agente cancerígeno.

Além dos poluentes comumente conhecidos (orgânicos e inorgânicos) existem outros que, embora não sejam poluentes estão diretamente relacionados à degradação dos ambientes.

Como exemplo cita-se as variações das condições do meio:

i) aumento da temperatura, tende a diminuir a quantidade de O_2 dissolvido na água, o que acaba tornando-a inadequada para a vida de espécies aquáticas; no ambiente aéreo pode causar modificações na densidade e reatividade dos gases;

ii) alteração da força iônica, mudanças na concentração de sais dissolvidos na água pode causar, devido ao fenômeno da osmose a morte de algumas espécies aquáticas e;

iii) mudanças bruscas de pH, a ictiofauna é bastante sensível às condições do pH do meio, mas devido a presença de chuvas ácidas em algumas regiões o pH das águas tem sofrido diminuição.

3.4.1 Ambiente aquático

A água é uma substância tão comum que a humanidade raramente se dá conta de sua imensa importância, embora a utilize constante e indispensavelmente como bebida, para fins domésticos, agropastoris e industriais, servindo ainda como habitat para vários tipos de espécies de seres vivos e como meio de transporte, além de produzir energia. O grande desenvolvimento industrial é um dos principais responsáveis pelo comprometimento de nossas águas, seja pela negligência no tratamento de seus resíduos antes de despejá-los nos rios, seja por imperícias na busca de tecnologias para descontaminação.

Outra situação evidenciada são os descuidos cada vez mais frequentes, que propiciam o lançamento de muitos poluentes nos ambientes aquáticos, contribuindo para que as águas naturais os lagos, rios, estuários, mar, águas subterrâneas e de abastecimento; se águas tornem residuárias (effluentes).

A verificação da concentração de poluentes em sedimentos de lagos ou rios é de importância particular em estudos geoquímicos e ambientais, pois apresenta constituição análoga e representativa de seu meio, indicando o grau de poluição de determinada área. Mesmo que os níveis mensurados na coluna d'água, em uma zona influenciada por descargas antropogênicas, estejam abaixo dos limites estabelecidos, a análise do sedimento certamente indicará a presença de poluentes que podem ter sido lançados em períodos anteriores, sendo remobilizados e retrabalhados pela “energia” do rio⁴⁴.

Grande proporção de poluentes, descarregados constantemente em sistemas aquáticos, é incorporada aos sedimentos. Por essa razão, esse material tem sido muito utilizado para se avaliar a poluição em corpos d'água naturais, uma vez que os sedimentos atuam como compartimento concentrador de poluentes. Entretanto, é bom ressaltar que a determinação da concentração total de poluentes em solos e sedimentos não é suficiente para avaliar o impacto ambiental causado³⁰.

Acredita-se que, dependendo da forma em que a associação ocorre em sedimentos aquáticos, diante de alterações físico-químicas e biológicas do meio (turbulência, vazão, volume d'água, número e fluxo de elementos bióticos), esses materiais, no que tange ao recebimento desses poluentes, não irão se comportar apenas como depósito. Eles (sedimentos), poderão funcionar como fonte de contaminação para o meio, através do processo de resuspensão, que, por sua vez, dependerá diretamente das condições físicas do meio.

3.4.2 Ambiente aéreo

A atmosfera, formada pelos gases que envolvem a Terra, tem a função essencial de dar condições à vida, ao mesmo tempo em que exerce sua função climática e de filtro solar. Esse envoltório gasoso, formado por 78% de N_2 , 21% de O_2 e 0,03% de CO_2 e outros gases, vem sendo agredido frequentemente por atividades antrópicas que

lançam os mais diversos poluentes como SO_x, NO_x, PCB, Dioxinas, PAN, HPA, dentre outros. O aumento da concentração de gases não poluentes como o CO₂ incentivaria a produção do efeito estufa (*ou não*, ver livro “A fraude do efeito estufa” de K. Bluchel). Da mesma forma que o aumento da concentração de SO₂ incentivaria também a produção de chuva ácida. Gases como os banidos CFC’s, por meio de reações fotoquímicas, eram um dos principais responsáveis pelo aumento do buraco da camada de ozônio. Já gases como o NO₂ estão sendo responsabilizados pelo fenômeno do “smog” fotoquímico.

Outra situação preocupante sobre a poluição aérea é aquela do nosso dia a dia, principalmente aquelas “in door”. Este tipo de poluição inclui as residências e os locais de trabalho. No caso das residências tem-se o fumo, os gases provenientes do fogão e as poeiras provenientes da limpeza. No caso do local de trabalho, os poluentes podem ser dos mais diversos e com diferentes graus de contaminação. O essencial deste tipo de poluição não é somente por causa da concentração do poluente, mas a periodicidade com que o indivíduo está exposto. Daí reside a importância da chuva como efeito depurador.

A poluição do ar por contaminantes como PCBs, dioxinas e furanos na atmosfera ocorre principalmente devido à combustão e volatilização de material organoclorado, possibilitando o seu transporte. Mesmo para áreas remotas como Groelândia, os polos Antártico e Ártico. Na atmosfera, esses contaminantes estão distribuídos entre a fase gasosa e o material particulado. Esta distribuição é influenciada principalmente pela temperatura ambiente e pressão de vapor.

O monitoramento ambiental aéreo leva, dentre outros fatores, em consideração o conteúdo: *i*) da emissão e da imissão: CME, é concentração máxima (emissão) que uma substância tóxica pode ser expelida para atmosfera por uma determinada fonte; CMI, é a concentração máxima (imissão) que uma substância pode se encontrar no ar sem causar danos; *ii*) do material particulado total e inalado: MPT, é a concentração de partículas aéreas totais encontradas em um

ambiente; MPI, é a concentração de partículas possivelmente inaláveis (menor que $30\mu\text{m}$) em um ambiente.

Outro grande problema para o ambiente aéreo é a entrada/lançamento de radionuclídeos (materiais radioativos). Estudiosos²¹ acreditam que a incidência de câncer na Oceania ainda pode ser explicada por sequelas das bombas atômicas lançadas no Japão. Existem evidências de que a poeira radioativa ainda percorre aquele continente, além de haver suspeitas de que esta poeira já tenha sido vista em outros países fora daquele continente.

Visando mitigar a poluição aérea dos veículos nas grandes cidades os governos locais estão pondo em funcionamento redes de monitoramento da qualidade do ar em vários estados. Isso facilita a adoção de medidas preventivas e corretivas relacionadas à poluição e contaminação desse compartimento ambiental. Já no contexto mundial, em 2015 na Conferência das Partes, COP 21 (Paris), os países mais industrializados vão ter oportunidade de reduzir suas emissões de gases, mas acredito que não vão fazê-lo. Lembrando que essa discussão iniciou em 1992 com o Protocolo de Kioto. Países como Estados Unidos e China foram os únicos que ainda não aceitaram diminuir as emissões, por causa das suas metas de “crescimento”.

O Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar, PRONAR, instituído no Brasil pelo Conama (Nº 3/1990) é voltado para as fontes fixas e utiliza como instrumentos: *i*) os padrões de qualidade do ar e da emissão na fonte; *ii*) a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar; e *iii*) o inventário de fontes e poluentes atmosféricos. Mais detalhes acesse o sítio: www.compnet.com.br.

3.4.3 Ambiente terrestre

A diversidade de contaminantes incorporados ao solo torna, infelizmente, este ambiente um importante reservatório global prejudicando com isso toda a biota. Sem considerar a origem do poluente, estes tendem a atingir determinada área e, a partir daí, passam

a fazer parte da vida cíclica do solo → planta → animal → homem. É lamentável que ao fazerem parte deste ciclo, poderão acumular-se e biomagnificar-se. De acordo com Silva *et al.*⁴⁵ as interações ocorridas no sistema solo-planta são de natureza complexa e a disponibilidade de alguns poluentes para as plantas varia consideravelmente em razão das condições/característica do solo.

Os despejos industriais, minerários, domésticos e agrícolas são as grandes fontes em potencial de entrada de poluentes no solo como metais pesados, esgotos, pesticidas, dentre outros. Por esta razão, faz-se necessário um estudo mais detalhado da matéria orgânica do solo, pois esta fração, devido a sua superfície negativamente carregada, é a responsável pela retenção de poluentes, além de ajudar na germinação de sementes, aumentar retenção de calor, atuar no aumento da CTC (capacidade de troca catiônica), e por causa de sua alta capacidade de reter água, evita o escoamento, e a erosão⁴⁶.

Devido ao uso de técnicas primitivas de extração das diversas matérias primas fornecidas pelo solo, cerca de mil espécies de vegetais e animais são dizimadas cotidianamente no mundo. Particularmente, no caso dos vegetais, estes sofrem tanto na guerra quanto na paz. Na guerra como no Vietnan, foram gravemente atacados pelo agente laranja (2,4 D e 2,5T) que é um desfolhante, e mesmo na paz ainda são atacadas por este agente com o objetivo de desmatar para construir. Estas ações estão causando efeitos deletérios no meio ambiente. Os animais por sua vez sobrevivem graças a uma cadeia alimentar, numa sequência na qual alguns organismos consomem e outros são consumidos, e o equilíbrio da vida depende dessa harmonia.

A entropia, (avanço da desordem), é corroborada, infelizmente pela antropia, atividade humana que interfere no meio. Essa interferência gera esta quebra no equilíbrio, não somente diminuindo o número de espécies em uma determinada área, como também dificultando a reprodução de outras.

3.5 Química do ar

Os gases, no passado, eram de caráter redutor, ausência de O_2 e presença de CO_2 ; hoje são oxidantes com 21% de O_2 e 0,03% de CO_2 , ver item 1.3. O gás N_2 se manteve mais próximo à antiga composição (70%). No que diz respeito a poluição, o deslocamento de agentes é consequência dos processos da difusão aérea.

Os processos fotoquímicos, de modo geral, desempenham um importante papel nas reações químicas atmosféricas. O dióxido de nitrogênio (NO_2), por exemplo, é uma das espécies mais ativadas quando o ar está poluído, sendo ainda precursor do smog fotoquímico. Nesse caso, o NO_2 absorve energia do sol ($h\nu$), produzindo uma molécula eletronicamente excitada (negrito): $NO_2 + h\nu \rightarrow \mathbf{NO}_2$. As moléculas excitadas são uma das três formas mais reativas de espécies químicas e estão relacionadas com os processos químicos aéreos. As outras duas espécies são fragmentos de átomos/moléculas com elétrons desemparelhados (radicais livres e íons)¹⁸. Essas *moléculas excitadas* são produzidas quando moléculas estáveis absorvem radiação eletromagnética na região do visível ou ultravioleta.

A primeira etapa na fotoquímica seria ativação da molécula pela absorção de energia (quantum). A energia de um quantum é igual ao produto $h\nu$, onde h é a constante de Planck ($6,63 \cdot 10^{-27}$ erg.s) e ν a frequência da radiação absorvida (s^{-1}).

Essas reações que decorrem da absorção de um fóton de radiação, para produzir uma espécie excitada, são determinadas pelo modo que essas espécies químicas perdem seu excesso de energia. Isso pode ocorrer por uma das seguintes formas: a) perda de energia para outra molécula/átomo (M) seguida de dissipação dessa energia como calor: $O_2 + M \rightarrow O_2 + M$; b) dissociação da molécula excitada, processo responsável pela predominância do oxigênio molecular em atmosferas elevadas: $O_2 \rightarrow O + O$; c) reação direta com outras espécies: $O_2 + O_3 \rightarrow 2O_2 + O$; e d) luminescência, que consiste da perda de energia pela emissão de radiação eletromagnética: $\mathbf{NO}_2 \rightarrow NO_2 + h\nu$. Caso a re-emissão de luz seja instantânea, temos fluorescência; caso não, fosforescência.

Como sabemos, os radicais livres estão envolvidos com os mais importantes processos da química do ar. Por seus elétrons

desemparelhados e forte tendência à formação de pares, são altamente reativos. Na troposfera, boa parte dos gases são gradualmente oxidados em reações envolvendo radicais livres²¹. E a maioria dos radicais livres na troposfera acaba reagindo com o oxigênio molecular (O_2). Sendo Ozônio (O_3) e Peroxiacetilnitrato (PAN), os principais produtos das reações fotoquímicas e que compõem o smog urbano.

Outro fator nesse balanço radioativo é o “albedo” porque determina a fração de radiação solar que é absorvida. Mesmo uma pequena variação, pode afetar a temperatura global. Como essa radiação varia com o local, o efeito dependerá não só da sua reflectância, mas também de sua abrangência espacial; sendo os oceanos de menor albedos. Sendo afetado por nuvens e por atividades antrópicas, como desmatamento e desertificação. Embora esteja associado com variação de temperatura, o albedo não tem relação com o efeito estufa. Esse efeito depende da absorção de raios infravermelhos e de vibrações moleculares principalmente em gases di-triatômicos e heteronucleares, como HCFs (outrora CFC), N_2O , CH_4 e CO_2 .

Gases como o N_2O é um subproduto da *desnitrificação*, em que o nitrato (NO_3^-) é convertido em nitrogênio (N_2) e da *nitrificação*, em que amônia (NH_3) é convertida em nitrato. A contribuição antropogênica advém da indústria e do uso indiscriminado de fertilizantes pela agricultura. O metano (CH_4) proveniente dos pântanos, queima de biomassa e flatulência animal, é o segundo em fator do efeito estufa; seguido pelo gás carbônico (CO_2).

Por fim, vale ressaltar que: da quantidade de carbono emitido por combustíveis fósseis na forma (acídica) de CO_2 , cerca de metade permanece no ar; o restante vai para os oceanos por causa de sua alcalinidade. Um efeito depurador benéfico da natureza; mesmo que ainda frágil, comparado a demanda de poluentes antrópicos.

3.6 Química do solo

O solo é uma estrutura complexa formada por elementos sólidos como fração argila, silte e areia, material orgânico; líquidos, no caso da água e da solução do solo (mistura de líquidos) e gasosos, como no caso de gases: nitrogênio, oxigênio, carbônico etc. A velocidade de

decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) depende da origem, presença de agentes responsáveis, umidade, arejamento, temperatura, acidez e nutrientes⁴⁷. No manejo de solos tropicais a decomposição e recuperação da MOS deve ser estudada. Para conservar o solo é imprescindível manter o solo biologicamente ativo e, para isto, deve-se manter um conteúdo mínimo de MOS.

Um solo agrícola, próximo à superfície, com condições ótimas para o crescimento vegetal, apresenta a seguinte composição 2 a 5% de Carbono Orgânico, 25% de Água, 25% de Ar e 45 a 48% de Minerais. Dentre as frações granulométricas do solo, a argila é a mais importante por ser a fração coloidal do solo com alta superfície específica, alta carga, presença de MO e de óxi-hidróxidos, responsáveis pela adsorção e troca iônica (CTC). Por esta razão, a fração argila, de origem orgânica e mineral, é fundamental na retenção de poluentes e consequentemente no controle da poluição ambiental⁴⁶.

A química do solo está, também, diretamente associada ao transporte e absorção de nutrientes: macro (N, P, Na, K, Ca, Mg, S) e micro (Fe, Zn Cu, Mo, Cl, B). Alguns destes nutrientes, quando em excesso, são considerados nocivos para as plantas, principalmente em condições de acidez, pois a maioria dos metais são solúveis e, portanto móveis em meios, cujos valores de pH são baixos. Para que as plantas sejam satisfeitas nutricionalmente não é suficiente considerar somente as quantidades absolutas de cada nutriente no solo. O entendimento das inter-relações entre estes nutrientes também é essencial para o bom metabolismo e desenvolvimento das plantas: como os antagonismos, isto é, quando um elemento diminui a absorção de outro, por exemplo 'Cu' e 'Zn'; e sinergismos, quando um determinado elemento facilita a absorção de outro, por exemplo 'Mg' e 'P'.

Não se pode comentar sobre a química dos solos, sem esquecer os solos da Amazônia que, embora pobres, conseguem sustentar a maior floresta tropical do planeta (para alguns, é mundial e não brasileira). As análises químicas realizadas por vários laboratórios revelam que esses

solos, em geral, apresentam uma baixa fertilidade natural, tornando-o improdutivo e insustentável para fins minerários, agrícolas e pecuários (de grande porte). Mesmo que se queira utilizar técnicas eficientes de manejo e conservação, ainda assim é temerário, pode-se dizer que essa floresta foi criada para ficar de pé, e não para ser desmatada.

A agricultura seja intensiva, que exige a adição de adubos e pelos pesticidas; seja extensiva, que exige e necessita de grandes áreas; mesmo consorciada com a pecuária, não é a melhor forma de uso sustentado na Amazônia. Do ponto de vista ambiental, seria mais conveniente se boa parte da região amazônica ficasse restringida ao uso ecológico/sustentável, como áreas para preservação e áreas de reflorestamento (conservação), visando a extração de produtos florestais. Isto evitaria a perda dos estoques de nutrientes que ocorre quando os mecanismos de ciclagem da floresta são quebrados pelo desmatamento que, de forma imprudente, causam inúmeros impactos ambientais, além de modificar radicalmente o ciclo do carbono, dentre outros elementos.

De acordo com Schaffer *et al*³⁶, se toda a Amazônia legal brasileira fosse convertida em pastagens, 50 bilhões de toneladas de carbono seriam liberados para a atmosfera. Se esta transformação fosse ocorrer ao longo de um período de 50 anos, a liberação média anual seria de 1 gigatonelada (GT), ou 20% do total global proveniente da queima de combustíveis fósseis. A taxa anual de desmatamento da Amazônia, naquela época (década de 80), era de 43000 km²/ano e liberava cerca de 0,47 GT/ano de carbono, ou 9% do total liberado na queima de combustíveis fósseis no mundo.

3.6.1 Interações

Em geral, a interação de contaminantes com o solo ocorre por meio de sua fração orgânica e inorgânica. Quase sempre, essa interação é mais favorecida pela fração orgânica (matéria orgânica, MO) por causa de seus vários sítios ativos, carregados negativamente.

O termo matéria orgânica é muito abrangente, podendo incluir MO de diferentes qualidades: com número elevado de sítios ativos (grupos funcionais) ou com média e até baixa quantidade de sítios, nesse caso apresentando fraca interação com os metais. E diferentes tipos como: MO viva, no caso de microorganismos; MO morta, no caso de lodo de esgoto ou turfa; e MO humificada, no caso de AH, ácidos húmicos; AF, ácidos fúlvicos e H, humina⁴⁷. Pesquisadores como Stevenson⁴⁸ salientam que os agentes quelantes orgânicos do solo e que irão influir mais significativamente na dinâmica são os ácidos orgânicos, e as substâncias húmicas representadas por AH e AF.

Os contaminantes metálicos, por serem metais de transição, apresentam orbitais *d* incompletos, por isso frequentemente quelatam ou complexam com compostos orgânicos do solo. A população de elétrons *d* exerce um papel importante na interação dos íons com a MO. É conhecida a propriedade da MO em imobilizar, por meio de quelação, vários metais na solução do solo, reduzindo a atividade química de seus íons⁴⁶. É, também, usada, no estudo da mobilidade e conseqüentemente na descontaminação de metais como Zn, Cd, Cu, dentre outros. Para entender como a adição de MO interfere na dinâmica de metais no solo, é necessário conhecer o tipo e qualidade da MO a ser incorporada, bem como a concentração de metais nesta MO. A condição ideal para um bom entendimento da interferência dessa fração orgânica na dinâmica de metais é que a MO a ser incorporada não apresente metais na sua constituição. E que esses estejam em concentrações tão baixas que não irão influir na biodisponibilidade (fácil absorção) de alguns metais^{49,50}.

É sabido, pela literatura, que entre os próprios metais podem existir interações que irão influir na sua dinâmica, como os já comprovados casos de sinergismos e antagonismos. Em geral, a biodisponibilidade desses elementos diminui com o aumento do pH, da CTC e do teor de carbono orgânico do solo, com exceção do Zn, pois em alguns casos o efeito, neste metal, pode ser oposto⁴⁶.

O solo, como um sistema dinâmico, está sujeito a mudanças em curto espaço de tempo (teor de umidade, pH, condições redox) principalmente como resposta à adição de MO. De acordo com Stevenson⁴⁸, parâmetros como MO, bem como o pH, CTC, teor de argila, dentre outros, afetam a disponibilidade dos metais. A incorporação de MO no meio tem influência direta no estudo da mobilidade de metais, podendo ter um impacto mais significativo na disponibilidade do metal. O pesquisador relata que a fração orgânica solúvel pode se tornar insolúvel quando complexa íons metálicos ou quando forma complexos organo-minerais com a argila. Nesse caso, os cátions polivalentes funcionam como ponte entre a MO e a parte mineral. A formação desses quelatos apresentam os seguintes efeitos no solo: *i*) transporte de metais nos processos de pedogênese e lixiviação, *ii*) disponibilidade de micronutrientes para plantas e microorganismos, *iii*) diminuição da toxicidade de MP e *iv*) aumento da resistência da MO à decomposição.

O valor de pH do solo é, sem sombra de dúvidas, um dos principais fatores que afetam a dinâmica de metais, já que interfere diretamente na reatividade e nas reações de solubilização. É considerada como uma combinação de transformação (física, química e biológica) podendo ocorrer em lugares bem drenados, moderadamente a pobremente drenado e sistemas alagados, que converte espécies não móveis em móveis e vice-versa⁴⁶. Por isso acredita-se que a aplicação de MO acarreta diminuição da absorção destes poluentes pelas plantas. Pesquisadores⁵¹ estudaram a importância da fração orgânica do solo na interação-retenção de compostos orgânicos nocivos.

Como visto, devido a complexidade entre as interações MO e metais, a sua incorporação pode aumentar ou diminuir a disponibilidade ou lixiviação de metais, vai depender, dentre outras coisas, do tipo de solo (se é agrícola ou não), da MO, e das espécies de metais presentes. Ressalta-se que a taxa de decomposição da MO no solo é dependente da quantidade e qualidade do conteúdo orgânico presente,

do teor de argila, pH, temperatura e umidade. Acredita-se que, se grandes quantidades de MO for aplicada em solos agrícolas, metade da MO pode ser decomposta em menos de uma década. Durante a decomposição da MO, os microorganismos que decompõem a maioria dos compostos orgânicos facilmente decomponíveis favorecem a elevação do pH inibindo a mobilidade dos metais.

3.7 Química da água

Quimicamente, a água é um dos reagentes mais importantes. Aquilo que o consumidor vê nos rios e mares, na água da torneira ou nos filtros, e considera como pura, para os pesquisadores (médico, biólogo, químico, dentre outros) esta água apresenta, ainda, inúmeras impurezas. Os instrumentos de medida laboratoriais e as necessidades industriais e de pesquisa estão criando uma demanda por uma água com grau de pureza cada vez maior, no caso as chamadas ultra-puras. Embora se saiba que mesmo a água ultra-pura registrará pequenas leituras de condutividade devido o seu processo natural de dissociação:

$$2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{OH}^-] \quad \text{Keq} = K.[\text{H}_2\text{O}] \quad (K_w = 10^{-14}).$$

Experimentos de laboratório são muito sensíveis e trabalham com elementos e compostos em concentrações na faixa de ppm (mg L^{-1}) e ppb (mg L^{-1}). Por isto, a necessidade da utilização de água com baixas concentrações de contaminantes. Os métodos de purificação comumente usados em laboratórios, consistem na utilização sequenciada ou em separado da destilação, deionização, osmose reversa, adsorção em carvão ativado, filtração em microporo, ultra-filtração e foto-oxidação. Em temperaturas ambientes ($25 \text{ }^\circ\text{C}$) a água, totalmente pura, tem condutividade de $0,055 \text{ mS cm}^{-1}$, devido, como vimos, aos próprios íons H^+ e OH^- advindos da dissociação da água. Em geral, um aumento na temperatura da água resultará em aumento na sua condutividade.

No que tange ao pH da água pura, este deve ser levemente ácido, pois a água (caso não seja utilizada imediatamente) absorverá CO_2 do ar atmosférico, formando um ácido fraco (H_2CO_3). As águas naturais (rios, mares, açudes e lagos) sofrem muitas reações que ocorrem frequentemente, como a entrada de impurezas orgânicas (material vegetal, esgoto doméstico) e inorgânicas (cinzas, poeiras, dentre outras), além da entrada de poluentes orgânicos como pesticidas e inorgânicos, como metais pesados advindos das pilhas e baterias. Os impactos visuais negativos nestas águas, bem como as variações sazonais, são mais visíveis nas águas superficiais e que são usadas pela população como no caso de recreação.

A água tem um alto calor específico, e um elevado poder tamponante, impedindo grandes variações de temperatura e de pH; com isto preserva as espécies contidas neste ambiente. Cabe ressaltar que algumas espécies aquáticas sofrem com mudanças bruscas de temperaturas, como a tilápia e camarões, que não resistem a pequenas variações no pH do meio⁴⁹. A água é universal, pois é o único líquido que está presente na superfície terrestre e é encontrado em toda a biosfera; é também anômala, pois diferente de todas as outras substâncias, ela aumenta de volume ao se solidificar; além de ser um excelente solvente, explicado, possivelmente, por sua alta polaridade.

As propriedades físicas mais importantes da água são sem sombra de dúvidas, a sua coesão, que são forças de atração que ocorrem entre moléculas iguais, cuja atração diminui rapidamente com a distância; a sua tensão superficial que é a medida da resistência à deformação da membrana elástica que se forma em uma interface líquido-gás.

Estima-se que $\frac{3}{4}$ da matéria na superfície terrestre seja constituída de água, isto é, aproximadamente 1,5 bilhão de km^3 . Entretanto, 97% de toda esta água está nos mares e oceanos, isto quer dizer que são impróprias para o consumo, exceto se forem utilizados processos complexos de dessalinização. Destes 3% restantes de água

(doce) 2,5% estão presas nas geleiras, portanto difíceis de serem aproveitadas para consumo³⁰. Dos 0,5% de água doce líquida: 0,48 estão na subsuperfície (aquíferos) e 0,02 na superfície, sendo 0,012% em áreas de baixada e apenas 0,008% estão disponíveis nos lagos e rios. Esse percentual (0,008) parece um erro de Deus, mas não é. Essa quantidade pequeníssima de água, é suficiente. Se nosso planeta tivesse apenas 1% de água doce líquida, seria difícil vivermos aqui; por causa da Tonoscopia, propriedade coligativa das soluções. O sal presente no mar evita sua rápida evaporação e, por conseguinte, condensação, se o tirarmos do sistema, haverá chuvas intermitentes.

Mas nosso maior gargalo ambiental reside no fato de que, dos 0,5% de água doce restante (água líquida), cerca de 30% já estão comprometidos por causa da poluição e por isto impróprias para o consumo. A água é uma substância tão comum usada indispensavelmente como bebida, que a humanidade raramente se dá conta de sua imensa importância, embora a utilize constantemente para fins domésticos, agropastoris e industriais, servindo ainda como habitat para vários tipos de espécies de seres vivos e como meio de transporte, além de produzir energia.

Lembrando que, mesmo quando poluídas, por compostos orgânicos (moléculas de grande estrutura e elevado potencial energético) as águas ainda apresentam a propriedade de autodepuração, fazendo um processo natural de purificação e filtração. Esta, por sua vez, se realiza através de processos físicos, como diluição e sedimentação; químicos, como a oxidação de redutores; e principalmente biológicos, através da ação de plancton. Entretanto, essas “proezas da água” são ineficazes quando o volume de contaminantes é elevado. Um problema que os pesquisadores não tinham percebido, muito embora já estivesse ocorrendo nas águas, é a Eutrofização, excesso de nutrientes provocando a proliferação das algas e com isso aumentando a DBO; e a formação de Trialometanos, quando o excesso de Cloro, advindo do processo de tratamento, forma compostos nocivos provenientes da reação da MO com o cloro.

É muito difícil prever hoje a carga de poluição que esses ambientes receberão no futuro; mas é certo que os “micro plásticos” farão parte dela. Diante disso, é de suma importância que se faça um monitoramento de “todos” os poluentes presentes nestes ambientes, visando a manutenção do equilíbrio ambiental.

3.7.1 Interações

Os contaminantes orgânicos e inorgânicos em águas naturais podem estar em suspensão, solúveis ou na forma coloidal; onde as partículas em suspensão e as coloidais podem ser constituídas de metais individuais, o que é raro, ou de misturas nas formas de hidróxidos, óxidos, silicatos, sulfetos ou outros compostos. Em particular, os metais solúveis podem interagir como íons simples ou complexos, quelatos organometálicos não-ionizados ou complexados⁵⁰.

Os fatores que influenciam sobre a toxicidade desses contaminantes em ecossistemas aquáticos são: a forma sob a qual o metal é descartado para o corpo receptor; a presença de outros metais que podem aumentar ou diminuir a toxicidade do metal durante o metabolismo; a variação dos fatores ambientais, as condições físicas ou fisiológicas dos organismos afetados, e a reação do organismo à presença do poluente.

A distribuição desses metais nesses ecossistemas relaciona-se com o estado dissolvido (íons livres), que compreendem os metais livres, matéria orgânica dissolvida, matéria húmica e complexos metálicos; e com a matéria suspensa (particulados), que compreendem os fitoplancton, bactérias, produtos de degradação (fezes e substâncias húmicas) e partículas inorgânicas (sílica e argila). Na água, a mobilidade dos metais é influenciada por fatores como temperatura, teor de oxigênio, dureza, matéria orgânica, pH e salinidade⁵⁰.

A ocorrência de metais pesados em ambientes aquáticos tem como causa principal as atividades industriais. O que devido a

toxicidade, representa risco, não apenas para a população humana, mas também para animais e plantas. Cabendo aqui ressaltar que a ocorrência desses metais exige um entendimento de suas interações. Devido às peculiaridades e complexidade de cada corpo aquático, ainda não foi possível a elucidação completa da influência reativa desses contaminantes inorgânicos no meio.

Deste modo, estudos individuais são necessários para a elucidação, tendo a interação com a matéria orgânica aquática, via substâncias húmicas, um dos estudos mais relevantes. Essa interação pode ocorrer via adsorção, reações de troca catiônica e por complexação. Sendo a última, aquela que afeta a geoquímica dos metais, modificando sua solubilidade, carga elétrica e potencial redox. Essas mudanças geoquímicas influenciam a biodisponibilidade, transporte e migração dos metais no ecossistema. Mais detalhes sobre a interação metal-substâncias húmicas, ver Silva⁵².

No que diz respeito a interação de contaminantes orgânicos em ambientes aquáticos, tenho que relembrar o derramamento de óleo.

A maior parte da superfície terrestre é coberta por água, sendo considerada por muito tempo como um ambiente imune à influência antrópica. Hoje, as águas dos rios, estuários, mares e oceanos têm recebido um aporte agressivo e quase cotidiano desses contaminantes, principalmente óleos proveniente de derramamentos; seja por acidente, em navios petroleiros, seja por incidentes, em atividades portuárias. Embora os óleos sejam apolares e as águas polares, essa mistura pode ocorrer. Em regiões equatoriais, por causa das altas temperaturas das águas, a miscibilidade (solubilidade) dos óleos é favorecida.

No Brasil esse comportamento é mais frequente em ambientes costeiros equatoriais, como no Maranhão, Pará e Amapá. Essa situação corrobora para o agravamento da contaminação, visto que compostos químicos presentes no óleo tendem a solubilizar e se disseminar nos compartimentos (bióticos e abióticos). Diante disso, surgiram diversas ferramentas para mitigar essa situação, como o Piatam, patrocinado por uma empresa que (também) causa grandes danos a Petrobrás.

O Piatam, *Potenciais Impactos Ambientais da Exploração, Produção e Transporte de Petróleo e Derivados*, é um projeto de pesquisa em ambientes marinhos (Piatam-Mar) e oceânicos (Piatam-Oceano) que visa quantificar compostos químicos presentes na água, e definir seus níveis de sensibilidade ambiental. Tanto para auxílio para ações de exploração, produção e escoamento de petróleo e derivados na costa Norte-Nordeste, quanto para apoio, em tempo real, para procedimentos de emergência em eventuais acidentes com derramamentos. Para aqueles que desejarem mais informações sobre o Piatam, sugiro acessar o site da Agência Nacional de Transporte Aquaviário: www.antaq.gov.br.

Antes de finalizar este capítulo explico o motivo de não incluir o item “interações na química do ar”, como alguns poderiam esperar. A explicação foi devido ao fato desse ambiente (diferente do solo e da água) ser quimicamente complexo, necessitando de uma base em físico-química, para ser entendido; o que não era nossa pretensão.

Capítulo 4. Riscos ambientais

Neste capítulo, vamos entender que o termo risco ambiental é utilizado cotidianamente por diversos profissionais, embora a prerrogativa de realizar planos e programas de risco seja daqueles da área de segurança. Vamos, também, conhecer a importância da segurança do trabalho, por meio das normas regulamentadoras, para definir e classificar os riscos ambientais, bem como alguns conceitos sobre dano e perigo, enfatizando sempre aqueles de natureza química.

4.1 Requisitos

Em sala de aula, toda vez que vou ministrar o conteúdo “risco ambiental” é muito comum os estudantes ficarem bastante arredios. E eu até os compreendo: estudar a possibilidade de uma situação e/ou condição de incolumidade e ainda poder criar um gradiente (dizendo se ele é de alto, médio ou de baixo risco); sei que parece difícil de aceitar. Como veremos a seguir, uma das principais ferramentas para a caracterização, análise e avaliação de um risco será a estatística, por meio do entendimento da frequência e probabilidade.

De uma forma imediatista, podemos dizer que risco ambiental é o processo que avalia a probabilidade de ocorrência de efeitos adversos ao sistema ambiental e/ou à saúde humana como resultado da exposição à um ou mais agentes estressores. De acordo com a definição da IUPAC, International Union of Pure and Applied Chemistry, risco ambiental é a identificação e a quantificação dos possíveis efeitos adversos resultantes do uso ou contato com o agente químico ou físico, considerando os indivíduos que utilizam este agente nas quantidades em todas as possíveis vias de exposição.

Aproveito a oportunidade para responder uma inquietude dos estudantes, que comumente me perguntam: algumas pessoas estão preocupadas com o risco de esgotarmos nosso suprimento de O_2 ; porque se queirmos todo o combustível fóssil vamos acabar com o gás e, morreremos. *Esse risco*, embora tenha um fundamento químico: toda reação de combustão consome O_2 ; *tem possibilidade de ocorrer?*

Para resolver essa preocupação vamos iniciar comentando que na fotossíntese se consome o gás carbônico produzido na queima de combustíveis, na respiração, dentre outros. Somente cerca de 0,3% da luz solar que atinge a superfície da terra é convertida pela fotossíntese, que produz energia química sob a forma de carboidratos $(\text{CH}_2\text{O})_n$. Lembrando que a equação da fotossíntese é: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$.

Os produtos dessa reação são menos estáveis do que os reagentes, por uma quantidade de energia correspondente a aproximadamente 450 kJ por *mol* de carbono. Essa é a energia extraída da luz, que pode ser liberada pela reação inversa. Seja por combustão ou, em sistemas biológicos, pela respiração.

A fotossíntese fornece aos organismos aeróbios a energia necessária para todas as funções vitais. As plantas consomem cerca da metade de seus carboidratos para suas necessidades energéticas. O restante é convertido em outras moléculas ou acumulado no tecido da planta em crescimento; produtividade primária.

O aumento da produtividade primária líquida tem sido apontado como uma das principais maneiras de se mitigar a intensificação do efeito estufa. Esse processo conhecido como sequestro (*sink*, em inglês) de carbono, isto é: retirada de CO_2 atmosférico.

Os processos fotossintéticos e respiratórios ocorrem em íntimo equilíbrio, e o ciclo do carbono entre CO_2 da atmosfera e os compostos orgânicos dos organismos biológicos é praticamente “fechado”. Entretanto, uma fração muito pequena de matéria vegetal e animal é enterrado no solo e removida do contato com o O_2 atmosférico (figura 1).

Por milênios, essa pequena fração se transformou em um grande acúmulo de compostos reduzidos de carbono. Parte dos componentes enterrados se acumulou em depósitos e foi submetida a altas temperaturas e pressões na crosta, transformando-se em carvão, petróleo e gás, que hoje usamos vorazmente.

Vivemos, portanto, do armazenamento de energia solar de eras geológicas remotas. Estima-se que o total de energia disponível em combustível fóssil facilmente recuperável seja de $5,3 \cdot 10^{19}$ kJ.

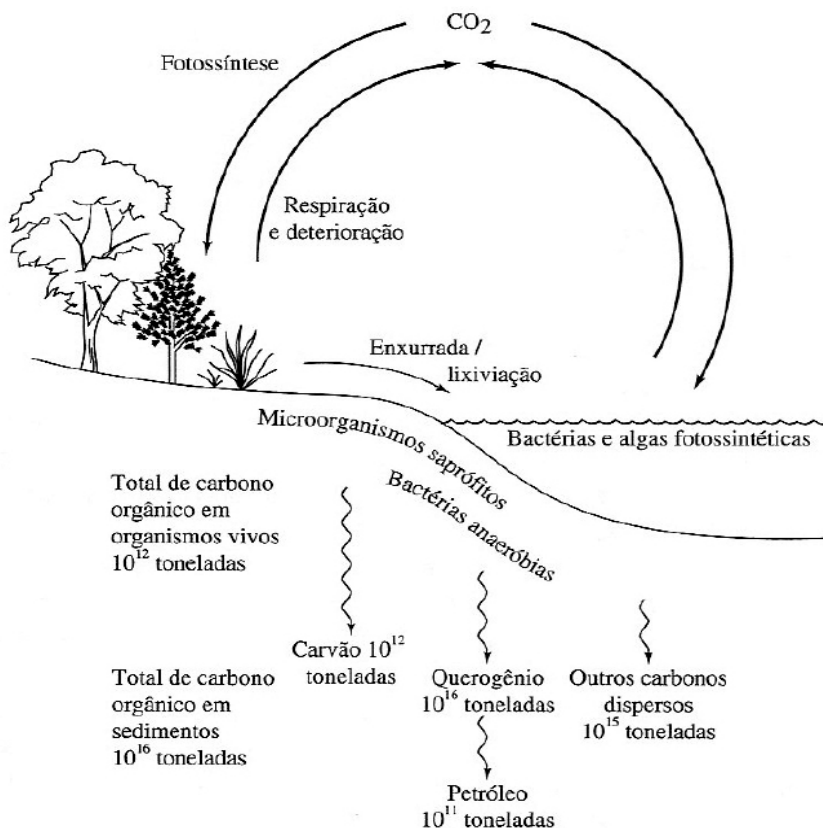


Figura 1. Origem via soterramento de C orgânico na formação de combustíveis fósseis²⁰.

Para continuar com a resposta vamos requerer o auxílio dos professores americanos Thomas Spiro e William Stigliani da universidade de Princeton e Iowa, respectivamente²⁰. Eles responderam sobre a preocupação da humanidade em relação ao nosso consumo desenfreado por O_2 através de um simples cálculo estequiométrico.

Primeiro, eles calcularam quantos *mols* de O_2 seriam consumidos, considerando-se que a energia disponível em combustíveis fósseis recuperáveis seja estimada em $5,3 \cdot 10^{19}$ kJ, e que em média, cerca de 407 kJ são liberados por *mol* de O_2 quando se queima um

combustível fóssil. Esse valor difere dos 450 kJ absorvidos na reação da fotossíntese, porque a composição dos combustíveis fósseis difere da dos carboidratos. Dividindo $5,3 \cdot 10^{19}$ kJ por 407 kJ por *mol* de O_2 , eles obtiveram o valor de $1,3 \cdot 10^{17}$ *mols* de O_2 .

Depois eles calcularam qual a fração de O_2 atmosférico, levando em consideração os seguintes fatos: a atmosfera pesa 1.000 g para cada centímetro quadrado (cm^2) da superfície terrestre, e 22% de seu peso corresponde ao gás O_2 ; o raio da terra (r) é igual a $6,4 \cdot 10^6$ metros. Como cada cm^2 da superfície terrestre responde por 1.000 g de ar, ou 220g de O_2 , necessitamos conhecer a área da superfície. Isso pode ser obtido por meio do raio, usando a fórmula da área da esfera ($r^2 \cdot 4\pi$). O raio da terra em metros foi convertido em centímetros, multiplicando por 100 ($640 \cdot 10^6$ cm). A seguir eles multiplicaram a área pelo peso do O_2 por cm^2 ; finalmente dividiram o resultado pela massa molar do O_2 (32), para encontrar o número de *mols* de O_2 que foi igual a $118 \cdot 10^{17}$. Esse resultado é cerca de 90 vezes maior do que $1,3 \cdot 10^{17}$ *mols* encontrado para a quantidade de O_2 que seria consumido.

O total de carbono soterrado na terra é da ordem de $8 \cdot 10^{20}$ *mols*; que excede em muito o O_2 atmosférico. Se 10^{16} ton, for multiplicado por $10^6 g \cdot ton^{-1}$ e $1/12 mol \cdot g^{-1}$ teremos um valor de $0,8 \cdot 10^{21}$ *mol*. Mas a maior parte desse carbono está amplamente disperso na crosta; somente uma pequena fração está em depósitos recuperáveis. Portanto, concluímos que: mesmo que todo o combustível fóssil fosse consumido, a perda de O_2 quase não seria notada por nós. Por outro lado, a situação é muito diferente para a quantidade de CO_2 produzida pela queima de combustíveis fósseis, porque o CO_2 constitui somente 0,037% da atmosfera²⁰. Embora os *mols* de CO_2 resultantes da queima de combustíveis sejam menos que os de O_2 consumidos, o impacto sobre o CO_2 atmosférico é muito maior.

Já que foi iniciada uma discussão sobre queima de combustível fóssil, e o petróleo é sempre ponto focal, queria comentar sobre as situações de riscos dessa atividade. Não se pode negar, que a indústria do Petróleo e Gás é fonte de poluição prejudicial a toda biosfera. Isso

porque atua em escala planetária, inclusive no Ártico; sempre com risco potencial. Seja essa atividade (operação e processo) de caráter Upstream, na exploração e/ou Downstream, no refino.

As plataformas são as atividades laborais de maior probabilidade de risco e de maior magnitude²⁷, por causa das explosões, muito embora os riscos potenciais estejam relacionados a vazamentos, que prejudicam de forma intensa e duradoura a vida marinha. Desde o fitoplâncton, base da cadeia alimentar oceânica, até as aves, que segundo ambientalistas são as que mais sofrem porque o óleo impregna nas suas penas, matando-as. As manchas impedem a entrada de luz na água do mar, prejudicando a fotossíntese e modificando a zona afótica. Lembrando que o Decreto nº 8.127/2013 estabelece as instruções sobre o que fazer e como proceder em caso de vazamento por óleo em águas brasileiras.

Mas são as refinarias que necessitam de maior preocupação, pois são responsáveis pela emissão de muitos poluentes, principalmente atmosféricos. Embora a maior possibilidade de risco seja na usina. E os registros indicam que o maior índice de acidentes é no setor de transporte. De forma que esse segmento é merecedor de atenção redobrada no cumprimento das normas de segurança estabelecidas. O derramamento de óleo em terra, também é grave. O óleo por ser apolar não se mistura com a água. Mas em solos porosos ocorre a percolação: e devido a presença de ácidos de baixo peso molecular na solução do solo possibilita a miscibilização. Isso inviabiliza a retirada do óleo dificultando a recuperação de áreas, principalmente quando encontra-se na forma de “condensado de petróleo”.

4.2 Conceitos e definições

Conforme já comentado, não poderia iniciar um conceito ou uma definição para risco ambiental, sem antes levar em consideração as premissas sobre segurança impostas pelas NRs, Normas Regulamentadoras, em particular a NR9. Caso queria se aprofundar

na área de segurança ambiental, você pode encontrar informações, por exemplo, na revista “Proteção”. É um periódico muito conhecido e recomendado pelos profissionais da área de segurança; principalmente pelo fato de seus textos-artigos estarem disponíveis para download no sítio www.protecao.com.br.

Essa norma NR9, preconiza que o estudo do risco ambiental nas empresas é responsabilidade dos técnicos de segurança, e é nela que estão inseridos os primeiros conceitos de risco e introdução de temas como Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e as Comissões Internas de Prevenção de Acidentes (CIPA).

Caro leitor, não se assuste: conhecer e entender de forma detalhada todas as normas (NR's) é realmente uma tarefa árdua, trabalhosa e requer muito tempo. Exemplifico aqui algumas, de forma rápida: NR5 define a CIPA e dá outros providências; NR6 define os Equipamentos de Proteção individual e coletivo, EPI e EPC; NR9 define PPRA e outros; NR15, define atividades e operações insalubres; NR16 define atividades e operações perigosas; NR22 define atividades de mineração e outros; NR25 define resíduos industriais e outros; NRR5 define produtos químicos na agricultura; NRR4 define EPI no ambiente rural.

Atualmente existem mais de 40 NRs, quase todas relacionadas direta ou indiretamente aos riscos ambientais; mas neste tópico será dada atenção apenas para a NR9 e NR 25. De acordo com essa norma NR 25, todos os resíduos sejam esses sólidos, líquidos e/ou gasosos produzidos por uma empresa, deverão ser convenientemente retirados dos limites da empresa, de forma a evitar riscos à saúde e à segurança dos trabalhadores.

Os chamados PPRA's, ou os Planos de Prevenção de Riscos Ambientais, são prerrogativas de profissionais da área de segurança e fundamentados pela NR9. De acordo com essa norma, consideram-se riscos ambientais todos os agentes físicos, químicos e biológicos existentes em um ambiente de trabalho, ou em sua circunvizinhança que em função de sua natureza, concentração, intensidade e tempo de exposição são capazes de causar danos à saúde do trabalhador⁵³.

Caso tenha interesse sobre esse assunto, visite a Vigilância em Saúde do Trabalhador (Visat), órgão vinculado à Secretaria de Saúde de sua cidade ou região.

No contexto jurídico, o termo “dano” deve ser entendido como a lesão a um determinado direito em razão da ação ou mesmo omissão. No contexto ambiental, o termo é usado para caracterizar qualquer alteração do meio ambiente, da integridade física ou da saúde das pessoas, resultante da manifestação dos eventos ou exposição perigosa.

Embora a NR9 já defina de forma prévia o que é risco ambiental, se você fizer uma pesquisa, vai encontrar outras definições. Aproveite a oportunidade para trazer uma outra definição que é comumente usada pelos técnicos de segurança: risco ambiental é a medida da perda econômica e/ou de dano a vida humana; e é função da combinação entre a frequência de ocorrência e a magnitude de um evento indesejado.

$$R = f(M, P) \rightarrow \textit{perigo}$$

Na equação: R é o risco, M é a magnitude do evento, e P é a probabilidade de ocorrência. Essa definição, embora seja muito vinculada aos técnicos de segurança (seja nível médio ou superior) pode ser estendida, incluindo a temática ambiental: basta permutar, no seu conceito o termo “vida humana” por termos como “fauna e flora”.

Cabe aqui lembrar que evitar os riscos ambientais, aqueles que causam danos ao homem e a natureza, é um pré-requisito de todos nós: estudantes, profissionais e comunidade em geral. Mas não se pode esquecer que cabe ao Estado essa responsabilidade; definida na Constituição, conforme o Artigo 225: todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

É função do Estado preservar a Saúde e bem-estar da população; bem como, a Fauna e Flora; a Qualidade do solo, das águas e do ar; a Geomorfologia/paisagem; a Ordenação territorial/planejamento regional e urbano. Mais informações podem ser obtidas nos diversos

capítulos do livro “Segurança e Saúde do Trabalhador” de Chagas *et al.*⁵³, disponível para download no sítio do Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas (www.ipea.gov.br).

4.3 Precaução

Indubitavelmente, conhecer e gerenciar os riscos seja em casa ou na empresa, nos ajuda a ter precaução e evitar transtornos. Prevenir um acidente será sempre mais barato e seguro do que remediar seus efeitos. Essa mudança de postura observada ao longo das duas últimas décadas já permite constatar uma sensível mudança de postura no que tange ao gerenciamento de risco, que tem a função de eliminar ou reduzir as possibilidades de perigo.

No contexto da segurança industrial e do meio ambiente, essa gerência é entendida como sendo o processo de decisão que utiliza os resultados da avaliação ou análise de risco para produzir uma decisão acerca da ação ambiental. Leva em consideração informações técnicas, científicas, sociais e econômicas. De forma mais ampla pode-se dizer que o gerenciamento de risco visa a proteção dos recursos humanos, materiais e financeiros de uma empresa, através da eliminação ou redução de eventos indesejáveis.

O risco é inerente às atividades industriais, podendo ser mais ou menos perigoso. Por isso o gerenciamento é importante, quando não puder evitá-lo, pelo menos devemos reduzir os riscos a níveis toleráveis. Contornando todos os obstáculos que possam surgir e oferecer perigo à realização dos objetivos da empresa. Portanto, deve ser uma conduta sistemática a fim de superar os perigos e reduzir as perdas.

Uma condição fundamental na segurança é a precaução, isso nos ajuda a evitar de forma direta ou indireta situações indesejadas como, por exemplo, as possibilidades de risco ambiental. Nesse sentido, recentemente foi identificada uma nova ameaça para a saúde da população mundial, um grupo de produtos orgânicos químicos

sintéticos que está sendo chamado, inicialmente, de Estrogênios ambientais. Esse grupo de produtos estão sendo liberados no ambiente, preferencialmente aquático, afetando todo o compartimento biótico podendo causar câncer por meio da cadeia alimentar.

O complicador nessa situação de risco deve-se ao fato de serem imperceptíveis, pois não apresentam impacto visual negativo no ambiente, além de incluir uma variedade de compostos orgânicos. Esses produtos, embora em quantidades muito pequenas, partes por trilhão (ng.L^{-1}) agem na transmissão de mensageiros químicos que percorrem a corrente sanguínea, desde o ponto de sua produção e armazenamento até seus órgãos-alvo.

A consequência mais devastadora desses compostos não ocorre somente no homem e no animal que os ingerem, mas em toda sua geração. Tais ações ocorrem em sua transferência desde a mãe para o feto ou para os ovos, o que resultará na ruptura do balanço hormonal no receptor, causando anormalidades reprodutivas, ou produz mudanças que resultarão em diversas doenças, inclusive câncer. Situação evidenciada a partir de experiências com mulheres que tomaram o estrogênio dietilestilbestrol (DES), para evitar abortos. Suas filhas se tornaram inférteis e algumas desenvolveram um tipo raro de câncer vaginal. Já seus filhos começaram a apresentar anormalidades em seus órgãos sexuais, diminuição do número de espermatozóides e desenvolvimento de câncer nos testículos.

Alguns pesquisadores como Baird¹² discutem certos efeitos adversos de alguns produtos enquadrados como grupo de estrogênios ambientais, argumentando que todos nós ingerimos quantidades muito maiores de miméticos de estrogênios naturais contidos nas plantas, os fitoestrogênios; e que alguns desses fitoestrogênios possuem um efeito protetor contra alguns tipos de câncer. Outro quebra-cabeças desse grupo refere-se a seu comportamento dose-resposta. Em contraste com as substâncias mais tóxicas, para as quais a resposta aumenta com a dose até tornar-se constante; as curvas correspondentes à ação de estrogênios e miméticos de estrogênios têm curvas diferenciadas porque os maiores

efeitos são produzidos em doses mais baixas. Além disso esse grupo aumenta a atividade dos estrogênios presentes em alguns tecidos e a bloqueiam em outros. Bem, nossa pretensão nessa discussão foi apresentar a você, leitor, que nem toda condição de risco é facilmente percebida.

4.4 Análise e avaliação

O reconhecimento de um risco é, sem sombras de dúvidas, a mais cotidiana das responsabilidades para o profissional que gerencia o risco. A identificação é o processo através do qual, contínua e sistematicamente, são reconhecidas as perdas potenciais, à população, à propriedade e por responsabilidade da empresa; ou seja, situações de risco de acidentes que podem afetar a organização como um todo. A análise e avaliação de risco é um exercício orientado para a quantificação da probabilidade de ocorrência desse risco e de suas consequências e/ou gravidades.

As análises de risco podem ser obtidas por uma ou mais das seguintes ferramentas:

i) Rating Análise preliminar de risco, - consiste no estudo durante a fase de concepção de um projeto, com o objetivo de se determinar os riscos que poderão estar presentes na sua fase de operação. Tem especial importância em projetos de instalação de novas plantas;

ii) Série de riscos - é um estudo em que se levantam todos os passos que desencadeiam um processo de falha. Daí surge o chamado risco inicial, que foi o primeiro de uma série culminando numa falha ou acidente. O conhecimento de todos os passos do processo permite atuar na causa fundamental, ou atuar em estágios posteriores;

iii) Árvore de causas - é uma importante ferramenta para análise dos acidentes, é baseada na pesquisa e questionamentos, envolve grupos de trabalho, levando a medidas preventivas contra a ocorrência de novos acidentes semelhantes, como por exemplo:

Lista de checagem, check list - é um procedimento de revisão de riscos, que produzirá relatórios cada vez mais completos em termos

de possibilidades de falhas e acidentes. Diferentes grupos de trabalho são formados para cada ocasião, que percorrem o processo do início ao fim, perguntando: “e se ...”, tentando fazer uma previsão. Ao final, um novo relatório (*check list*) é feito, adicionando as novas possibilidades levantadas como por exemplo:

Análise de modos e efeitos de falhas - esta técnica permite analisar como podem falhar os componentes de equipamentos e sistemas, avaliar as taxas de falha, determinar os efeitos que poderão advir, e, conseqüentemente, estabelecer as mudanças que deverão ser feitas para aumentar a probabilidade que o sistema opere satisfatoriamente. Pela análise dos efeitos, podem-se diminuir suas conseqüências;

Análise de árvore de falhas - é uma ferramenta que permite quantificar o risco, e a confiabilidade de sistemas e equipamentos, através de uma estrutura ramificada, em que são analisados todos os fatores possíveis de conduzir a uma falha. Usa princípios da álgebra booleana, e permite identificar qual a sequência de eventos que mais penaliza uma instalação com relação ao risco de uma falha e sua confiabilidade. É excelente para quantificar a análise de modos e efeitos de falha;

Estudo de perigos e operabilidade - envolve a investigação de como o sistema pode ser desviado dos objetivos do projeto. O principal objetivo é a investigação dos problemas operacionais, alguns dos quais mesmo não sendo perigosos, podem comprometer a capacidade do sistema em alcançar a produtividade projetada. Desta forma, o estudo ultrapassa a identificação de risco. Foi originalmente desenvolvido para antecipar riscos e operacionalidades para uma nova tecnologia. Nesse caso a experiência aos profissionais é limitada.

A avaliação de risco é a análise científica dos fatos ou o potencial dos efeitos adversos para a saúde, dependendo do grau de exposição de perigos. Inclui expressões quantitativas e qualitativas de riscos. As avaliações quantitativas usam parâmetros numéricos de medida e resultam em uma expressão numérica de riscos; enquanto as qualitativas usam categorias descritivas de probabilidades e riscos.

Em ambos os casos, a ênfase é colocada na descrição da incerteza e variabilidade na informação usada para derivar a estimativa de riscos. Já gerenciamento de riscos é uma análise complexa e julgamentos que auxiliam a reduzir a probabilidade de ocorrência de riscos inaceitáveis. É essencial para conhecer a criticidade das exposições a perda e estabelecer as prioridades para a ação, onde as duas variáveis utilizadas são a probabilidade de ocorrência de um evento indesejado (perigo) e a consequência (gravidade) gerada pela ocorrência desse referido evento indesejado.

Um dos objetivos do gerenciamento de risco nas empresas é estabelecer a significância risco *estimado*, isso é: comparar o custo de sua redução com o benefício individual a ser atingido; verificar esse custo comparado ao benefício social e levar a efeito processos políticos e institucionais para uma “máxima” redução. Assim é feita uma análise de custo e efetividade para comparar a redução desse risco (estimado) com o custo por setor entre várias opções que dispomos para poder mitigá-los.

Desculpe se cansei você nesses parágrafos, mas ministro a disciplina Riscos Ambientais em cursos de especialização e não poderia deixar de fazer um comentário técnico. Por fim posso dizer que a avaliação de risco inclui a *estimativa*, que procura identificar o que pode dar errado em uma dada situação, assim como as consequências da ocorrência, e a frequência com que a situação identificada ocorre; e a *apreciação* que vem a ser o complexo processo de determinação do significado ou valor dos danos identificados e dos riscos estimados para aquelas pessoas diretamente ameaçadas ou envolvidas pelo mesmo.

4.4.1 Percepção

A maneira como as pessoas percebem situações e eventos de risco é condição para que possamos evitá-los. E, como visto, a cadeia lucrativa do petróleo é fonte potencial de risco, seja por imprudência, imperícia ou negligência. Por isso é coerente que, devido a possibilidade de serem cenários de acidentes graves, essas empresas,

como a Petrobras, procurem identificar e gerenciar seus riscos de forma responsável e cuidadosa. Lembrando que, a cada situação de perigo potencialmente identificada, estão associados os eventos acidentais a ele relacionados, como: as consequências da ocorrência, as causas básicas, os modos de prevenção, controle e proteção.

O estudo da percepção de riscos visa ajudar e integrar o processo de gerenciamento de riscos, assim como estruturar as divergências entre os especialistas e o público. A esse estudo, cabe explicar a extrema aversão do público a certas atividades e a indiferença a outras; independentemente dos resultados obtidos, entender e explicar as divergências de opiniões entre os especialistas e o público (embora esse estudo assuma que o conflito em si existe, tanto originado pelas diferentes percepções, quanto oriundo dos vários objetivos) e fornecer informações relevantes ao processo de tomada de decisão²⁹.

Muitos e diversos fatores estão envolvidos na maneira como o público percebe um determinado tipo de risco. Entre tais fatores, pode-se citar a noção que a população tem com o risco. O histórico dos acidentes, o medo do risco, o poder catastrófico, a possibilidade ou não de que esse risco possa ser controlado, os efeitos sobre as gerações futuras, entre outros. Mas o que ainda falta é informação, e esse erro deve ser imputado às empresas que não socializam o que fazem e por isso geram essa situação de medo na comunidade. E o que a população em geral pode fazer para perceber de forma imediata uma possibilidade de risco secundário (aquele gerado pela empresa) ? deve solicitar ao Ministério Público que a empresa faça na comunidade ações de segurança (dinâmicas, palestras, vídeos) sobre o funcionamento da empresa e quais os possíveis planos de contenção e de fuga, caso exista um risco iminente⁵⁴.

E, enquanto funcionário de uma empresa, como posso contribuir para o controle de risco primário, aquele gerado no meu local de trabalho? Deve assistir os chamados DDS, ou diálogos diários de segurança, fornecidos compulsoriamente pela empresa; aprender sobre toxicologia com seus pares; conhecer o uso correto e

adequado dos equipamentos de proteção individual e coletiva (EPI's e EPC's); bem como ter consciência de sua responsabilidade diante das eventualidades. Essas prerrogativas já são consideradas como um bom começo. Entretanto: conhecer entidades como o Centro de Referência em Saúde do Trabalhador, Cerest: é sempre uma “postura” pró-ativa.

E, enquanto cidadão, como posso contribuir para o crescimento da minha cidade se uma refinaria de petróleo quiser se instalar? Deve ter uma postura técnica, nem desenvolvimentista nem ambientalista. Em geral a população local, pelo menos nas cidades com baixo IDH, tendem a assumir uma postura contrária à instalação. Percebem a refinaria apenas como uma fonte potencial de risco e de poluição. Tal percepção não varia nem com idade e nem com grau de instrução da população que geralmente é contratada para mão de obra barata. É como se o alto risco não compensasse ter um baixo emprego. Essa situação decorre por causa da complexidade dessas empresas, por isso dificilmente geram empregos qualificados para a população local. Daí reside a prudência nas audiências públicas, que vamos conhecer no item 7.5.

4.5 Classificação

Quando falamos de classificação dos riscos ambientais, em geral, estamos nos referindo (restringindo) ao estado físico do contaminante em questão, isso é, da substância presente no evento ou na situação. A importância na caracterização da referida substância é fundamental não só para o indivíduo (no caso o trabalhador), mas para toda a sua família e, em alguns casos, até mesmo para as gerações futuras.

A estimativa de risco para um contaminante de natureza química de alta nocividade (que está por exemplo na água), se define como possibilidade de se contrair uma doença para toda a vida. Quando uma população tem todos os indivíduos continuamente expostos (desde o nascimento e ao longo da vida) a uma água contaminada, a tendência é um aumento das eternidades e uma baixa expectativa de vida. Mesmo

exposta a uma concentração de apenas 1 ppm (mg/L), é possível que todos os indivíduos contraíam algum tipo de doença, inclusive câncer, caso consumam essa água cotidianamente.

Os riscos ambientais são classificados em três tipos que estão, por sua vez relacionados as suas características:

i) Riscos físicos, neste caso as diversas formas de energia, tais como ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não-ionizantes etc.;

ii) Riscos químicos, neste caso as substâncias, compostos ou produtos, que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeira, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão;

iii) Riscos biológicos, neste caso aos diversos/complexos microorganismos presentes: bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, dentre outros.

No que tange ao contato e natureza da substância em questão, os riscos ambientais estão mais diretamente associados como sendo riscos químicos que, por sua vez, podem ser subclassificados em:

a) Efetivo, na probabilidade de contato com a substância, estando diretamente relacionado com as condições de trabalho, bem como com o agente de risco;

b) Inerente, quando está relacionado com as propriedades químicas e físicas da substância.

Durante o estudo de riscos ambientais também deve-se estimar a presença desses riscos na população em geral. Por isto criou-se uma outra classificação complementar:

i) Risco individual, que é a probabilidade de que um indivíduo sofra um determinado nível de dano por ano (estimado para acidentes fatais), decorrente da exposição à atividades perigosas, ou em decorrência de acidentes a uma determinada situação, durante o período de um ano, sendo necessário ponderar o tempo de exposição;

ii) Risco social, que é a relação entre a frequência e o número de pessoas que sofrem um nível específico de dano, em uma determinada

população, decorrente da realização de atividades específicas, por exemplo, no caso de um acidente com o transporte de carga perigosa em um rio de abastecimento público.

O estudo de riscos ambientais ainda deve contemplar outras vertentes, como o Planejamento Estratégico que visa a implantação de medidas para a redução das frequências de ocorrência dos eventos indesejados por meio da minimização das consequências para o homem. Esse tipo de planejamento corresponde ao estabelecimento de um conjunto de providências a serem tomadas para que o futuro seja diferente e melhor que o passado.

O questionamento sistemático sobre planejamento estratégico (o que faz, quem, como, para quê, quando e onde fazer), deve ser executado para todas as atividades e etapas envolvidas. Esse planejamento em empresas, não diz respeito somente às decisões futuras, mas às implicações de decisões no presentes por isso o adjetivo: estratégico. De acordo com Santos⁵⁴ esse planejamento, complexo e compulsório em algumas atividades, deve considerar elementos de confiabilidade humana e engenharia de resiliência.

O termo “planejamento estratégico” deve ser entendido como algo “multidisciplinar”. É um processo de planejamento mais importante que a obtenção de seu produto propriamente dito. No decorrer, do processo, deve-se selecionar ações para alcançar os objetivos que garantam a prevenção, o controle e/ou a minimização dos riscos ambientais que um empreendimento represente para o meio ambiente. Embora os riscos ambientais sejam de natureza química, física e biológica, vamos detalhar mais precisamente apenas aqueles de natureza química, em virtude do contexto do nosso livro.

4.6 Risco Químico

Definimos como risco químico aquele que foi gerado por agentes que modificam a composição química do meio ambiente. Por exemplo, a simples utilização de tintas à base de chumbo por um funcionário introduz no seu ambiente de trabalho um risco químico. Já que o contato direto por meio da simples inalação pode vir a ocasionar doenças agudas e, em alguns casos, devido ao uso prolongado, doenças crônicas como, por exemplo, o saturnismo. Daí reside a importância de se proteger com equipamentos de proteção respiratória.

Tal como os riscos biológicos, os químicos podem atingir também pessoas que não estejam em contato direto com a fonte de risco, e em geral provocam lesões mediatas (doenças). No entanto, eles não necessariamente demandam a existência de um meio (veículo) para a propagação de sua nocividade, já que algumas substâncias são nocivas por contato direto.

Mais informações sobre os riscos de natureza química aos quais estamos, cotidianamente, sujeitos podem ser obtidos em textos disponíveis na internet de entidades não governamentais com representação mundial como a fundação da vida selvagem, conhecida pela sigla WWF (World Wild Foundation) e como o grupo canadense “Greenpeace” por meio dos sítios: www.wwf.org e www.greenpeace.org, respectivamente.

4.6.1 Exposição

Quando acontece a exposição humana de um contato e/ou contágio por uma substância tóxica, essa deve vencer barreiras para atingir o nosso sistema circulatório. Esse transporte pode ser facilitado por diferentes vias (ingestão oral e inalação respiratória). No que tange à exposição, outro importante fator é o tamanho da partícula, que determina se ela será retida nos cílios ou chegará aos alvéolos. O risco de entrada via pele é menos provável, devido a resistência à

penetração pelas células epiteliais, cujas membranas são mais espessas e contêm queratina. A via cutânea impede a penetração da maioria das substâncias, com exceção daquelas lipossolúveis.

A maioria das substâncias tóxicas é específica, ou seja, interage com um só tipo de estrutura-alvo no organismo, sendo os alvos principais as proteínas (enzimas, receptores, proteínas de transporte, etc.), os lipídios (membranas celulares) e ácidos nucleicos. As enzimas catalisam as reações biológicas. O sítio ativo é o local da enzima onde a reação com um determinado substrato se processa. Uma substância química pode dificultar o acesso do substrato ao sítio, impedindo sua passagem ou reagindo ela mesma com o sítio. A substância também pode ligar-se à enzima, provocando uma mudança de conformação que impeça seu funcionamento.

Ainda é muito difícil encontrarmos um agrupamento para todas as substâncias existentes no planeta. Entretanto, diversos centros de pesquisa internacionais, espalhados pelo mundo, que estão vinculados à promoção da saúde, apresentam seus agrupamentos que acabam sendo usados pela população em geral. Nesse caso, as substâncias químicas são agrupadas, segundo suas propriedades, forma de reação e simatologia no organismo, bem como periculosidade. Vejamos:

Anestésicos, são substâncias na forma de gases e vapores que exercem, efeito relaxante e anestésico no organismo, podendo ser voláteis ou não. Sua ação pode ocorrer de forma direta ou indireta sobre as víceras (fígado e rins) como os hidrocarbonetos clorados; sobre o sistema nervoso central como o álcool etílico; sobre o sistema circulatório e o sangue como os nitrobenzenos; e, por conseguinte: agindo por meio de simatologia aguda, crônica e-ou sinérgica.

Asfixiantes, quando sua presença apenas diminui a concentração de O_2 do ar, por isso são perigosos em concentrações muito elevadas como N_2 , He e outros gases nobres, CO_2 , etc. Existem ainda aqueles que impedem a chegada de O_2 aos tecidos, sua atuação pode ocorrer de diferentes maneiras: o CO que se fixa na hemoglobina no lugar do O_2 ; o HCN fixa-se na citocromooxidase; e o H_2S que além de bloquear a citocromooxidase, afeta o centro regulador do sistema respiratório.

Explosivos, são substâncias que podem explodir sob efeito de calor, choque ou fricção; as temperaturas de detonação são muito variáveis: nitroglicerina, 117 °C; isocianato de mercúrio, 180 °C; trinitrotolueno (TNT), 470 °C. Algumas formam misturas explosivas com outras: cloratos com certos materiais combustíveis, tetrahidroresorcinol com metais, disposição água em cima de ácidos etc.

Comburentes, são substâncias que em contato com outras produzem reação fortemente exotérmica. Exemplo: sulfonítrica, sulfocromica, nitritos de sódio e potássio, percloratos, permanganato de potássio, peróxidos e hidroperóxidos.

Corrosivos, são substâncias que em contato com tecidos vivos ou materiais podem exercer sobre eles efeitos destrutivos. Exemplo: metais alcalinos, ácidos e bases, desidratantes e oxidantes.

Irritantes, são substâncias não corrosivas que por contato com a pele ou mucosas pode provocar reação inflamatórias, lembrando que as substâncias corrosivas a baixas concentrações são consideradas como irritantes; quanto mais solúvel em água, mais irritante será para o trato respiratório; solventes orgânicos são irritantes por dissolução da camada lipídica protetora da pele, agravando a irritação.

Alergênicos, são substâncias que causam, em algumas pessoas, uma resposta anormal do seu sistema imunológico de defesa; por serem muito comuns acabam perdendo seu caráter de risco; algumas podem até levar a óbito. Exemplo: aminas, aldeídos, acrilatos, isocianatos, epóxidos, berílio, cromo, níquel, cobalto.

Grupo instável, são substâncias de caráter complexo que, por algum parâmetro físico ou químico pode modificar radicalmente suas propriedades. Exemplo: compostos acetilênicos, Hidroperóxidos, Epóxidos, Halogenatos, Nitrosados, Hidretos metálicos, Fosfina, Sais de diazônio, Halogenoaminas, Nitraminas, Alquilmetais.

Como foi comentado anteriormente, existe uma variedade de possibilidades de enquadrarmos as milhares de substâncias consideradas nocivas em alto, médio ou baixo grau. Uma outra possibilidade de enquadrá-las é quanto à possibilidade de risco quando

duas substâncias inócuas se tornam nocivas ao se misturarem. Uma grande variedade de substâncias reagem perigosamente quando em contato com outras. Por isso, antes de misturar quaisquer substâncias, deve-se buscar informações sobre a compatibilidade das mesmas⁵⁵. Nenhuma lista para essas e outras substâncias pode ser considerada como exaustiva, mas algumas relativamente abrangentes podem ser encontradas em sítios na internet como no caso: <http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/incompatibles.html>.

4.7 Perigo em alimentos

Neste tópico serão apresentadas algumas considerações sobre riscos, mas em uma outra vertente da Química Ambiental, não daquela voltada as questões da natureza e dos recursos naturais (*out-door*). Mas sim daquela Química Ambiental *in-door*; no ambiente de trabalho. No caso será usada como exemplo a indústria de alimentos.

O termo APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) ou, em inglês: HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) é uma ferramenta plural, baseada numa forma sistemática de identificar e analisar os perigos associados com a produção de alimentos e definir maneiras para controlá-los. É um tema cujo enfoque é tão abrangente, que dificilmente cursos de qualificação profissional na área de alimentos deixam a APPCC de fora do seu conteúdo programático, quando não aparecem como uma disciplina obrigatória do curso.

O conceito de APPCC permite um estudo sistemático para identificar os perigos, avaliar a probabilidade deles acontecerem durante o processamento, a distribuição ou o uso do produto e definir meios para controlá-los. O sistema APPCC ou HACCP é um método embasado na aplicação de princípios técnicos e científicos de prevenção, que tem por finalidade garantir a inocuidade dos processos de produção, manipulação, transporte, distribuição e consumo dos

alimentos. Esse conceito inicial abrange todos os fatores que possam afetar a segurança do alimento.

No início de 1970, uma série de fatos aconteceu nos Estados Unidos em relação a problemas relacionados com a segurança dos produtos que estavam sendo consumidos, originando o seguinte questionamento: “Como fomos capazes de enviar o homem à lua e ainda termos incidentes que comprometem a segurança dos nossos produtos?” A resposta encontrada foi tornar a produção de alimento mais científica. O que seria necessário promover mudanças na forma de desenvolver, produzir e processar os alimentos, tornando-a mais “segura” e “controlada”.

De acordo com Barendsz⁵⁶ o termo “alimento seguro” é um conceito que está crescendo na conjuntura global, não somente por sua importância para a saúde pública, mas também pelo seu importante papel no comércio internacional. Este sistema foi utilizado pela primeira vez, nos anos 60, pela Pillsburg Company, junto com a NASA (National Aeronautics and Space Administration) e o U.S. Army Laboratories, com o objetivo de desenvolver um programa de qualidade que, utilizando algumas técnicas, desenvolvesse o fornecimento de alimentos para os astronautas. Foi apresentado ao público pela primeira vez em 1971, durante a Conferência Nacional para Proteção de Alimentos, realizada nos Estados Unidos.

A legislação em segurança do alimento é geralmente entendida como um conjunto de procedimentos, diretrizes e regulamentos elaborados pelas autoridades, direcionados para a proteção da saúde pública. O sistema APPCC ou HACCP foi uma ferramenta desenvolvida originalmente pelo setor privado para garantir a segurança do produto e, atualmente, está sendo introduzida na legislação de vários países. A partir de 14 de dezembro de 1995, todas as empresas de alimentos da União Europeia deveriam ter um sistema de HACCP implementado. No Brasil, apesar de existirem alimentos com padrões de excelência comparáveis aos produzidos nos países do Primeiro Mundo, ainda existem problemas que comprometem a qualidade e apresentam riscos à saúde humana⁵³.

Nas pequenas indústrias, podem ser apontadas como questões ainda não resolvidas a falta de aplicação das BPF (Boas Práticas de Fabricação). Apesar das BPF e do método APPCC estarem estabelecidos na legislação por meio de leis, decretos e portarias do Ministério da Agricultura, sua aplicação, apesar de notáveis exceções, é quase inexistente. Inicialmente, o sistema APPCC consistia de três princípios: *i)* Análise de perigo e avaliação do risco; *ii)* Determinação dos pontos críticos de controle; e *iii)* Monitoramento dos PCC's.

A avaliação do risco na década de 70 levava em consideração três características, na forma de 3 perguntas: O produto contém algum ingrediente sensível ? Existe uma etapa do processo que elimina o perigo? Existe potencial de danos causados pelo produto?

Em 1989 essa avaliação expandiu-se em mais seis etapas: 1) O produto é direcionado para o consumidor na população de alto risco? 2) O produto contém ingredientes sensíveis? 3) Existe uma etapa que destrói os microrganismos patogênicos? 4) Existe possibilidade de recontaminação do produto após a etapa de eliminação dos patógenos? 5) Existe possibilidade do produto estragar durante a distribuição ou consumo? e 6) Existe um tratamento térmico final?

Alguns dos problemas encontrados pelas pequenas indústrias na implantação dos sistemas de APPCC são: insuficiente suporte técnico, concentração de funções, disponibilidade financeira e de tempo para implementar. Os perigos podem ser provocados por: *i)* A presença inaceitável de uma contaminação química, física ou microbiológica na matéria prima, no produto semifabricado ou no produto final; *ii)* Potencial de crescimento ou de sobrevivência de microrganismos ou de produção de substâncias químicas no produto semifabricado, no produto final ou no ambiente da linha de produção; e *iii)* Recontaminação do produto semifabricado ou do produto final com microrganismos, produtos químicos ou corpos estranhos.

Lembrando que: um alimento seguro, que não cause mal a sua saúde e não ofereça dúvidas em relação a sua composição e peso, é uma prerrogativa de segurança. O que, infelizmente, nem sempre

corresponde às expectativas do consumidor. Basta ver os erros de rótulo quanto ao teor de glúten, lactose, sódio, dentre outros.

4.7.1 Normas de segurança

São conhecidos os diversos problemas referentes ao perigo de se ingerir alimento estragado ou contaminado. Daí reside, a preocupação com a contaminação durante sua produção. Desde a contaminação do alimento na fonte produtora (por agrotóxico), pela sua contaminação industrial (falta de higiene), até a contaminação pelo mal acondicionamento (controle de temperatura e validade). Diante a isso precisamos de regras e normas de regulamentação.

A Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde na Agricultura, na Pecuária, na Silvicultura, na Exploração Florestal e na Aquicultura, é a NR 31. Ela estabelece os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, em qualquer atividade da agricultura, incluindo as atividades industriais desenvolvidas no ambiente agrário. Essa norma deixa claro os procedimentos e exigências a serem atendidas com relação ao uso de agrotóxicos na agricultura tanto por parte do empregador, como dos empregados.

A sigla ISO (International Standard Organization) é relativa às normas padrões internacionais que devem ser seguidas pelas empresas visando a melhoria da qualidade de produtos e serviços. No caso da segurança alimentar esta é a ISO 22000, de 2005, e tem por finalidade garantir que os alimentos estejam seguros para o consumo final.

Por que foi criada a ISO 22000? Para termos uma padronização internacional no campo das normas de segurança de alimentos e propiciar a implementação e certificação do APPCC. Adotando os requisitos de um sistema de gestão alinhado com os padrões da ISO 9001 e ISO 2000, um condicionante que deve ser atendido em qualquer organização envolvida na cadeia produtiva de alimentos. Essa norma precisa demonstrar sua habilidade em controlar os perigos em relação à segurança de alimentos, a fim de garantir que o alimento esteja seguro

até o momento do consumo. É aplicável a todas as organizações, independente de tamanho, as operações que estão envolvidas (em qualquer etapa da cadeia de serviços) e pode ser acompanhada através do uso de recursos internos e/ou externos.

A ISO 22000 é constituída por três partes: 1) Requisitos de Boas Práticas ou Programas de Pré-Requisitos do sistema APPCC; 2) Requisitos do sistema APPCC de acordo com os princípios estabelecidos pela Comissão do Codex Alimentarius; 3) Requisitos de um sistema de gestão baseados nos princípios de melhoria contínua. Em que esses requisitos para *Boas Práticas* não estão listados diretamente na norma ISO 22000, mas são referenciados através dos Programas de Pré-Requisitos (PPRs).

Os PPRs são necessários e dependem do segmento da cadeia produtiva de alimentos ao qual a organização opera e o tipo de organização. Vamos dar alguns exemplos de termos equivalentes:

Boas Práticas de Agricultura (BPA), Boas Práticas Veterinárias (BPV), Boas Práticas de Fabricação (BPF), Boas Práticas de Higiene (BPH), Boas Práticas de Produção (BPP), Boas Práticas de Distribuição (BPD) e Boas Práticas de Comercialização (BPC).

Este item discutiu um tema relevante: os riscos de se consumir alimentos estragados e/ou contaminados. Essa fonte de energia (alimento) essencial para o ser humano, pode ser letal, quando mal produzida ou processada. No caso de frutas e hortaliças, consumidas *in natura*, o monitoramento deve ser feito na *pré* e na *pós* colheita, visando evitar qualquer tipo de contaminação. Não se preocupe, esse assunto voltará a ser discutido no item 5.7.2.

Portanto, a proteção da saúde pública envolve o controle de qualidade dos alimentos, antes de serem consumidos. Mesmo com as APPCC e BPF, o número de casos de contaminações aumentou. Mais informações podem ser obtidas no sítio da Anvisa, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (www.anvisa.gov.br).

No que diz respeito aos riscos de contaminação alimentar esse pode ocorrer pelo alimento em si, ou por meio das embalagens. O

risco de contaminação (R_c) dependerá do grau de toxicidade(t) da substância e da quantidade à qual a população foi exposta(e); sendo, portanto, função da toxicidade e da exposição: $R_c = f(t, e)$.

Lembrando que: *gerenciamento do risco* envolve tomada de decisões pelas agências reguladoras que levam em consideração informações técnicas relacionadas à saúde, fatores políticos, sociais e econômicos; enquanto *comunicação de risco* envolve a troca de informações técnicas sobre risco; entre avaliadores, fornecedores e público em geral.

Em nível nacional, o processo de registro de aditivos, de pesticidas e de drogas veterinárias, bem como condução de avaliação da exposição humana a essas substâncias e a contaminantes em alimentos, é da Anvisa. Já em nível internacional é dos comitês científicos da WHO, *World Health Organization* (Organização Mundial de Saúde) e da FAO, *Food and Agriculture Organization* (Organização para Alimentação e Agricultura) que subsidiam o estabelecimento de padrões alimentares pelo *Framework for the Provision of Scientific Advice on Food Safety and Nutrition* (Codex Alimentarius).

Dentre as substâncias que podem estar presentes nos alimentos e apresentar um potencial risco à saúde humana estão aquelas advindas do processamento e estocagem, como acrilamida e nitrosaminas, toxinas de fungos (micotoxinas), de bactérias e de outros organismos; e aquelas advindas após o manejo agrícola e/ou pecuário, como os resíduos de agrotóxicos e de drogas veterinárias.

A presença indiscriminada de “aditivos”, substâncias químicas incorporadas aos alimentos, também é um problema. Os aditivos visam manter as características químicas, físicas e biológicas dos alimentos (naturais) ou imprimir outras, como sabor, cor ou textura, para aqueles alimentos artificiais, que pretendem imitar o natural. Não esqueça: todo produto artificial é sempre sintético (feito em laboratório), mas nem todo sintético é artificial.

Diante do exposto, devemos levar em consideração a qualidade da matéria-prima usada na confecção da embalagem (plástico, metal ou tetraplak), pois alguns de seus constituintes podem migrar para o alimento. No caso das embalagens metálicas pode haver contaminação por metais pesados; no caso das plásticas, por ftalatos; e no caso de tetraplaks, por diferentes contaminantes. Por essa razão é imprescindível ficarmos atentos não somente aos rótulos, mas (concomitantemente) a qualidade das embalagens. Produtos desgastados, amassados, trincados, riscados, enferrujados: nem pensar.

Embora a terminologia “risco ambiental” esteja sendo usada para avaliar e definir as atividades dos trabalhadores em suas respectivas empresas, muitas doenças ocupacionais ainda são difíceis de serem associadas a uma determinada atividade laboral. Para ajudar nessa discussão, temos o exemplo da pesquisadora Marie Curie, que trabalhou com materiais radioativos e não teve câncer como muitos poderiam suspeitar. Ela morreu de anemia aplástica decorrente da pancitopenia causada pelos radionuclídeos. Lembrando que essas discussões são complexas e não se restringem somente à saúde física, mas também, a mental: é importante termos segurança e felicidade, em nosso local de trabalho.

Em uma sociedade moderna em que o desenvolvimento é prerrogativa; também é imprescindível que tenhamos (enquanto cidadãos) informações sobre a implantação de algumas empresas, em nossas cidades. Principalmente no que diz respeito a essa relação entre o seu *risco* e o seu *benefício*. A maioria dos patrões (sempre) conhecem “completamente” os benefícios de suas empresas, muito embora desconheçam “de forma incompleta” os riscos que essas empresas podem causar ao trabalhador e a população circunvizinha. Por essa razão que a mineração na Amazônia deve ser bem discutida. Acredito que a floresta em pé, ainda é mais rentável. Um exemplo é a economia solidária de produtos amazônicos maranhenses (babaçu, juçara e buriti); além dos benefícios econômicos temos o social: empoderamento das mulheres nessas comunidades.

Capítulo 5. Agentes químicos

Neste capítulo, vamos conhecer alguns conceitos para os agentes químicos, definições e classificação, bem como suas formas de absorção pelo organismo e pelo ambiente. Também vamos conhecer quais são suas principais rotas e destino neste complexo sistema ambiental, como eles se incluem nesse sistema e como interagem com o homem e, claro, com o nosso ambiente natural: terra, água e ar e os seres vivos.

5.1 Conceito e definição

De uma forma geral, pode-se dizer que agente químico é um termo usado para representar aqueles elementos, aquelas substâncias (simples ou compostas), ou aquelas misturas, que direta/indiretamente, apresentam baixa ou alta toxidez ao homem ou à natureza. Aproveite, a oportunidade, para relembrar em seus livros de química, a diferença entre substância e mistura.

De maneira cotidiana, os agentes químicos incluem todas as substâncias, compostos ou produtos no estado sólido, líquido, gasoso. No caso de agentes gasosos, podem apresentar suas PTS (partículas totais em suspensão) em distintas formas: sólidas, como poeira e fumos, líquidas, como neblina e névoas. Os materiais particulados bem pequenos MP_{10} ($\leq 10\mu\text{m}$) e $MP_{2,5}$ ($\leq 2,5\mu\text{m}$), têm sua mobilidade dispersão e assimilação extremamente elevadas, fomentando seu nível de importância no contexto da saúde e do meio ambiente.

Os agentes na forma gasosa podem penetrar facilmente no organismo pela via respiratória, via derme (cutânea) ou por outra via. As condições da atividade de exposição de uma pessoa ou trabalhador é quem vai determinar sua entrada no organismo. Em geral, nós podemos ter contato com esses agentes através da pele, cabelo (mucosa do couro cabeludo), dos olhos, da mucosa nasal, ou mesmo pelas mucosas da boca. Esses agentes têm facilidade de entrada por ingestão, tanto na forma de poeiras, fumos, névoas, neblina, quanto de gases, e vapores. Para mais informações sobre poluentes atmosféricos

sugiro acessar a Resolução Conama 03 de 1990, que apresenta além dos conceitos e classificações, as metodologias de análise atmosférica.

Particularmente para o setor de higiene industrial das empresas, a preocupação com os agentes químicos não se restringe somente aos de estado gasoso, mas a todos aqueles que estão presentes no ambiente de trabalho, e que podem causar danos ao trabalhador. Tais agentes, no seu mais variado estado físico (sólidos, líquidos ou gasosos) são, em potencial, causadores das mais variadas doenças profissionais. Acho interessante lembrar que alguns agentes químicos na forma gasosa como o cianeto (CN^-), por serem inodoros, insípidos e incolores; foram usados na 2ª Guerra Mundial nas chamadas “câmara de gás”.

O termo, citado anteriormente (higiene industrial) é o conjunto de ações voltadas para o reconhecimento, para a avaliação e para o controle dos fatores ambientais e tensões originados do local de trabalho, que possam causar doença, comprometimento da saúde e do bem-estar ou significativo desconforto ou ineficiência entre os trabalhadores, no caso os empregados, contratados, bolsistas, estagiários e até visitantes.

Levantamentos feitos pela Organização Mundial do Trabalho, OMT, em conjunto com a Organização Mundial de Saúde, OMS, revelaram que muito embora os maiores causadores de afastamento do trabalho sejam os agentes físicos, que atingem principalmente os membros superiores, preferencialmente as mãos (cortes e fraturas), são os agentes químicos, os causadores de danos nos funcionários de seu local de trabalho, por serem os mais nocivos para a saúde do trabalhador. A explicação para esse comportamento é baseada na ação transformadora, complexa e dinâmica de um agente químico sobre o organismo humano; depreciando a saúde e diminuindo a expectativa de vida do trabalhador, mesmo assintomático.

Em relação à gravidade de ocorrências, os agentes químicos ainda ocorrem em maior grau, quando comparados com os agentes físicos ou biológicos. Além de serem encontrados tanto na forma sólida, como líquida ou gasosa, ainda podem modificar seu estado

físico, dependendo das condições ambientais. Esses agentes estão presentes em um grande número de materiais e substâncias tradicionalmente utilizadas ou manufaturadas no meio industrial. Uma variedade enorme de novos agentes químicos em potencial vai sendo encontrada, devido à quantidade sempre crescente de novos processos e compostos desenvolvidos.

5.2 Classificação e Rota

Os agentes de caráter químico podem ser classificados de diversas formas, segundo suas características tóxicas, periodicidade, tempo de exposição, estado físico, dentre outros. Conforme foi observado, embora sejam encontrados na forma sólida e líquida, a forma gasosa sempre é mais preocupante, por sua facilidade de absorção/dispersão.

Quando esses agentes se encontram em suspensão no ar, são chamados de contaminantes atmosféricos e podem ser classificados em: *i*) Aerodispersóides, são dispersões de partículas sólidas ou líquidas de tamanho bastante reduzido, abaixo de $100\mu\text{m}$, que podem se manter por longo tempo em suspensão como poeiras, partículas sólidas, produzidas mecanicamente por ruptura de partículas maiores; fumos, partículas sólidas produzidas por condensação de vapores metálicos; fumaça, sistemas de partículas combinadas com gases que se originam em combustões incompletas; névoas, partículas líquidas produzidas mecanicamente, como *spray*; e neblinas, partículas líquidas produzidas por condensações de vapores; e *ii*) Gases, são dispersões de moléculas misturadas completamente no ambiente aéreo; o próprio ar é uma mistura de gases. Não possuem formas e volumes próprios e tendem a se expandir indefinidamente.

Cabe ressaltar que em temperatura ambiente, tipo 25°C , mesmo sujeitos à fortes pressões, os gases não podem ser total ou parcialmente reduzidos ao estado líquido ou de vapores, que também são (tecnicamente) dispersões de moléculas no ar. Uma diferença

dos vapores é que, ao contrário dos gases, podem condensar-se para formar líquidos ou sólidos em condições normais de temperatura e pressão. Outra diferença é que os vapores em recintos fechados podem alcançar uma concentração máxima no ar, que não é ultrapassada, chamada de saturação. Os gases, por outro lado, podem chegar a deslocar totalmente o ar de um recinto.

De acordo com a definição dada pela Portaria n.º 25, do Ministério do Trabalho, os agentes químicos incluem aquelas substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão.

O interesse do público pela proteção ambiental e a busca pela melhoria da qualidade de vida e da saúde da população têm crescido nas últimas décadas. Existem muitos indicadores de que isso persistirá e naturalmente ocorrerá um aumento na demanda para corrigir os problemas decorrentes da liberação e dispersão dos poluentes no ambiente. Preferencialmente daqueles agentes cujas concentrações estão acima do permitido pela legislação.

A exposição aguda e crônica do homem e a quantidade crescente de subprodutos contaminados são problemas de interesse imediato, que nos levam às seguintes questões: Qual a carga limite desses poluentes? Até quando podemos produzir materiais contendo contaminantes? Quais são estes contaminantes ou poluentes que estão hoje espalhados pelo mundo?

Para responder a essas questões, é conveniente desenvolver um modelo, com informações físico-químicas e químicas disponíveis do assunto, relacionando os efeitos das mudanças bioquímicas diante a exposição, curto e longo prazo. Essas informações podem ser obtidas através da observação *in loco* da exposição, proveniente de diferentes rotas, incluindo o ar, os alimentos, a água, a poeira, dentre outras. Vejamos, a seguir, como são determinadas:

Para a comprovação de um modelo (hipótese) determinam-se a absorção total do contaminante, a concentração residual nas várias partes do corpo, e as reações bioquímicas que estão acontecendo nos sítios (potenciais) de ligação, isto é, nas metaloenzimas, ácidos nucleicos e complexos orgânicos. Um sistema de monitoramento de poluentes é uma maneira adequada para se obter estes dados/resultados, e avaliar a exposição total do receptor às várias fontes poluidoras; para com isso, determinar quais as formas físico-químicas do poluente que penetram nas diferentes rotas do corpo receptor (homem ou ambiente). Esse sistema complexo e abrangente define a relação entre as fontes, as diferentes rotas e os poluentes.

O estudo dos fluxos dos poluentes no ambiente são essenciais para o desenvolvimento de sistemas de monitoramento avançado. Por exemplo, os inter e intramovimentos de um agente químico, que são necessários ao projeto de monitoramento para determinação do nível do poluente nos vários compartimentos ambientais, assim como para determinação da exposição do receptor. Com esses estudos é possível estimar os níveis de poluentes em um dado ponto do ambiente e identificar os sítios de amostragem, além de determinar ou estimar os efeitos industriais ou urbanos em áreas circunvizinhas.

Os chamados inter-intramovimentos são aquelas situações de comportamento peculiar de alguns contaminantes em função de sua natureza. Por exemplo, contaminantes polares são miscíveis em água, portanto além de fazerem movimentos ao redor de outra molécula (intermovimento), eles também podem entrar na molécula (intramovimento). Já aqueles apolares, imiscíveis em água, farão o mesmo comportamento com os óleos, além de executar intermovimentos, podem também fazer intramovimentos.

5.3 Balanço de massa

O Instituto Tecnológico da Califórnia com financiamento da Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), desenvolveu um método de balanço de massa dos contaminantes que se deslocam

conectados no ar, na terra, nos alimentos e na água de uma região industrial urbana. O termo (balanço de massa) refere-se a uma aplicação do princípio da conservação da massa para a análise de sistemas físicos: entrada (*input*) e saída (*output*); por isto também é chamado de balanço de materiais.

Baseado no princípio da conservação de massa para um determinado contaminante químico, esse método emprega o balanço de massa, no qual um diagrama de fluxo representa o movimento dos poluentes através do meio ambiente; a vazão e a acumulação para um determinado metal pesado podem ser estimadas em dado compartimento ambiental. As informações a seguir são apenas complementares, sem a pretensão de fornecer fundamentações específicas.

Três tipos de informações são necessárias para construir um balanço de massa, cujo desenvolvimento deve ser iniciado pela montagem de um fluxograma para cada espécie de interesse. Os dados necessários à preparação deste diagrama são divididos em três categorias: fonte ou dados de entrada; dados do receptor; e área dos dados de saída. Os dados de saída se referem ao fluxo de poluentes de uma área urbana ou industrial para uma região afastada. O critério primário para o sucesso na construção de um balanço de massa é a igualdade da soma do fluxo de entrada com a soma do fluxo de saída, acrescido do contaminante na área. Um problema constatável é a obtenção de fluxos de emissão de fontes acuradas (precisas). A perda de uma emissão acurada pode resultar em fracasso na identificação de uma importante rota ambiental.

Nesse sentido, os cientistas do Instituto Pesquisas Tecnológicas (IPT) desenvolveram um método para verificar a relação entre o material transportado pelo ar e a deposição de metal traço proveniente da atmosfera. Mostraram que, para uma determinada microbacia, as distribuições de tamanho dos materiais transportados pelo ar são bimodais: modo inferior (comportamento de partículas $< 5\mu\text{m}$) e modo superior (comportamento de 5 a $100\mu\text{m}$). Sendo o inferior preocupante pela alta superfície específica.

As partículas pequenas ($<5\mu\text{m}$) podem permanecer no ar durante um período de tempo considerável e serem transportadas por longas distâncias (dizem até que as areias do deserto africano alcançam a costa brasileira). Provavelmente essas partículas pequenas são depositadas no solo por meio de difusão. No estudo da referida bacia, as estimativas das emissões de contaminantes proveniente das emissões de gases dos automóveis e das fundições (e outras indústrias), para a atmosfera foram feitas diariamente. Essas emissões foram relacionadas com as quantidades depositadas nas rodovias e na terra; e a quantidade natural, originária da microbacia.

O tratamento do balanço de massa é genérico e pode ser aplicado a todos os poluentes no meio ambiente. Embora esse método não revele os detalhes da dispersão da poluição ambiental, os requisitos do balanço de massa exigem que todas as rotas ambientais, as transformações físicas e químicas e os compartimentos sejam identificados e quantificados. Esse é um método potencialmente poderoso na avaliação do impacto causado por um contaminante.

Para reforçar os conceitos: "microbacias" são aquelas pequenas depressões que compõem uma bacia ou sub-bacia. Já "bacias" são formações geológicas em forma de depressão que podem acumular sedimentos ou água, sendo nesse casos denominadas de bacia sedimentar ou bacia hidrográfica, respectivamente.

5.4 Absorção biológica

A absorção de agentes químicos pelo organismo apresenta, como já esperado, uma complexidade devido às suas distintas formas e processos de interação. Fisiologicamente, podemos dizer que um material é considerado como absorvido quando ele entra na corrente sanguínea e, conseqüentemente, é carregado para todas as partes do corpo. Algo que foi engolido e que é posteriormente excretado (sem mudanças nas fezes ou urina) não é considerado como absorvido, mesmo que tenha permanecido no sistema gastrointestinal por horas ou mesmo dias.

No que tange à toxicologia industrial podemos classificar três rotas de absorção, isso é: portas de entrada que os materiais podem utilizar para atingir a corrente sanguínea (pele, intestino, pulmões). Pode-se dizer, sem medo de errar: todas as pesquisas atuais revelam que, o teor de contaminante no sangue é um fator muito usado na determinação dos seus efeitos, seja em qualquer organismo. E isso vale para você: Qual foi a última vez que você colheu amostras de seu sangue para ser submetido a uma análise clínica simples? Esse monitoramento preditivo é importante para sua saúde. Mas vamos deixar esta conversa para depois; voltemos para o assunto deste tópico.

A absorção por meio da pele pode ser considerada como a mais significativa forma de entrada de agentes químicos (contaminantes) no organismo. O motivo pode ser por sua rapidez e efetividade, muito embora contaminantes apolares (miscíveis em gorduras) sejam mais preocupantes devido a sua fração sebácea, que é apolar.

Contaminantes inorgânicos como o mercúrio (Hg), em função da complexidade, são absorvidos via pele mesmo intacta (sem ferida) sendo sua entrada facilitada na forma de metil-mercúrio ($\text{CH}_3\text{-Hg}$), por ser lipossolúvel. Comentei sobre o Hg por causa do seu uso exagerado em garimpos. Para outros contaminantes, a entrada pela pele é relativamente baixa, exceto para alguns compostos organometálicos. Em relação aos contaminantes orgânicos, esses podem ser absorvidos de forma acidental em laboratórios. Por exemplo, quando um solvente é espirrado sobre sua roupa (por isto a importância do uso do jaleco).

A absorção gastrointestinal pode ser explicada pelo simples fato de alguém engolir “algo” que seja absorvido pelo organismo. Como vimos nem todas as vezes que engolimos alguma coisa significa, necessariamente, que será absorvido. Naturalmente, quanto menos solúvel o material, menor será a possibilidade de absorção. No passado era comum a prática de atribuir certos casos de envenenamento ocupacional à falta de higiene por parte da vítima, particularmente falta de lavagem das mãos antes das refeições. Não há dúvidas que alguns materiais tóxicos, utilizados na indústria, podem ser absorvidos

pelo trato intestinal, mas acredita-se que, com certas exceções, essa rota de entrada é de menor importância.

A absorção pelos pulmões ocorre pela inalação de ar contaminado e é considerada a mais importante forma pela qual os agentes ocupacionais entram no corpo. Pode-se afirmar que quase todo envenenamento industrial (excluindo dermatites) pode ser atribuído à absorção pelos pulmões. Substâncias perigosas podem estar suspensas no ar na forma de pós, fumos, névoa ou vapor, e serem absorvidas misturadas com o ar que respiramos. Supondo que um indivíduo que trabalha 8 h e respira cerca de 10 m³ de ar; é de se esperar que um contaminante presente no ar ofereça uma série de ameaças. Felizmente, a maioria dos materiais estranhos que são inalados não são necessariamente absorvidos, exceto vírus e bactéria.

Mais detalhes sobre a absorção de contaminantes no organismo humano (Ecotoxicologia Humana) podem ser obtidos em diversos livros e revistas como por exemplo, no artigo: “Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde”, disponível para download na Internet pelo sítio da Revista Química Nova⁵⁷.

5.5 Absorção ambiental

A rota que os agentes químicos fazem no meio ambiente, diferente dos organismos, é bem mais complexa e abrangente. Entretanto, podemos estimar seu percurso por meio do entendimento de como e de que forma este agente interage com o ambiente, seja por complexação, precipitação, dissolução, adsorção, reação, dissociação; seja por antagonismos e sinergismos.

Informações sobre rotas ambientais são eficientes para indicar e conhecer diversos parâmetros do contaminante da fonte ao receptor (neste caso a natureza) e também as mudanças biogeoquímicas que possam ocorrer. Atualmente, para muitos contaminantes, o teor em

amostras naturais (seja em compartimentos bióticos ou abióticos) é o fator mais usual na determinação dos efeitos no ambiente. Mesmo que o teor desse contaminante nocivo esteja presente em baixíssimas concentrações, ainda assim será detectado. A automação-instrumentação das análises químicas evoluíram muito com o passar do tempo, o que foi proveitoso.

A química ambiental elevou de forma considerável seu grau sofisticado de automação no que tange à detecção da rota e destino de contaminantes. Mas, infelizmente, ainda existe uma lacuna na aplicação desses métodos sofisticados em medidas de rotina, que são realizadas cotidianamente no laboratório. Isso pode ser associado ao seu custo elevado, bem como a falta de entendimento na aplicação e no conhecimento das limitações e deficiência dos métodos. Existem situações em que metodologias para amostras ambientais se revelam inadequadas para medidas de contaminantes inorgânicos/orgânicos em componentes celulares ou mesmo na própria célula.

Um sistema de monitoramento desses agentes químicos não leva em conta somente as formas de absorção dos contaminantes da fonte (industrial) até o receptor crítico, mas também dos contaminantes dentro desse complexo sistema (terra, água, ar e planta). Por isso que as chamadas análises de rotina são importantes, não só pela frequência das análises, mas pela possibilidade de se buscar outras e novas metodologias analíticas. Quanto mais controle e monitoramento forem feitos no ambiente, melhor; seja esse terrestre, aéreo ou aquático. Isso porque a todo momento o ambiente está recebendo uma carga muito grande de contaminantes de origem antropogênica; aqueles produzidos pelo homem. O problema não decorre somente da quantidade e periodicidade dessa contaminação, mas da diversidade de contaminantes que tem aumentado abruptamente com o passar dos anos. A cada momento surge um contaminante químico com características e propriedades nunca antes conhecidas²⁶. Dizem, pelos corredores nas universidades, que a cada segundo o mundo conhece

cem mil contaminantes químicos diferentes, sejam na forma de compostos, substâncias, produtos, ou sub-produtos.

5.5.1 Interações no ambiente

A complexidade interativa de contaminantes no ambiente é relatado por diversos autores. De acordo com a literatura a entrada ou absorção de um contaminante no sistema solo, é complexa e está diretamente relacionada com outros processos como os de adsorção e dessorção que, por sua vez, são ainda mais complexos⁵⁸.

O agente químico no sistema solo, que interage com água e com o ar, é considerado adsorvido (que vem da palavra adsorção) quando ele é “pregado” na parte externa do sistema, e dessorvido quando ele é despregado do sistema. Nesse caso, existe possibilidade do agente químico retornar para o ambiente, contaminando-o. Por isto, um lugar que não era contaminado pode se tornar de uma hora pra outra contaminado-poluído, ou vice-versa. Essa situação dependerá de vários fatores e interações, além de depender, também, do tipo de solo e região em estudo.

Cabe aqui ressaltar que, no caso de remediação da contaminação por metais pesados, existe uma grande possibilidade desses agentes voltarem ao ambiente. Explicado pelo fato de serem re-suspensos ou mesmo solubilizados quando precipitados. Daí reside a necessidade para que os nossos projetos de remediação sejam exitosos devemos retirar o material contaminado do sistema, mesmo que o agente químico (no caso metais pesados) esteja imobilizado. Como foi feito na baía de Minamata, no Japão.

Para alguns pesquisadores como Brady⁵⁹, a melhor maneira de visualizar tal complexidade é por meio de esquemas. Nesse sentido, a figura 2 (Fate of Pollutants) apresenta um esquema da “rota dos poluentes”; de forma ilustrativa. Esse destino é o que ocorre dentro da maioria dos sistemas solo-água-plantas encontrados mundialmente.

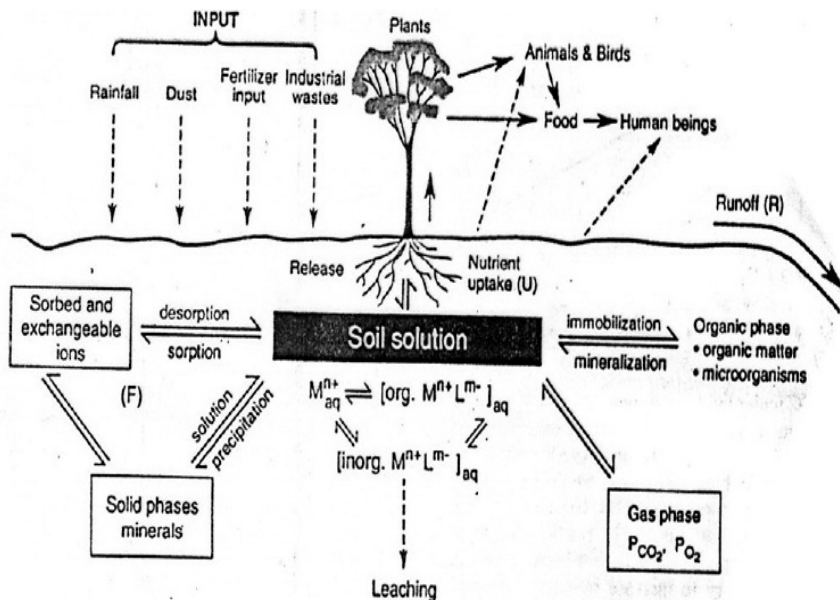


Figura 2. Representação esquemática da rota e destino dos poluentes⁵⁹.

Visualizando essa figura, podem-se fazer as seguintes considerações: primeiro interpretando as quatro entradas (*inputs*), através das quais um contaminante pode chegar ao ambiente, na forma de chuva, poeira, fertilizante e de resíduo industrial. Ao entrar no sistema terrestre esses podem ser liberados (*release*) por meio de escoamento (*runoff*) para os rios e mares, ou podem ser sorvidos (*sorbed*), trocados ionicamente (*exchangeable ions*) ou nos minerais da fase sólida (*solid phases minerals*).

Na solução do solo (*soil solution*), os contaminantes, nesse caso metais (*M*) podem interagir com substâncias orgânicas e inorgânicas (*inor.M - org.M*) ou serem lixiviados para as águas subterrâneas (*leaching ground water*), irem para a fase gasosa do solo (*gás phases*), ou mesmo serem imobilizados-mineralizados pela matéria orgânica do solo (*organic phase*).

Em relação às plantas, esses contaminantes podem ser absorvidos (*uptake*) como se fossem nutriente. Sendo translocados via xilema e floema e depois disponibilizados para animais e pássaros e por meio de seus frutos, chegando via cadeia alimentar, ao homem. Esse, portanto, é contaminado indiretamente, ou de forma cruzada (*cross contamination*).

Como esses agentes, em algum momento, podem acabar chegando até nós via cadeia alimentar, precisamos ficar atentos. A nossa legislação já determinou os limites de tolerância para várias substâncias (LTS) com a publicação da Portaria do Ministério da Saúde Nº 3214 de 08/06/1978. Para se saber a quantidade desse agente (substância) no ambiente, retira-se uma amostra do ar e o resultado é comparado ao LTS e, assim, tem-se uma noção da contaminação. Da mesma forma, na “toxicologia” podem-se medir as substâncias, no ar dos pulmões, na urina, no sangue; e saber quanto de cada uma delas foi absorvido e excretado. Existem também Limites de Tolerância Biológica, determinados a partir de estudos que servem para comparação com os valores encontrados no ser vivo.

5.5.2 Interações corporais

Desculpem-me por utilizar o adjetivo “corporais”, ficou parecendo comercial de desodorante. Mas queria dizer que os agentes químicos estão muito mais presentes no nosso ambiente (seja doméstico ou profissional), portanto muito mais próximo de nós (do nosso corpo) do que pensamos. Nesse sentido, vamos discutir (rapidamente) como esses agentes podem, diante do que foi dito, ser evitados. E, quando não puderem ser evitados, por que já fomos expostos de alguma forma a eles, o que é que devemos fazer para preservar a nossa saúde.

Para facilitar esta discussão sobre segurança e interação química corporal, vou ainda apresentar alguns questionamentos, no que diz respeito à contaminação por agentes químicos. Essas perguntas não estão

relacionadas aquela “anamnese ocupacional” feitas pelos profissionais da Visat (Vigilância em Saúde do Trabalhador). Ver item 6.4.

Como posso evitar a entrada de agentes no meu organismo? Isso dependerá da presença ou ausência desses agentes no seu ambiente de trabalho, bem como do seu estado físico, e de casos de doenças hereditárias na sua família;

Por onde esses agentes podem entrar no meu organismo? Isso dependerá do estado físico em que a substância se encontra; no estado gasoso entrará por meio da respiração; se for líquido, pode penetrar pela pele, ou inalado por evaporação;

Essa substância é capaz de atravessar os pulmões e chegar ao sangue? Isso dependerá da solubilidade da substância; quanto mais lipossolúvel, maior a probabilidade de intoxicação;

Como posso adquirir conhecimentos para proteger minha saúde contra esses agentes? Isso dependerá de você; uma das formas mais eficientes é participando de cursos específicos sobre o tema ou buscando informações na literatura;

No local onde trabalho existe a possibilidade de eu ter contato com esses agentes? Isso dependerá da forma como você está trabalhando deve ser a melhor para evitar que a substância atinja o seu organismo, a elaboração de PPRA poderá ajudá-lo;

O que devo fazer se eu entrar em contato com um agente químico? Primeiramente você deve consultar os manuais de primeiros socorros e as fichas de informação sobre as substâncias de uso em seu local de trabalho;

Lembrando que, a sigla PPRA, como visto em tópicos anteriores, é muito comum no cotidiano de profissionais da área de Segurança do Trabalho, sejam estes técnicos de nível médio ou superior. Esse Programa de Prevenção de Risco Ambiental (PPRA), é na verdade um relatório contendo todas as possibilidades de acidentes no local de trabalho, incluindo os agentes (químico, físico e biológico) aos quais o funcionário está exposto. Também pode ser feito na forma de Plano com duração que varia de dias, semana ou até meses⁶⁰. Para

você ter uma noção da relevância, toda universidade deve conter seu PPRA. Principalmente aqueles setores de maior periculosidade e insalubridade como os laboratórios, almoxarifados e locais contendo autoclaves, caldeiras e equipamento que usam gases comprimidos durante seu funcionamento.

Portanto, devemos ser cuidadosos e contribuir, da melhor forma possível, para prevenir a sua exposição aos agentes químicos, mesmo aqueles aparentemente de baixa nocividade. Essa preocupação se deve ao fato de não sabermos o que os novos estudos poderão contribuir no futuro: um agente que pensávamos ser de baixa nocividade, poderá ser de média ou alta nocividade.

Podemos utilizar as descobertas dos diversos ramos da ciência na melhoria da qualidade de vida no planeta. O ar que respiramos deve estar isento dessas substâncias para que não cause doenças à população em geral. Os mares não apenas os navegáveis, mas principalmente os praianos, devem estar sempre próprios para a balneabilidade, o que não está acontecendo em algumas praias brasileiras. A terra firme, como o solo que pisamos; e úmida, como os manguezais, pantanais e banhados, devem ser férteis para a produção de alimentos, não apenas para combater a fome, mas que estejam livres de contaminantes, visando garantir a saúde para todos.

É claro que a isenção de agentes químicos no ambiente de trabalho ou mesmo na natureza seja uma situação difícil, principalmente porque se acredita que a todo o momento estamos expostos a eles. Pode ser uma chaminé de indústria, uma fumaça do escapamento de carro, uma simples poeira de rua ou de uma caeeira, fabricação rústica de carvão muito comuns em comunidades rurais. Diante disso, a Portaria do Ministério da Saúde 3214, determina até quanto nossos organismos podem receber desses agentes. É o LTS, usado em muitas áreas, principalmente no setor de segurança do trabalho.

Para saber o valor do LTS, deve-se calcular a quantidade da substância tóxica no ambiente. Para isso, retira-se uma amostra dessa substância, que já está presente no ar do local em estudo e envia-se

para análise em laboratório. O resultado dessa amostra de ar é, então, comparado ao limite de tolerância da substância e com isso tem-se uma noção do risco a que o trabalhador ou o cidadão está exposto. Assim, como se quantifica a substância no ar, presente no ambiente seja *in-door* ou *out-door*, podemos também, quantificar (em casos mais graves) a concentração da substância no próprio organismo humano, e com isso, saber quanto foi absorvida.

Como este tópico comenta sobre agentes químicos e sua interação corporal, não se pode deixar de apresentar as principais classes de substâncias perigosas. Embora existam várias outras, cabe destacar apenas aquelas que estão diretamente associadas ao corpo humano: as carcinogênicas (com suas classes), mutagênicas e teratogênicas.

As substâncias carcinogênicas, que serão vistas em tópicos a seguir, são aquelas que estão associadas a erros na transcrição, causando morte desenfreada das células. Incluem a classe I: substâncias cuja carcinogenicidade para o homem foi demonstrada através de estudos epidemiológicos de causa-efeito; II: substâncias provavelmente carcinogênicas para o homem, com as quais foram feitos estudos de toxicidade de longo prazo em animais; e III: substâncias suspeitas de causar câncer no organismo humano, para as quais não se dispõe de dados suficientes para provar sua atividade carcinogênica e os estudos com animais não fornecem provas suficientes para classificá-las como sendo: Classe II.

As substâncias mutagênicas são aquelas que podem alterar o material genético de células somáticas ou reprodutivas; o número de compostos reconhecidamente como mutagênicos é muito maior do que o de carcinogênicas. Considera-se que alguns tipos de câncer são resultado da evolução de processos mutagênicos. Já as substâncias chamadas de teratogênicas, por sua vez, incluem aqueles compostos que podem produzir alterações no feto durante seu desenvolvimento intrauterino (malformações).

5.6 Metais pesados

Considera-se metais pesados aqueles agentes (elementos químicos) caracterizados com base na densidade atômica, maior que 6 g.cm^{-3} , e que apresentam nocividade aos organismos vivos. Existem cerca de 20 elementos considerados tóxicos para os seres humanos, incluindo Hg, Cd, Zn, Cu, Fe, Pb, As, Mn, Tl, Cr, Ni, Se, Te, Sb, Co, Mo, Sn, W e V. Destes, somente os dez primeiros são aqueles de maior utilização industrial e, por isso mesmo, são os mais estudados sob o ponto de vista toxicológico.

Embora o As e Se não sejam metais, são enquadrados nesse grupo. Por isso alguns pesquisadores preferem o termo “elementos-traços” em vez de metais pesados³⁰. A presença, de alguns desses elementos, no ambiente está associada com sua família na Tabela Periódica, por ex: Zn e Cd, Cu e Au, etc.

Os metais pesados reagem com ligantes difusores, com macromoléculas e com ligantes presentes em membranas, o que muitas vezes lhes conferem as propriedades de bioacumulação e biomagnificação na cadeia alimentar. Isto é persistência no ambiente e de distorções nos processos metabólicos dos seres vivos; em que essas bioacumulações e biomagnificações se encarregam de transformar concentrações consideradas normais em concentrações tóxicas para diferentes espécies da biota e para o homem⁶². A persistência garante os efeitos a longo prazo, mesmo depois de interrompidas as emissões.

A maioria dos organismos vivos só precisa de alguns poucos metais e em doses muito pequenas. Tão pequenas que costumamos chamá-los de micronutrientes, como é o caso do Zn, Mg, Co e Fe (constituente da hemoglobina). Estes metais tornam-se tóxicos e perigosos para a saúde humana quando ultrapassam determinadas concentrações-limite. Já metais como Pb, Hg, Cd, Cr e As não existem naturalmente em nenhum organismo; tão pouco desempenham funções nutricionais ou bioquímicas em microorganismos, plantas ou animais. Ou seja: a presença destes metais em organismos vivos é sempre prejudicial.

Desde que o homem descobriu a metalurgia, a produção destes metais aumentou e seus efeitos tóxicos geraram problemas de saúde permanentes, tanto para seres humanos como para o ecossistema. Esses metais, em geral, são carcinogênicos, tendo ainda um vasto espectro de efeitos neurológicos, hepáticos e renais. O Hg é teratogênico, provocando hidrargirismo, o Cd é cancerígeno e provoca ainda a doença de Itai-Itai que atrofia o esqueleto, o Pb provoca Saturnismo, e todos os outros metais agem no organismo modificando os mecanismos de ação das enzimas. Estudos⁵⁷ revelam que a placenta é permeável a alguns metais e, por conseguinte, o feto pode ser contaminado, aumentando sua nocividade, podendo causar focomelia.

Os metais também alteram a estrutura da membrana celular dificultando o transporte de íons como Na, K e Mg. Outro problema é o fato dos metais dificultarem a autodepuração das águas, pois tem ação tóxica sobre os microorganismos. Lembrando que todo problema causado por esses metais é agravado quando o pH do meio torna-se ácido.

5.6.1 Contaminação

A contaminação e/ou poluição por metais pesados no meio ambiente, dependerá da concentração do agente químico, no caso o metal pesado. A presença ou concentração desse agente dependerá e variará de acordo com o tipo de indústria, sua operação (engenharia), processo (químico) e tratamento de seus efluentes. Portanto, a afirmação se o ambiente está contaminado ou poluído dependerá da concentração do agente químico (metal) em estudo. Vejamos algumas considerações sobre essas amostras:

Vegetação, em geral, podem assimilar quantidades significativas de alguns metais através da absorção foliar, frequente em regiões industrializadas com volume aéreo de particulados (pó, poeira, fumaça etc.) e absorção radicular, frequente em ambientes cujo poluente encontra-se no solo, sedimento e/ou na água; o que é mais comum. Pesquisadores como Silva e Vidal⁶³, usaram a vegetação de

mangue como bioindicador na contaminação foliar de metais em uma área de aterro.

Solo, a contaminação ou poluição terrestre por metais está ligada a processos de acúmulo e transporte desses elementos e depende, em grande parte, de suas interações com a fase sólida do sistema. Tal interação é bastante complexa, envolvendo reações de adsorção, desorção, precipitação, dissolução, complexação e oxirredução; tanto na fase inorgânica quanto na orgânica. Lembrando que, quanto mais ácido for o pH do solo, mais preocupante é a contaminação do ambiente, pois todos os metais são solúveis em meio ácido⁴⁵.

Peixes, muito usados como monitores biológicos de poluição aquática, esses organismos são capazes de acumular praticamente todos os metais, mesmo em nível de traços, entretanto, devido ao processo natural de auto depuração das águas, essas concentrações tendem a ser maiores em amostras coletadas em áreas poluídas⁴⁹. Em geral, os peixes são mais sensíveis ao aumento da concentração de Zn. Metais como Cd, por ser móvel é mais preocupante para a ictiofauna do que o metais como o Pb e Hg. Peixes de final de cadeia como atum e anchova, tendem a concentrar mais metais.

Sedimento, acredita-se que uma grande proporção de metais descarregados constantemente em sistemas aquáticos seja basicamente incorporada aos sedimentos⁴⁴. Por essa razão, nos últimos anos, esse material tem sido muito utilizado para a avaliação da poluição por metais em corpos d'água naturais, uma vez que os sedimentos funcionam como compartimento concentrador de contaminantes ou poluentes. Podendo ser detectados nessas amostras mesmo após cessarem a fonte de contaminação.

Alimentos, os problemas de saúde humana causados por metais podem ocorrer de forma direta (pelo alimento) ou indireta (pela embalagem), o que é muito comum. Os parâmetros que afetam a “migração” desses contaminantes da embalagem para o alimento dependem: da Composição química e estrutura do material, da Concentração do componente migrante, da Compatibilidade do

migrante com o alimento, do Tempo e temperatura de contato (durante o processamento e estocagem). Pela Lei 9832/99, é proibido o uso industrial de embalagens metálicas soldadas com liga de chumbo e estanho para acondicionamento de gêneros alimentícios, exceto para produtos secos ou desidratados. É bom ressaltar que o leite, principalmente o materno, acumula contaminantes inorgânicos (metais pesados) e por isso pode trazer sérios problemas de saúde para o recém-nascido.

5.6.2 Fontes

O crescimento industrial desordenado e inconsequente, é um dos principais responsáveis pela contaminação e/ou poluição, bem como o comprometimento do ambiente por agentes químicos de natureza inorgânica, como os metais pesados.

Para ilustrar, a tabela 1 apresenta algumas indústrias com seus respectivos agentes; lembrando que a possibilidade de sua presença por meio de descarte industrial é, quase sempre, maior do que esperado.

A explicação para esse aumento é devido a propriedade dos metais de biomagnificação, (bioconcentração) além do fato de poderem ocorrer formação de subprodutos. Outra explicação é a possibilidade desse agente (metal) estar quelatado ou adsorvido em uma matriz orgânica⁶⁴ e depois liberado para o meio.

Tabela 1. Relação de metais presentes em algumas indústrias

INDÚSTRIAS PREDOMINANTES	METAIS PESADOS									
	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb	Ni	Sn	Zn
Produtos Químicos	x	x		x	x		x		x	x
Fertilizantes	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Refino de Petróleo	x	x	x	x			x	x		x
Confecção de Aço	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Papel e Celulose		x	x		x		x	x		x

Fonte: Förstner e Wittmann⁵⁰

É muito difícil prevermos, hoje em dia, a carga desses produtos tóxicos (metais pesados) que esses ambientes recebem cotidianamente e que poderão receber no futuro. Diante disso, é de suma importância que se faça diariamente um monitoramento da concentração desses agentes inorgânicos no ambiente aquático, terrestre e aéreo. Seja este controle por parte de órgãos públicos de fiscalização, seja pela empresa-indústria. Por isso, é imprescindível que se estabeleçam quais os impactos ambientais foram causados e poderão ser causados devido o funcionamento, de uma determinada indústria.

Os resíduos industriais constituem-se como uma das maiores e mais diversificadas fontes de introdução de metais no ambiente, preferencialmente o aquático por ficar “escondido” e diluído pelas águas. Enquanto na terra ele fica, digamos “camuflado”, e no ar é mais facilmente percebido. Quando se diz que a contaminação aérea é mais percebida deve-se ao fato de termos acesso visual a essa contaminação. Diferente de um vazamento (duto de descarga industrial), que é subterrâneo, seja na água ou na terra; a “fumaça” que sai pelas chaminés, ou dos automóveis, ou mesmo um vazamento superficial (solo ou água) são facilmente percebidos.

Sempre é bom lembrar que a contaminação inorgânica (metais), causa diversos distúrbios na saúde: visuais, auditivos, do equilíbrio, do movimento, além de neuropatias como Alzheimer e Parkinson. Sendo o Hg, Pb, As e Tl, os elementos-traço de maior responsabilidade por esses efeitos neurológicos. Alguns agrotóxicos (Maneb, Dithane) por apresentarem em sua composição Manganês, também podem causar neuropatias pela ação desse metal no sistema nervoso central.

5.7 Agrotóxicos

Sem dúvidas que esse tópico é um dos mais relevantes não só porque tem forte relação com nossas casas, quando usamos indiscriminadamente os inseticidas comerciais; mas por ser um contaminante de diferentes graus de nocividade e de uso cotidiano,

seja no ambiente urbano e, principalmente no rural. Muitas vezes, os agrotóxicos (agrícolas e não agrícolas) são manuseados de forma inadequada, inclusive por alguns profissionais.

A Lei Federal 7.802/89, define “agrotóxicos e afins”, aqueles produtos e agentes físicos, químicos e biológicos destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, e de outros ecossistemas; além de ambientes urbanos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, por exemplo substâncias e produtos empregados como desfolhantes, estimuladores e inibidores de crescimento. Pelo visto, sua definição é bem complexa. E sua composição, também: constituída de ingrediente-princípio ativo (ação direta na praga ou doença) e de inertes (diluente e adjuvantes). Existem diferentes agrotóxicos contendo um único ingrediente ativo, que podem variar na concentração e nos tipos de inertes, mas a ação será a mesma. Lembrando que os constituintes desses inertes são mantidos em sigilo pelos fabricantes.

As formulações de agrotóxicos visa torná-los na “forma” mais adequada e eficaz. No Brasil temos cerca de 500 ingredientes ativos para mais de 2 mil formulações comerciais diferentes. E apesar da mistura de agrotóxicos ser proibida por lei no Brasil, tal prática ainda é comum; dificultando o diagnóstico, em casos de intoxicação.

Os ingredientes ativos (e, pasme: alguns inertes) podem penetrar em nosso corpo através do contato com a pele. Roupas ou equipamentos contaminados deixam a pele do usuário em contato direto, o que aumenta sua absorção. Outra via de intoxicação é através da boca, quando se manuseiam alimentos, bebidas ou cigarros com as mãos contaminadas. E, claro, pelo descarte incorreto das embalagens vazias. Para não contaminar as pessoas e o meio ambiente, as embalagens (de agrotóxicos) devem ser retornadas ao fabricante após a tríplice lavagem ou da lavagem sob pressão.

A agricultura moderna tem atingido um elevado nível de tecnologia, incorporando técnicas de uso excessivo do solo e

descontrolado das águas por meio do uso de latifúndios e monoculturas. Tal comportamento teve a pretensão de aumentar a produção de alimentos. Para isso desmatou grandes áreas modificando uma paisagem natural (mata nativa) por uma controlada por ele (pastagem). Além disto, também criou plantas transgênicas altamente produtivas, mais resistentes ao uso de agrotóxicos. Mesmo a soja RR (Roundup Ready, isto é: *Pronta pra Glifosato*); que veio com a pretensão de diminuir o uso desse agrotóxico, teve efeito contrário. Explicado pela resistência das pragas e doenças aos agrotóxicos.

A maior causa do uso excessivo de agrotóxicos foi sem dúvidas acreditar que seria uma panaceia. Infelizmente a sua contribuição não matou a fome do mundo, pelo contrário disseminou contaminação. Gerou desequilíbrio ecológico e criou um modelo agrícola dependente e pouco preocupado com a saúde humana e ambiental.

Embora o registro de intoxicação por agrotóxicos seja feito pelo Sistema Nacional de Informações Tóxicológicas (Sinitox) vinculado à Fundação Oswaldo Cruz e pelo Sistema Nacional de Agravos de Notificação (Sinan), vinculado diretamente ao Ministério da Saúde; os dados ainda não representam a realidade. Segundo pesquisas (www.brasildefato.com.br), dos 50 casos de intoxicação que ocorrem por dia no Brasil, apenas 1 é notificado. Uma explicação para essa subnotificação seria a dificuldade do trabalhador para acessar esses profissionais visando registrar sua intoxicação e a falta de controle e fiscalização dos órgãos competentes. Cabe ainda ressaltar que essa subnotificação (50:1) é apenas dos casos de intoxicação aguda, aquela cujo sintoma é mais facilmente percebido. Diferente da crônica, cujos sintomas aparecem tardiamente, dificultando sua notificação.

No ambiente de trabalho, as operações relacionadas ao uso e manuseio de agrotóxicos, como esperado, são regidas pelas Normas Regulamentadoras, as chamadas NRs. Particularmente no caso dessas substâncias são as Normas Regulamentadoras Rurais, as NRRs. Essas, por sua vez, estão subdivididas em 5 grandes grupos (NRR 1, 2, 3, 4 e 5). As normas NRR 1 estão relacionadas sobre as disposições

gerais das normas rurais, a NRR 2 sobre os Serviço Especializado em Prevenção de Acidentes do Trabalho Rural, e a NRR 3 sobre a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho Rural, a NRR 4 sobre os Equipamentos de Proteção Individual, e a NRR 5 sobre o Uso dos Produtos Químicos (incluindo os agrotóxicos).

5.7.1 Classificação

Antes de iniciar queria dizer que agrotóxico e/ou pesticidas, é o nome genérico dado aos venenos utilizados na agricultura sobre o pretexto de combater doenças fitossanitárias e exterminar pragas e ervas daninhas. O nome “defensivo agrícola”, que não defende nada, é usado por comerciantes e fazendeiros. Alguns pesquisadores⁶⁵ preferem utilizar o nome “agroquímicos” pois assim podemos incluir aqueles obtidos naturalmente, como os produtos extraídos do Nim, Citronela, Andiroba, dentre outros. Embora sejam tóxicos, sua nocividade é baixa, o que corrobora para defini-los como *agroquímicos*. Termo que eu também prefiro utilizar em sala de aula.

Os agrotóxicos podem ser classificados como: pesticidas (ou praguicidas), fungicidas e herbicidas. Os pesticidas, mais especificamente, subdividem-se quanto sua finalidade: aficida (pulgões), ovicida (ovos), larvicida (larvas), germicidas (germes), inseticidas (insetos), formicidas (formigas), acaricidas (ácaros), raticidas (ratos) etc.; sua ação: por ingestão, contato, fumigação, profundidade e sistêmica; e sua origem: inorgânicos e orgânicos.

Vamos detalhar sua maneira de agir, que pode ser por várias vias: *i*) contato: caracteriza o modo de ação de um pesticida que age e é absorvido pela pele (tegumento) do inseto; *ii*) ingestão: caracteriza o modo de ação de um pesticida que age e penetra no organismo por via oral; *iii*) profundidade: caracteriza o modo de atuação de um inseticida que tem ação translaminar, ou seja, que, aplicado na face de uma folha, exerce sua toxidez contra insetos alojados inclusive na outra face da folha. Esta ação também pode ser observada em frutíferas. Quando o

pesticida atinge o interior dos frutos por translocação, ele mata a praga, por exemplo as larvas das moscas-da-fruta; *iv*) fumigante: caracteriza o modo de ação de um pesticida que age penetrando no inseto na forma de vapor através de suas vias respiratórias; e *v*) sistêmica: quando é absorvido por uma planta e translocado para tornar o local tóxico para os insetos por um tempo ilimitado.

Quanto ao risco ambiental são classificados como I, extremamente perigoso; II, altamente perigoso; III, medianamente perigoso e IV, pouco perigoso. Quanto a toxicologia temos: Classe I (rótulo Vermelho) contém ingrediente ativo considerado “altamente tóxico”; II (Amarelo) considerado medianamente tóxico; III (Azul) considerado pouco tóxico; IV (Verde) considerado como “não-tóxico”. Vamos dar um exemplo: o herbicida mais usado contém Glifosato (grupo químico: Glicina substituída) como ingrediente ativo tendo *toxicologia* IV e *risco ambiental* III.

Os agrotóxicos inorgânicos, ricos em metais pesados, foram muito utilizados no passado, mas atualmente não representam 10% do total de pesticidas (agrotóxicos) em uso. São eles os produtos arsenicais, fluorados, mercuriais, plumbados e os compostos minerais (ainda muito usados no ambiente rural, na forma de “óleo queimado”) que agem por contato e ingestão, matando a praga por asfixia. Nesse caso apenas a praga em questão era afetada, porém a desvantagem estava no fato de serem bioacumulados, se acumulavam nos tecidos orgânicos sendo de longa persistência no ambiente.

Os agrotóxicos orgânicos, por sua vez, compreendem os de origem vegetal e os organo-sintéticos. Os primeiros (organo-naturais), também muito utilizados no passado, são de baixa toxicidade e de curta permanência no ambiente (como o piretro e a rotenona). Os organo-sintéticos, produzidos em laboratórios, se subdividem em:

Piretróides, foram produzidos na tentativa de reproduzir aqueles naturais como o “piretro”, daí reside o nome “piretróides”; o objetivo era obter produtos pseudo-naturais com toxidez (mais eficientes). Muito usados como inseticidas caseiros (domésticos). São compostos com estruturas semelhantes à piretrina, substância existente

nas flores do *Chrysanthemum cinerariifolium*. Sua elevada atividade inseticida permite seu emprego em pequenas dosagens. São pouco tóxicos do ponto de vista agudo, mas podem provocar irritação dos olhos e mucosas, assim como manifestações alérgicas e crises asmáticas. Exemplo : Permetrina, Deltametrina, Fuminset, dentre outros.

Clorados ou Organoclorados: Grupo químico formado por um hidrocarboneto clorado que possui um ou mais anéis aromáticos, ou mesmo cíclico saturado; com radicais contendo um ou mais átomos de cloro. Em relação aos outros organo-sintéticos, os clorados são menos tóxicos (em termos de toxicidade aguda), mas são também mais persistentes no corpo e no meio-ambiente, podendo causar efeitos patológicos a longo prazo. São pouco hidrossolúveis e bastante lipossolúveis; usados na agricultura, porém seu emprego tem sido cada vez mais restrito ou até proibido. Os organoclorados atuam no sistema nervoso, interferindo na troca iônica que caracteriza a transmissão do impulso nervoso. Banido na década de 60, o DDT faz parte desse grupo; até hoje associamos aplicar inseticida a “dedetização”. Embora a bióloga Rachel Carson tenha refutado o DDT; seu descobridor (Paul Muller), ganhou o Nobel de medicina, pelo combate a malária. Exemplo: Aldrin, Dieldrin, Heptaclor, 2,4 D, dentre outros.

Cloro-fosforados: formado por ésteres de ácido fosfórico (ou tionofosfórico), ditiofosfórico e fosfônico (ou tionofosfônico), que em um dos radicais esterificados possui um ou mais átomos de cloro. Possuem toxidez aguda semelhante à dos fosforados em geral, sendo, como éster, degradados rapidamente e não se acumulando nos tecidos gordurosos. Atua sobre a colinesterase (enzima de fundamental atuação no sistema nervoso) nas sinapses nervosas. Quando o neurotransmissor (cérebro-célula) Acetilcolina se liga aos receptores, uma célula motora continua a fornecer estímulos até ele ser quebrado pela Acetilcolinesterase. Se ela for inibida, o estímulo nervoso continuará descontroladamente, levando a morte da célula, gerando sintomas semelhantes ao de pacientes com Alzheimer. Exemplo: Fosfamidon, Clorpirifós, dentre outros.

Fosforados ou Organofosforados: formado por ésteres de ácido fosfórico (ou tionofosfórico), tiolofosfórico, ditiofosfórico, fosfônico, tionofosfônico (ou ditiofosfônico). Embora não persistentes, são geralmente muito tóxicos para o ser humano e os vertebrados. São derivados de gases venenosos usados na 2ª Guerra, conhecidos como gases nervosos, por exemplo o agente VX e *Sarin*. Em relação aos agrotóxicos clorados e carbamatos, os organofosforados são mais tóxicos (em termos de toxicidade aguda), mas são degradados mais rapidamente e não se acumulam nos tecidos gordurosos. Atuam inibindo a colinesterase nas sinapses nervosas. Exemplo: Paration, Malation, Glifosato, dentre outros.

Carbamatos: formado por ésteres de ácido metilcarbônico ou dimetilcarbônico; derivados do ácido carbâmico (H_2NCOOH). São lipossolúveis e têm ação semelhante aos organofosforados, embora menos tóxicos para os mamíferos. Alguns deles são muito tóxicos para insetos benéficos, como vespas e abelhas. Em relação aos pesticidas organoclorados e organofosforados, os carbamatos são considerados de toxicidade aguda média, sendo degradados rapidamente e não se acumulando nos tecidos gordurosos. Também atuam inibindo a colinesterase em sinapses nervosas. Muitos destes produtos já foram proibidos em vários países devido de seu efeito cancerígeno. O carbamato mais conhecido é o Aldicarb ou chumbinho, que embora seja proibido é comercializado. Pode aparecer em alimentos via degradação do carbossufano em carbofuran. Exemplo: carbaril, carbofuran, dentre outros.

Triazinas: grupo químico de herbicidas que atuam inibindo o processo da fotossíntese nas plantas, sendo absorvidas pelas raízes e translocados para a parte aérea. São bastante tóxicas e persistentes no ambiente, principalmente em leitos ou corpos d'água com grande potencial carcinogênico para o homem. O produto mais utilizado oriundo das Triazinas é o herbicida “atrazina”, sendo mais utilizado mundialmente no controle de ervas daninhas, possuindo amplo espectro de ação, inclusive em plantas de folhas largas. Mais detalhes sobre esse herbicida podem ser obtidos no artigo de Silva *et al.*⁵¹.

A questão dos agrotóxicos, como preconiza Abrasco⁶⁶ deve ser de Segurança Nacional, uma vez que diz respeito à alimentação e saúde pública, e por estarem vinculados de certa forma a critérios internacionais. Mesmo a Convenção de Roterdam, definindo os procedimentos para o comércio internacional de agrotóxicos, é preciso cautela; não se pode aceitar que a todo momento se criem novos produtos (agrotóxicos), cada vez mais agressivos e persistentes, como vem ocorrendo até agora. Sem comentar daqueles agrotóxicos que entram de forma clandestina no Brasil, através dos nossos países vizinhos, o que é ainda comum. Pesquisadores⁶⁷ encontraram Aldrin (que é proibido no Brasil) em águas de rios próximos a fazendas de soja na microregião de Chapadinha-MA.

E quantos (quem) estão intoxicados no Brasil? não sabemos. Na maioria das vezes ocorre inclusive, por contaminação cruzada ou por reúso das embalagens vazias. Infelizmente, ao longo da história muitos se tornaram cúmplices dos fabricantes. Na tentativa de expandir o negócio, dificultam o acesso à informação. De acordo com o Ministério da Saúde, MS⁶⁸, alguns estados, como o Maranhão, ainda não apresentam dados oficiais sobre a quantidade e características dos agrotóxicos usados nas lavouras. Uma das explicações seria a diversidade na aquisição: varejo, atacado e direto com o fabricante.

5.7.2 Produção agrícola

Thomas Malthus, em “Essay on the principles of inhabitants”, de 1798, instigou que o avanço da população ocorreria em PG (Progressão Geométrica) em detrimento da produção de alimentos, que ocorreria em PA (Progressão Aritmética). Esse medo, de que ia faltar alimento, nos levou a utilizar os agrotóxicos, não só na *pré-colheita*, mas também no *pós-colheita*. No Brasil, embora essa produção fosse considerada uma das mais diversificadas do mundo, não conseguia exportar. No caso da fruticultura os produtos deterioravam pela ação de fungos; apodreciam.

Além do uso de herbicidas pré-colheita, os fazendeiros perceberam que a aplicação de fungicidas pós-colheita facilitava o escoamento da produção. Embora avisados por pesquisadores dos efeitos (nocivos) na saúde humana e ambiental de sua aplicação na produção

agrícola, ainda assim, esses fazendeiros usaram e ainda usam, principalmente em monoculturas.

Preciso informar que esses produtos químicos, agrotóxicos, quando em contato com frutas, verduras e hortaliças, não são eliminados por meio da lavagem com água corrente. E mesmo aqueles comercializados como isentos (alimentos orgânicos) devem ser rotulados com certificações ambientais atestando sua isenção. Até porque um tomate contaminado não tem nenhuma diferenciação daquele sem agrotóxico. Por isso, comerciais de TV como: Agro é Pop, devem ser vistos com ressalvas.

A contaminação pode ser direta como no caso de frutas, verduras, hortaliças e grãos; e indireta como no caso de enlatados, incluindo “papinhas de bebê”. E o que fazer em casos de contaminação ? Usa-se diversos antídotos como: “atropina”, que bloqueia efeitos da acetilcolina nos receptores muscarínicos e “pralidoxima”, que reverte a colinesterase; sendo contraindicada para carbamatos. Mais informações sobre o uso desses antídotos podem ser obtidas no sítio: www.antidoto-portugal.org.

Em contrapartida àqueles fazendeiros que insistiam em produzir com agrotóxicos (*pré* e *pós* colheita), surgiram outros que utilizam apenas insumos da terra; conhecida como “agricultura natural”, que pode ser orgânica ou não (Ver item 9.5). Uma alternativa tecnológica usada nessa agricultura, visando evitar contaminações de alimentos por agrotóxico é a utilização de práticas agrícolas seguras. Ferramentas agroecológicas, como o uso de semioquímicos (feromônios), de caldas biológicas e de aleopatia, são eficientes formas alternativas para um manejo integrado das pragas e doenças na lavoura^{69, 70, 71}.

O consumo de alimentos contaminados pode trazer vários males, dependendo do tipo de agrotóxico, da intensidade de ingestão e das características do agente receptor. Os males vão desde problemas gastrointestinais e neurológicos até de mutagenicidade e carcinogenicidade. Os valores de referência LMR (limite máximo de resíduo) e IDA (ingestão diária aceitável) são definidos mundialmente pela FAO, *Food Agricultural Organization*; que é um órgão das Nações Unidas. Entretanto a maioria dos países inclusive o Brasil utiliza dados compilados da EPA, *Environmental Protection Agency*.

Essa agência se encarrega de estabelecer os valores considerados toleráveis já o FDA, *Food Drugs Agency*; é a agência responsável pelo seu cumprimento.

No Brasil o LMR e o IDA são fixados pelo Ministério da Agricultura por meio de portarias publicadas no Diário Oficial. E esses valores de referência são obtidos a partir de dados toxicológicos realizados em adultos. Isto quer dizer que os alimentos contaminados por agrotóxico (ou outro composto químico) são mais preocupantes quando ingeridos por crianças e idosos⁵⁷.

A detecção de resíduos de agrotóxicos em alimentos é realizada preferencialmente por cromatografia. Independente da técnica utilizada, a presença de interferentes como gordura, é um complicador, requer mais tempo e aumenta custo. O termo “resíduos de agrotóxicos” pode ser entendido como o cloro residual na água. O que se analisa é a sobra de cloro após matar os microorganismos. Assim detectamos a sobra do agrotóxico após sua ação. Se o agricultor usar como especificado no receituário agrônômico, preconiza-se que a quantidade residual ficará dentro do estabelecido pela legislação.

O problema dos agrotóxicos reside principalmente no uso indiscriminado, produtos fora do prazo de validade, não autorizados para a cultura, e não atendimento aos intervalos de segurança (entre a última aplicação e a colheita). Esta situação tem promovido um dos maiores gastos com saúde no Brasil, como doenças neurológicas, incluindo depressão e suicídios; doenças degenerativas, incluindo Alzheimer e Parkinson; e doenças terminais, incluindo câncer de pulmão⁶⁶. É importante ressaltar que a presença (mesmo mínima) de agrotóxico em alimentos de uso diário, pode ser fatal para pessoas alérgicas; por mais incrível que possa nos parecer. Daí reside a necessidade de uma maior fiscalização.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) implantou, em junho de 2001, o Programa Nacional de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos em vários estados brasileiros. No primeiro ano foram analisadas 1.295 amostras e em 81% exibiam resíduos de agrotóxicos. Destas, 22% ultrapassavam o LMR. Das que ultrapassaram o LMR, 74% continham agrotóxicos não autorizados. As culturas que apresentaram maior contaminação foram: morango (50% das amostras); mamão (31%) e tomate (27%). Informações mais atualizadas podem ser obtidas no sítio: www.anvisa.org.br.

Capítulo 6. Estocagem de produtos

Neste capítulo, vamos conhecer o que os profissionais da área de segurança chamam de estocagem química e sua importância em nossa vida cotidiana. Como, quando e por quem devem ser executadas essas atividades, bem como realizadas suas manutenções e supervisões. E claro, vamos conhecer como proceder para uma estocagem correta e segura de produtos perigosos, e sua importância para a saúde das pessoas e para o meio ambiente.

6.1 Relevância

Este capítulo é um dos que considero mais importante; não só por discutir um assunto atual que faz parte do nosso cotidiano, mas por trazer informações técnicas imprescindíveis para um profissional que pretende trabalhar com Química Ambiental. Você já deve ter ouvido comentários sobre explosões em casas ou prédios (residenciais ou comerciais), devido ao vazamento de gás, ou mesmo por causa de uma instalação elétrica mal feita? Isso decorre por causa da estocagem e manuseio inadequados, principalmente em ambientes *in door*.

Estas situações domésticas são causadas por atividades cotidianas realizadas sem levar em consideração as exigências dos bombeiros. Já no trabalho o funcionário é obrigado a cumprir as regras do setor de segurança da empresa, caso contrário pode ser demitido por justa causa. As regras e procedimento na estocagem de substâncias são decorrentes de Normas de Segurança relativas ao procedimento de estocagem de produtos químicos perigosos (e não perigosos)⁷².

Essas regras devem ser compulsórias, para evitar transtornos e acidentes com gases em estado liquefeito, visto que estão pressurizados. Em outubro de 2012, o Brasil presenciou dois graves acidentes decorrentes da falta de manutenção e calibração inadequada de cilindros de gás: *i*) a explosão de um botijão de um carrinho de pipoca em uma creche na cidade de Brasília-DF; e *ii*) a explosão de cilindro para enchimento de bexigas em um parque na cidade de São

Paulo-SP. Em ambos os casos foi notória a relevância de se saber manusear e estocar corretamente os produtos químicos seja no estado sólido, líquido e principalmente no gasoso, por causa das altas pressões.

O gerenciamento da dispersão ambiental de substâncias químicas perigosas exige um inventário da qualidade, quantidade, toxicidade, biopersistência e aplicação, tanto daquelas produzidas pelas indústrias locais como importadas. Dentre essas propriedades, a biopersistência ambiental (considerada sinônimo de bioacumulação), relacionada a contaminantes que perduram por mais tempo no organismo; é considerada como uma das mais preocupantes. Como instrumento de controle poderia ser criado um sistema de gerenciamento das substâncias químicas de caráter nacional e coordenados no âmbito da Organização Pan-Americana da Saúde.

Um produto é dito perigoso quando constituir risco para *Homem* e para *Ambiente*. Assim como seus subprodutos e respectivos resíduos. No laboratório de ensino dizemos que tudo é perigoso: o vidro tem a vantagem de ser inerte, mas pode quebrar (risco) e cortar (dano).

A seguir será discutido os procedimentos de segurança para manuseio, armazenamento, transporte e descarte de produtos perigosos usados em laboratórios das empresas. Mas, de antemão, é preciso saber de seus três princípios fundamentais (redução do estoque, segregação adequada e confinamento de produtos), para que possamos iniciar um levantamento a partir deles:

6.1.1 Princípios fundamentais

A palavra redução é bastante significativa na questão da sustentabilidade, lembrando que é um dos três R's (reduzir, reutilizar e reciclar). Portanto, quando desejar evitar problemas de segurança e/ou ambiental, tenha em mente utilizar pouco daquilo que você muito usa; isso serve, não só para sua vida profissional, mas para a pessoal. Diante do exposto o técnico em uma empresa deverá produzir com pouco insumo, isso evitará desperdício e geração de resíduos.

No caso de laboratórios, esses devem ter um sistema ágil de controle de estoque, integrado aos demais laboratórios do departamento e da instituição, se possível, proceder as compras de reagentes segundo as necessidades. Embora isso acarrete um trabalho burocrático maior, subsidiará um armazenamento mais seguro. É imprescindível conhecer todas as informações disponíveis sobre os produtos químicos que serão armazenados, bem como os frascos adequadamente rotulados⁷².

Cabe aqui destacar que algumas empresas estão preferindo usar o termo “inventário” no lugar de “estoque”. O motivo é que na administração de materiais o uso da palavra estoque está associada ao controle de venda⁷³. Em geral, quem estoca material é porque não consegue vender. Mas vamos deixar esta discussão administrativa para outro momento.

O procedimento de segregar (separar) as substâncias evita as incompatibilidades que, em alguns casos, podem até gerar explosões. A separação, segundo as características inerentes às substâncias (oxidantes, inflamáveis, cancerígenas, peroxidáveis etc.), dependendo das dimensões do estoque e do espaço do almoxarifado, poderá ser feita com o uso de estantes ou na forma de “ilhas”. Nas estantes vamos separar as substâncias mais perigosas, onde as famílias de incompatíveis são colocadas na mesma estante, sendo separadas por substâncias inertes. Nas ilhas, vamos separar as estantes com substâncias perigosas, onde as famílias de incompatíveis são armazenadas em estantes distintas, de modo que estejam isoladas por corredores de pelo menos 1 m.

Assim, o visitante saberá que as substâncias dispostas em uma mesma estante não poderão ser juntadas com substâncias de outra estante. E que a disposição das substâncias (a forma de dispor, de colocar) na estante, variará em função da toxidez, do peso ou volume. Durante a segregação também poderemos fazer a “substituição”, isso é, trocar produtos de reconhecida toxicidade por outros menos tóxicos, e equipamentos (e processos) que envolvam riscos por outros menos problemáticos, como por exemplo, solventes e amianto, dentre outros.

O procedimento de isolar ou confinar as substâncias perigosas é atitude de um profissional precavido e prudente. No caso de laboratórios, esses devem ter um sistema ágil e eficaz para confinar tais substâncias, principalmente se exalarem odores ou mesmo gases tóxicos. Por essa razão é recomendável uma atenção especial para produtos inflamáveis, cancerígenos, mutagênicos, mal cheirosos e/ou com alta toxicidade aguda.

Cabe ressaltar que essa etapa dependerá exclusivamente do tipo e característica da substância em questão: produtos cancerígenos/tóxicos ou fatais, neste caso devem ser acondicionados em armário especial, trancado e devidamente sinalizado, e devem ser mantidos em frascos com dupla proteção. Já as substâncias inócuas mal cheirosas, devem ser acondicionadas em armários especiais com ventilação exaustora, que é um sistema consorciado de pressão (+) e pressão (-), ventilação e exaustão, respectivamente.

Em relação ao deslocamento dessas substâncias, é bom lembrar que: apesar da convenção (internacional) de Basiléia, controlar o movimento transfronteiriço de produtos perigosos, incluindo agrotóxicos, ainda assim é comum a entrada de produtos “piratas” em alguns países. No caso particular do Brasil é muito comum encontrarmos produtos químicos ilegais, que entraram de forma clandestina. E, portanto são produtos perigosos que não foram testados pela Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária); o que é bastante temerário.

Mais detalhes sobre armazenamento, transporte e manuseio de substâncias químicas perigosas podem ser obtidos em buscas na Internet e em textos impressos, nesse caso você pode consultar o livro: Estocagem segura em laboratórios de química⁷⁴.

6.2 Sistemas de controle

No que tange aos sistemas de controle, esses devem ser de forma generalizada mas com especificidades, ou seja: um olhar e entender a situação de forma global, “mas saber agir de forma local”.

Daí reside a importância de ter, para um bom sistema de controle, o maior número de informações possíveis sobre as substâncias que serão estocadas, sejam estas perigosas ou não, de acordo com a especificação do produto pelo fabricante.

Outra consideração imprescindível na estocagem de produtos é a característica de incompatibilidade entre substâncias. De repente um determinado produto não pode ficar estocado perto de outro. Mas, como são muitas considerações sobre o tema incompatibilidade, não vou mais entrar em detalhes. Caso você queira mais informações sobre essas substâncias (produtos), visite o sítio: <http://physchem.ox.ac.uk/msds/incompatibles.html>.

No que se refere à presença de sistemas de controle de contaminantes no local de trabalho⁶⁰, o correto é prever esses sistemas no desenho do próprio projeto, seja de laboratórios (no caso de universidades) ou de salas de processos e de operação (no caso de indústrias). Em relação à logística e recursos humanos, o ideal é que as pessoas que trabalham no laboratório façam cursos de capacitação. Em relação ao manuseio e traslado de substâncias perigosas a equipe de trabalho deve fazer em condições controladas, por meio do uso de técnicas adequadas de manuseio de materiais e produtos químicos, contando sempre com os equipamentos e instalações necessários.

O manuseio, bem como o deslocamento e descarte de solventes orgânicos, devem ser executados se, e somente se, houver conhecimento sobre os procedimentos analíticos das operações e dos processos. O local de execução deverá ser delimitado e sinalizado, principalmente no caso de sistemas de extrações, de destilações e de refluxos. Além disso, dependendo da atividade, o profissional utilizará EPI, equipamentos de proteção individual ou EPC, equipamentos de proteção coletiva.

Cabe aqui lembrar que esse profissional, dependendo do grau de risco laboral, poderá ter aumentos salariais. De acordo com a NR 15, são consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que se desenvolvem acima dos limites de tolerância previsto no anexo 11 (Agentes Químicos). O exercício nessas condições assegura adicional

sobre o salário equivalente a 40% para atividades de grau máximo, 20% médio e 10% mínimo. O adicional de Periculosidade tem valor fixo de 30%, enquanto o de Penosidade, dependerá da atividade. Esses valores (%) são definidos por médicos do trabalho e engenheiros de segurança. Alguns agentes químicos podem ter seu limite de tolerância (LT) como valor teto (VT), nesse caso não podem ser ultrapassados durante a jornada de trabalho. Outros agentes cujo LT podem ser ultrapassados deverão ter seu VT calculado ($LT \times \text{Fator}$). Já o nível de ação, é um valor em que medidas devem ser tomadas para que a [agente] $<LT$, embora sem danos, o LT não pode ser ultrapassado. De acordo com a NR 3, concentrações no VT colocam o trabalhador sob grave risco e possibilidade de danos. Mas não vamos aqui entrar em detalhamento.

6.2.1 Informação

É bom lembrar que, conforme já comentado, a socialização da informação (verídica e correta) é ferramenta imprescindível para evitar transtornos ao executarmos uma estocagem adequada de produtos perigosos. Pode-se dizer que a informação seja ela escrita, falada ou visual, é uma das técnicas mais utilizadas, mas também a mais negligenciada, no controle da contaminação ambiental. Essa situação decorrente do mal uso/manuseio de substâncias perigosas.

Um dos instrumentos mais usuais e eficientes para a socialização da informação sobre produtos perigosos é a realização de treinamentos de forma periódica: cursos/palestras; uso de sinalização, cartazes e indicações de segurança, acessíveis para todos os que trabalham no laboratório (empresa ou indústria) e a preparação de protocolos de atuação para as diversas atividades desenvolvidas.

As medições dos agentes químicos no local de trabalho é feita por meio de metodologias e padrões nacionais, que seguem as NHO, normas de higiene ocupacional. E caso estejam elevadas, usa-se a matriz GUT: Gravidade, avaliada pelos impactos causados e efeitos;

Urgência, avaliada de acordo com a exposição ao agente; Tendência, avaliada por meio do dano ou risco nas pessoas. Já a prioridade (P) é dada pelo produto: $G \times U \times T$. Sobre estocagem, manuseio e transporte de produtos químicos, além da ordem, limpeza e higiene no local; usar a Convenção de Roterdam, procedimento de consentimento prévio informado para o comércio internacional de substâncias químicas perigosas, é importante.

Para consolidar as informações vamos destacar algumas características das instalações físicas que devem estar presentes nos projetos de construção de laboratórios, seja de empresas ou de universidades: As estantes devem ser de metal (com fio terra) ou alvenaria, materiais indicados para a maioria dos produtos. Para os corrosivos as estantes metálicas não são adequadas; é recomendável que tenham um anteparo evitando transbordamento de líquidos para outra prateleira no caso de derramamento. O sistema de “gavetas” também é interessante; devem ter no máximo 2m de altura e devem estar bem fixadas seja no piso, teto ou parede. Os armários devem ser protegidos e especiais para inflamáveis, devem ter RF-15 (resistência ao fogo de 15min.), pelo menos. Ter prateleiras com barreira de contenção; ser “aterrados” e adequadamente sinalizados; devem ter rede corta-chamas e exaustão.

O sistema de refrigeração deve ser específico e não são recomendados refrigeradores comuns (domésticos) para armazenamento de produtos voláteis como éter etílico e outros solventes; câmaras frias devem ter ventilação exaustora e iluminação à prova de explosão (os comandos devem ser externos).

Já os sistemas de ventilação ou exaustão podem ser instalados concomitantemente ou não; vai depender do estoque e do tipo de substância armazenada. Diferente do exaustor, o ventilador poderá ser natural ou forçado e deverá ser ligado pelo menos 10 minutos antes da entrada no local. A quantidade de exaustores e ventiladores vai depender da área do estoque ou do inventário (almoxarifado), ou mesmo do tamanho do laboratório.

Sobre o piso, esse deve ser sempre de revestimento antiderrapante e que não acarrete em eletricidade estática com drenagem para caixa de contenção. Outra consideração pertinente é sua apresentação visual, que não tem nada a ver com estética ou decoração, mas com segurança. Se o piso for muito escuro ou com muitos desenhos-detralhe, poderá dificultar na visualização de presença de contaminantes.

6.2.2 Pictogramas

Durante o manuseio e estocagem de produtos químicos perigosos, toda informação é bem-vinda. Diante disso, o uso de metodologias como da "pictografia", que é o uso de imagens visuais como forma de socializar a informação, é uma das ferramentas mais eficazes e comumente utilizadas no mundo.

Essas imagens (pictogramas) são cosmopolitas e regidas pela NR26, sinalização de segurança.

Alguns exemplos de pictogramas usados na área de segurança de produtos perigosos (inflamáveis, tóxicos, infectuosos, corrosivos), seja na sua estocagem, ou no seu transporte, podem ser visualizados ou baixados, via download no sítio: www.qualysigns.com.

Existem alguns pictogramas que contêm somente imagens, e outros já apresentam conjuntamente imagens e palavras que, em geral, estão em Inglês, por se tratar de uma língua internacionalmente conhecida. Para aqueles que desejarem se aprofundar e ter mais conhecimento sobre a temática da segurança no trabalho, é recomendável o acesso a diversos materiais disponíveis em bibliotecas universitárias e em sítios na Internet.

Como vimos, o uso de pictogramas é uma estratégia eficaz na socialização da informação e, com isto, poderemos evitar acidentes. A vantagem dos pictogramas é o uso de imagens em vez de textos, o que facilita o *feedback* com o trabalhador. Nesse sentido, será comentado

sobre um pictograma de suma relevância no setor de segurança, que é o losango das substâncias perigosas, apresentado na figura 3.

Esse pictograma foi fornecido pela primeira vez pela NFPA, *National Fire Protection Agency*; a Agência Americana de Proteção ao Fogo, informando o grau de nocividade para uma dada substância: como sendo de alta, média e baixa nocividade.

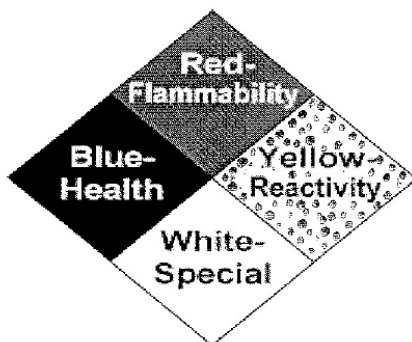


Figura 3. Pictograma da Agencia Nacional de Proteção ao Fogo *NFPA*.

Nessa sinalização da NFPA, o *Red Flammability*, o *Blue Health*, o *Yellow Reactivity*, e o *White Special*, representam, respectivamente as cores vermelha, azul, amarela e branca.

O vermelho, *Red* representa a inflamabilidade (o nível 4,0 significa que é extremamente inflamável; o 3,0 que é líquido inflamável, *flash point* < 38 °C; o 2,0 que é líquido inflamável 38 °C < *flash point* < 98 °C; o 1,0 que é combustível, se aquecido; e o 0,0 que não é inflamável).

O azul, *Blue* representa a toxicidade (o nível 4,0 significa que pode ser fatal em exposição curta; o 3,0 que pode ser corrosivo ou tóxico; o 2,0 que pode ser nocivo, se inalado ou absorvido pela pele; o 1,0 que pode ser irritante; e o 0,0 que não tem nenhum risco específico).

O amarelo, *Yellow* representa a reatividade (o nível 4,0 significa que o material é explosivo a temperatura ambiente; o 3,0 que é sensível a choque, calor ou água; o 2,0 que é instável ou reage violentamente com água; o 1,0 que pode reagir, se aquecido ou misturado com água, mas não violentamente; e o 0,0 que é estável).

Por fim, o branco, *White* representa as informações especiais (o *W*, significa que reage com água; *Air*, que reage com ar; *Oxy*, que é oxidante; *P*, que é polimerizável; e *PO*, que é peroxidável).

No final deste tópico, queria dizer a você, meu caro leitor, que: ter curiosidade sobre as substâncias que estocamos e manuseamos em nossas casas é muito importante para a prevenção de danos à nossa saúde. Nesse mesmo contexto, quando nos referimos àquelas substâncias potencialmente tóxicas com as quais entramos em contato no trabalho e com aquelas notoriamente tóxicas que manipulamos, quase diariamente nos laboratórios de ensino ou de pesquisa.

Por isso o conhecimento técnico sobre estocagem de produtos também pode ser considerada como uma das premissas para a busca da tão sonhada qualidade de vida e, por conseguinte, qualidade ambiental.

6.3 Armazenagem

Queria iniciar, dizendo que: para armazenar você deve conhecer. De acordo com ONU, os Produtos Químicos Perigosos estão dispostos em nove Classes: 1.Substâncias explosivas; 2.Gases tóxicos (inflamáveis, oxidantes, não inflamáveis, altamente refrigerados e comprimidos); 3.Líquidos inflamáveis; 4.Sólidos inflamáveis (substâncias sujeitas à combustão espontânea e perigosas quando molhadas); 5.Substâncias oxidantes (peróxidos orgânicos); 6.Substâncias tóxicas (infectantes); 7.Substâncias radioativas; 8.Substâncias corrosivas; e 9.Substâncias perigosas (diversas).

E, também, dizer que o local usado para armazenagem desses produtos deve ser um almoxarifado; sejam esses perigosos ou não. Esse ambiente, por sua vez, deverá ser construído com dimensões adequadas a necessidade; com pelo menos uma de suas paredes voltadas para a área exterior do prédio, para que fique em contato com o ar; com janelas na parede voltada para o exterior, e com porta ampla para o acesso do Corpo de Bombeiros.

O almoxarifado, deve possuir: saída de emergência bem localizada e sinalizada; sistema de exaustão, no nível do teto para retirada de vapores

leves e no nível do solo para retirada dos vapores mais pesados; refrigeração ambiental caso a temperatura ambiente ultrapasse a 38°C; iluminação feita com lâmpadas à prova de explosão, ou com característica similar; extintores de incêndio com borrifadores e vasos de areia; e prateleiras espaçadas, com trave no limite frontal para evitar a queda dos frascos.

Sobre a estocagem de produtos gasosos, queria lhe informar que: os cilindros de gases devem ser armazenados em área coberta, sem paredes, bem ventilado; em posição vertical, amarrados com corrente e observando a compatibilidade entre eles. A rede elétrica na circunvizinhança desses cilindros deve ter, por sua vez, uma inspeção periódica.

O armazenamento de sólidos e, principalmente dos líquidos, deve ser feito sempre em almoxarifado. No laboratório só é permitido em pequenas quantidades, portanto deve ser somente para quantidades limitadas. Lembrando que os armários devem ser de material não combustível, portas (preferencialmente) em vidro para possibilitar visualização do conteúdo. O conforto ambiental deve ser por arejamento, mas em cidades quentes, quando a temperatura chegar aos 38°C, a refrigeração com ar condicionado ou climatizador deve ser usada. Para laboratórios de ensino, chamados de multiuso, deve ser feita limpeza periódica dos filtros.

Ratificando, principalmente a nós *Químicos*: todo o laboratório deve possuir um sistema de identificação das substâncias armazenadas, como por exemplo um sistema de fichas contendo informações a respeito da natureza das substâncias, volume, incompatibilidade química, dentre outras. Esse procedimento deve ser feito no almoxarifado, embora mais criterioso para aqueles reagentes em uso; já que os novos, por estarem lacrados, a preocupação é menor.

6.3.1 Peculiaridades

Devido as propriedades químicas dos reagentes quando estocados de forma inadequada (tampa semi fechada), podem produzir gases tóxicos ou, mesmo inflamáveis; podendo reagir entre si, as vezes de modo

violento, podendo resultar em explosão. Por essa razão, toda e qualquer atividade que necessite de transporte, do armazenamento, da utilização (manuseio) ou do descarte devem ser executados de tal maneira que as substâncias não entrem acidentalmente em contato com outras que lhes são incompatíveis.

Esses reagentes devem ser armazenados por similaridade/família e em distância mínima de um metro entre as famílias. Os compostos corrosivos, como ácidos inorgânicos, bases e mais potencialmente perigosos devem ser armazenados sempre na parte inferior da bancada (prateleira). O mesmo deve ser feito com os produtos inflamáveis e explosivos, os quais devem manter distância dos oxidantes. Os sais podem ser armazenados por família (cloretos, fluoretos, sulfatos, fosfatos, nitratos), o que facilita sua localização. No caso dos fluoretos, por corroerem vidros e porcelanas, deve-se armazená-los em frascos de plástico. Veja um caso representado na cena da banheira no seriado *Breaking Bad* (www.amctv.com).

Os compostos de natureza redutora (por exemplo, acéticos e oxálicos), devem estar separados daqueles de natureza oxidante (como nítrico, sulfúrico e perclórico). O ácido perclórico, por sua vez, não deve ser armazenado em prateleiras de madeira conforme os demais. Sendo muitos reagentes fotossensíveis, deve-se evitar incidência de luz diretamente sobre os mesmos, e as prateleiras metálicas devem ser aterradas com um condutor, minimizando descargas estáticas.

Alguns reagentes líquidos, geralmente solventes, são inflamáveis, requerendo o seu armazenamento em locais de baixas temperaturas, o que deve ser feito em refrigeradores à prova de explosão. É o caso, por exemplo, do éter etílico, apesar de poder ser encontrado sem maiores precauções na maioria dos laboratórios.

Uma perigosa classe de produtos é a dos peroxidáveis, que podem formar peróxidos com a presença de oxigênio, e que são explosivos sob aquecimento, choques mecânicos ou apenas atrito. O grupo peróxido pode ser encontrado no tetrahidrofurano (THF), por exemplo. Tais produtos devem ser acondicionados em frascos pequenos, para consumo em menor

tempo, assim como em locais frescos e escuros. No caso de surgirem alterações no produto, deve-se descartá-lo devidamente, e jamais em conjunto com outros produtos químicos.

Sobre os acidentes envolvendo produtos químicos perigosos, queria fazer um comentário: evite se aproximar do local, jamais toque ou ande sobre as substâncias derramadas; podem ser corrosivas ou podem reagir violentamente com a água. Mantenha uma distância segura para evitar a inalação de gases ou vapores. Lembre-se, determinadas substâncias são nocivas à saúde, mesmo em pequenas concentrações; têm ainda aquelas que, infelizmente, são imperceptíveis ao nosso olfato, podendo nos contaminar sem percebermos.

Cabe aqui lembrar que muitas vítimas do incêndio da Boate Kiss (Santa Maria-RS) morreram dias após o incêndio, não por causa de queimaduras, mas por causa da inalação de fumaça. Por isso, em casos de acidentes (com fogo ou não), os feridos devem ser atendidos por pessoal qualificado e com uso de equipamentos apropriados para este fim. As primeiras horas de atuação são fundamentais para evitar sua extensão e severidade. A agilidade na comunicação de sua ocorrência aos órgãos competentes: é essencial.

6.4 Ações de resposta

De acordo com o Conasq²⁸ as ações decorrentes de acidentes com produtos químicos precisam ter uma *resposta imediata*. Devem iniciar em até 2 horas após a ocorrência, ou após sua notificação junto aos serviços de saúde. Essa informação sobre o acidente, seja em estabelecimento fixo ou durante atividades e serviços, pode ser feita pela autoridade pública competente, ou por qualquer cidadão. Isso facilitará a adoção de medidas para mitigar os efeitos desse acidente para a saúde da população e para o meio ambiente.

Além do risco decorrente da produção, manipulação e circulação de produtos químicos perigosos, o processo de expansão urbana contribui para ampliar a possibilidade de exposição da população humana.

O Plano Nacional de Prevenção, Preparação (PP) e Resposta Rápida (RR) a acidentes com produtos perigosos conhecido como P2R2 ,vem ao encontro dessa preocupação. Devido a grande quantidade desses produtos utiliza-se, em geral, a lista do CAS, o Chemical Abstract Service. Esse plano, P2R2, é um esforço integrado entre os vários níveis de governo, o setor privado, representações da sociedade civil e demais partes interessadas na busca por um modelo de desenvolvimento que tenha sua sustentabilidade fundamentada na segurança química.

No âmbito governamental, o compartilhamento das responsabilidades proporciona um tratamento mais eficaz e exitoso. Dessa forma, o P2R2 é direcionado para o aperfeiçoamento do processo de prevenção, preparação e resposta rápida a emergências ambientais com produtos perigosos, nos três níveis de governo.

Para consolidar essas ações o Ministério de Meio Ambiente, por meio da Portaria nº 393/2003 instituiu 4 GTs, isto é, grupos de trabalho que atuaram diretamente na ação:

i) Mapeamento de Áreas de Risco, visa elaborar proposta técnica para a identificação, caracterização e mapeamento de áreas/atividades que apresentem risco de ocorrência de acidente;

ii) Banco de Dados, visa elaborar proposta técnica para o desenvolvimento, manutenção e atualização de banco de dados sobre vários temas pertinentes à matéria, que darão sustentação estratégica e operacional ao P2R2;

iii) Desenvolvimento Estratégico, visa planejar de modo estratégico o desenvolvimento do P2R2, de modo a orientar os processos decisórios referentes a sua implantação e manutenção; e

iv) Recursos Financeiros, visa identificar fontes de recursos financeiros nacionais e internacionais que poderão ser acessadas e indicar alternativas viáveis para suprimento de recursos financeiros na implementação e operacionalização do P2R2.

6.5 Regulamentações (NBR)

Neste item queria fornecer a você algumas regulamentações direcionadas a estocagem de produtos. São essas normas que gerenciam e, por conseguinte, dificultam (também) o acesso aos produtos perigosos. Caso tenha interesse, sugiro de novo: assista o seriado *Breaking Bad*. Lá, você vai ver o estrago que um professor de química pode causar quando furta substâncias de um almoxarifado.

Além de gerenciar o acesso, aos produtos químicos, essas normas (regulamentações) também regulam seu deslocamento. Como, por exemplo a Norma Brasileira Regulamentadora NBR 7500, que discute o transporte de produtos; no caso o deslocamento terrestre de combustíveis e de corrosivos.

Essa norma (7500) é responsável pela identificação do transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Ela estabelece a simbologia convencional e o dimensionamento, a serem aplicadas nas unidades de transporte e nas embalagens, a fim de indicar os riscos e os cuidados que devem ser adotados no transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento, de acordo com a carga.

Estabelece, ainda as características complementares ao uso dos rótulos de risco, dos painéis de segurança, dos "rótulos especiais" e dos símbolos de risco e de manuseio, bem como a identificação das unidades de transporte e o emprego de rótulos nas embalagens de produtos perigosos, discriminados na Resolução nº 420 da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres).

Dessa regulamentação derivam-se outras, como: NBRs 7501. Transporte Terrestre de Produtos Perigosos; 7502. Terminologia dos termos empregados no transporte terrestre de produtos perigosos; 7503. Ficha de Emergência e Envelope para o Transporte terrestre de Produtos Perigosos. Além de outras séries como:

9735. Conjunto de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos; estabelece o conjunto mínimo de equipamentos para emergências nas operações de transporte do veículo, equipamentos para sinalização, isolamento da área de ocorrência.

10271. Conjunto de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de ácido fluorídrico; especifica o conjunto mínimo de equipamentos que devem acompanhar o transporte rodoviário de HF (ácido fluorídrico) para atender às situações de emergência, acidente ou avaria.

12982. Desvaporização de tanque para o transporte terrestre de produtos perigosos da Classe de Risco 3, líquidos inflamáveis. Fixa os requisitos mínimos exigíveis para a desvaporização de tanque para transporte terrestre desses produtos.

13221. Transporte terrestre de resíduos; especifica os requisitos para o transporte terrestre de resíduos, de modo a evitar danos ao meio ambiente e a proteger a saúde pública.

14064. Atendimento de emergência no transporte de produtos perigosos; estabelece os requisitos mínimos para orientar as ações básicas a serem adotadas por entidades ou pessoas envolvidas direta ou indiretamente em situações de emergência.

14095. Área de estacionamento para veículos rodoviários de transporte de produtos perigosos; estabelece os requisitos de segurança mínimas exigíveis para as áreas de estacionamento para veículos rodoviários de transporte de produtos perigosos, carregados ou não descontaminados.

14619. Transporte terrestre de produtos perigosos e incompatibilidades; estabelece os critérios de incompatibilidade química a serem considerados no acondicionamento e no transporte terrestre de produtos perigosos.

14848. Transporte de produtos para consumo humano ou animal; estabelece a identificação do tipo de equipamento (tanque e contêiner) que transporta o produto.

14980. Tanque para transporte rodoviário de produtos líquidos a granel destinados ao consumo humano ou animal; especifica os requisitos necessários ao tanque para transporte rodoviário.

15480. Plano de Ação de Emergência (PAE) no atendimento a acidentes; estabelece os requisitos mínimos para orientar a elaboração

de um PAE no atendimento a acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos.

15481. Tópicos de segurança; estabelece os requisitos operacionais mínimos para o transporte rodoviário de produtos perigosos referentes à saúde, segurança, meio ambiente e qualidade, sem prejuízo da obrigatoriedade de cumprimento da legislação e normas vigentes.

15589. Cofre de carga fabricado em plástico; estabelece os requisitos mínimos e métodos de ensaio para cofres de carga fabricados em plástico, destinados ao transporte e distribuição de produtos.

Vejam, agora, as principais NBRs relacionadas com o armazenamento e com o manuseio de produtos perigosos:

7820. Segurança nas instalações de produção, armazenamento, manuseio e transporte de etanol; fixa condições mínimas exigíveis de segurança a que devem satisfazer as instalações de produção, armazenamento, manuseio e transporte de etanol.

9843. Armazenamento, movimentação e gerenciamento de agrotóxicos e afins em armazéns, depósitos e laboratórios; estabelece os requisitos exigíveis para o armazenamento adequado de agrotóxicos, visando preservar a qualidade do produto, bem como a prevenção de acidentes.

12235. Armazenamento de resíduos sólidos perigosos; fixa as condições exigíveis para o armazenamento de resíduos sólidos perigosos de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente.

13295. Distribuição, manuseio e transporte a granel de Cloro líquido; deve ser feita em cilindros grandes, cilindros pequenos e tanques estacionários de distribuição, abrangendo produtor, distribuidor e consumidor.

14253. Manipulação em áreas portuárias de cargas perigosas; estabelece um procedimento de segurança para a manipulação dessas cargas nos portos. Aplica-se à entrada e permanência de cargas perigosas tanto na embarcação quanto na terra; é aplicável a qualquer embarcação que atraque num porto independentemente de sua

bandeira, excetuando-se os seus paióis e equipamentos, e excluindo-se os navios de transporte de tropas e de guerra.

14725.Ficha de informações de segurança de produtos perigosos (FISPQ); apresenta dados para a elaboração e preenchimento da ficha, definindo: o modelo da FISPQ; as 16 seções; a numeração e sequência das seções; as informações a serem preenchidas na FISPQ e as condições de utilização.

15512.Armazenamento, transporte, abastecimento e controle de qualidade de biodiesel e/ou mistura óleo diesel/biodiesel; estabelece os requisitos e procedimentos para o armazenamento, transporte, abastecimento e controle de qualidade de biodiesel e/ou mistura óleo diesel/biodiesel.

E, por fim a NBR 17505, que normatiza o armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis; subdividindo-se em: 1ª, Define os termos utilizados e as disposições gerais aplicáveis às diversas partes componentes da 17505, que tem como objetivo geral fixar os requisitos exigíveis para os projetos de armazenamento, manuseio e uso de líquidos inflamáveis e combustíveis, incluindo os resíduos líquidos. 2ª, Fixa os requisitos exigíveis para projetos de instalações de armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, contidos em tanques estacionários, com capacidade superior a 450L, à pressão manométrica igual ou inferior a 103,4kPa (15 psig), medida no topo do tanque. 3ª, Estabelece os requisitos para os sistemas de tubulações de instalações de armazenamento, manuseio e uso de produtos inflamáveis ou combustíveis. 4ª, Prescreve os requisitos para o armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis nas seguintes condições: tambores ou outros recipientes que não excedam 450L em sua capacidade; tanques portáteis intermediários para granel, com capacidade acima de 450L e que não excedam 5.000L nas transferências eventuais entre recipientes. 5ª, Aplica-se a operações que envolvam o uso ou o manuseio de líquidos inflamáveis e combustíveis, tanto como atividade principal como eventual. 6ª, Aplica-se às áreas onde líquidos de classe I, de classe II ou de classe III são armazenados ou manuseados, em temperaturas iguais ou acima de seus pontos de fulgor, mesmo que

eventualmente. 7ª, Fixa as exigências mínimas para os sistemas de combate a incêndio com água e com espuma, destinados à instalações de armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, contidos em tanques estacionários com capacidade superior a 450L, à pressão igual ou inferior a 104 kPa.

Cabe lembrar que, o transporte de produto químico ocorre predominantemente pelas rodovias do país, mas também são utilizados os transportes ferroviários e hidroviários (em menor escala). Em São Paulo, circulam mais de 3 mil produtos perigosos: líquidos inflamáveis, corrosivos, explosivos, gases e materiais radioativos.

O trabalho preventivo no manuseio e armazenamento de produtos perigosos, visando práticas prudentes no presente e no futuro, ajudam a prevenir situações desagradáveis com a comunidade circunvizinha e com seus clientes, no caso: centro de pesquisas, universidades e indústrias. Quando armazenados corretamente, produtos fitossanitários oferecem pouco risco à saúde das pessoas e ao meio ambiente. As informações a seguir são essenciais para manter estes riscos em níveis bem reduzidos.

6.6 Produtos fitossanitários

A comercialização de produtos fitossanitários, como (agrotóxico), por ser considerado um produto perigoso, é regida pelo Decreto 4.074/02. Esse dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de seus componentes e afins.

As responsabilidades administrativa, civil e penal pelos danos causados à saúde das pessoas e ao meio ambiente, em função do descumprimento do disposto na legislação, recairão sobre: i) o registrante que omitir informações ou fornecê-las incorretamente; ii) o produtor, quando utilizar esses compostos em desacordo com as especificações constantes do registro ou não destinar corretamente as embalagens

vazias; iii) o profissional que prescrever a utilização de produtos e afins em desacordo com as especificações técnicas; iv) o comerciante, quando efetuar a venda sem o respectivo receituário, em desacordo com sua prescrição ou com as recomendações do fabricante e dos órgãos registrantes e sanitário-ambientais; v) o usuário ou prestador de serviços, quando proceder em desacordo com as recomendações do fabricante ou dos órgãos sanitário-ambientais; vi) as entidades públicas ou privadas de assistência técnica que promoverem atividades de experimentação ou pesquisa em desacordo com a legislação.

No que tange ao transporte, é importante ter conhecimento de todos os aspectos relativos ao transporte desses produtos. Para essa finalidade existe uma legislação que deve ser seguida. O transporte de agrotóxicos por rodovias é regulamentado por legislação específica e é fiscalizado pela polícia rodoviária. Em todas as fases do transporte, deve-se garantir com absoluta segurança a integridade dos produtos para evitar que o trabalhador fique exposto.

A intoxicação pode ser: aguda (sintomas surgem algumas horas após a exposição excessiva, por curto período), subaguda (surgem semanas após a uma exposição moderada) e crônica (surgem meses ou anos, após exposição moderada). Essas, não são reflexo de uma simples exposição; vários fatores participam como características: do produto (toxicologia, forma de apresentação, estabilidade, solubilidade, etc.), do indivíduo (idade, sexo, peso, estado nutricional, conhecimento sobre os efeitos e medidas de segurança) e da exposição (condições laborais, frequência, dose e formas de contato). Por isso o quadro clínico é de difícil diagnóstico. Cabe ao agricultor solicitar a ficha de emergência dos produtos que orienta quanto às providências e cuidados em caso de acidentes.

A comunicação de exposição a esses produtos deve ser realizada à autoridade de saúde por qualquer cidadão. De acordo com a Portaria N° 1.271/2014, a notificação compulsória imediata deve ser realizada pelo profissional de saúde que prestar o primeiro atendimento. A autoridade de saúde que receber a notificação deverá informá-la às demais esferas

da gestão em saúde. Essas garantirão o sigilo das informações pessoais, mas divulgarão os dados da notificação para os órgãos de controle social.

Sobre o destino final de embalagens vazias, existem normas específicas; mas o descarte inadequado ainda é corriqueiro, agravado pela reutilização das embalagens. Situação que facilita contaminações, principalmente quando usadas para acondicionar água ou grãos. Por isso os quadros sintomatológicos, são confusos, levando a anamneses e tratamentos equivocados. Uma varredura de exames de sangue (plasma ou eritrócitos) na pessoa exposta, pode evitar erros nos diagnósticos.

Embora a Lei Estadual 8521 de 2006 disponha produção, transporte, armazenamento, comercialização, utilização e destino final dos resíduos e embalagens vazias, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins; o Maranhão ainda carece de informações oficiais sobre esses produtos fitossanitários (agrotóxicos).

Em suma, para um bom cuidado na estocagem de qualquer produto (perigoso ou não), deve-se: *i*) não armazenar embalagens abertas, danificadas ou com vazamento; *ii*) armazenar as embalagens sobre paletes para evitar o contato direto com o piso do depósito; *iii*) armazenar as embalagens contendo produtos líquidos sempre com a tampa voltada para cima; *iv*) dispor as embalagens de forma a permitir facilidade de manuseio e que na pilha haja somente embalagens iguais; *v*) efetuar um controle de validade para evitar o vencimento, de tal forma que a primeira mercadoria a entrar seja a primeira a sair.

Depois de conhecermos as normas de manuseio e transporte dos produtos químicos perigosos, vou lhe apresentar alguns procedimentos realizados por profissionais da saúde objetivando “re-conhecer” aquele trabalhador que realiza atividades laborais de risco.

As ações de Vigilância em Saúde do Trabalho (Visat) abrangem: identificação, notificação (registro) e análise dos agravos à saúde relacionados ao labor e o estudo dos fatores de risco, dos determinantes e condicionantes da saúde presentes nos processos produtivos existentes. Essas ações têm como finalidade eliminar os riscos; ou, diante da impossibilidade, minimizar suas consequências sobre a saúde do trabalhador.

No modelo tradicional de vigilância, as situações de risco se articulam com os agravos e desfechos de saúde. O reconhecimento desses trabalhadores continua nos chamados “procedimentos de acolhimento”, nas consultas médicas ou mesmo nas visitas em domicílio. A coleta de informações (anamnese ocupacional) desse trabalhador, permite conhecer mais sobre sua atividade atual e pregressa, de modo a qualificar suas simatologias, por meio de queixas e quantificá-las por meio de doenças adquiridas pelo trabalho que executa (ou executou) em outra empresa.

Esta anamnese ocupacional é essencial para orientar as ações de saúde em nível individual, e para a construção do Projeto Teraupêutico Singular (PTS), *que não vamos aqui entrar em detalhes*. Ouvir o trabalhador relatando suas atividades laborais, da sua percepção sobre os efeitos do labor sobre sua saúde (e vida), é fundamental para que ele entenda como o corpo reage ao (e no) trabalho.

De acordo com a Portaria GM/MS Nº 205/2014, a Lista Nacional de Doenças e Agravos incluem: desde Câncer ocupacional até Transtornos psicológico-neurológicos. Mas a associação dessas doenças com o uso de produtos fitossanitários, bem como as notificações pelo Ministério da Saúde ainda são muito baixas. *Como provar que minha doença foi consequência desses produtos?* uma possibilidade é o que chamamos de “evento sentinela”, toda vez que um trabalhador tiver um “mal estar”, o sistema de vigilância deve ser acionado para que seja avaliado e medidas possam ser implementadas.

É imprescindível, tanto em nível Municipal quanto Estadual, que as Secretarias de Saúde tenham: infra estrutura adequada, uma boa logística e um número mínimo de funcionários. Só assim, os municípios poderão *de forma efetiva* implementar a Política Nacional de Saúde do Trabalhador e da Trabalhadora.

Capítulo 7. Gestão ambiental

Neste capítulo, que em alguns momentos é similar ao ramo da administração e do direito, vamos conhecer a abrangência da gestão ambiental. Entender a política ambiental e suas nuances, bem como algumas considerações sobre as questões legais. Claro que assunto como o lixo, que é um dos maiores gargalos ambientais, decorrente do aumento populacional e do crescimento das cidades, não poderia ficar de fora.

7.1 Questões do ambiente

Antes, queria diferenciar *gestão* de *gerenciamento*, que alguns acreditam serem iguais. O termo *gestão*, embora usado por várias áreas do conhecimento, iniciou na Administração. Para implantarmos de forma exitosa uma Gestão Ambiental devemos, compulsoriamente, ter uma Política, um Planejamento e um Gerenciamento. Portanto, no processo de *gestão*, inclui-se o *gerenciamento*.

Sobre, as questões ambientais aqui no Brasil, ressalvadas algumas exceções, infelizmente alicerçam-se muito mais em elaborar uma legislação do que cumpri-la. A cultura brasileira ainda é pródiga em elaborar leis e pouco eficaz em executá-las. Talvez isto explique a raridade do governo de iniciar uma Política, antecedida por Planos, Programas, Projetos e suas respectivas metas.

Embora a Política Ambiental competência do Estado, a participação popular é imprescindível. Mas por ter uma reduzida presença da sociedade civil na sua execução, não é bem consolidada. Por isso, os órgãos ambientais governamentais frequentemente sujeitam-se mais aos interesses partidários-empresariais do que na qualidade do ar, da água, do solo e da biodiversidade. Lamentavelmente, muitos órgãos são criados mais como instrumentos de defesa das pressões internacionais do que na defesa da saúde pública e do ambiente.

Nos dias de hoje, em que a degradação do meio ambiente é um tema constante nos noticiários do país e do mundo. Alguns pesquisadores já salientam que, uma das mais relevantes causas pode

ser atribuída ao uso inadequado do meio pelo homem. Apesar de toda sua racionalidade, ele (nós) não levou em consideração as condições naturais do solo, da água e do ar, durante seu processo de ocupação e desenvolvimento. Diante disso, só tomou (tomamos) consciência, por meio de ONG'S, dos centros de pesquisa, e universidades e da sociedade organizada. Esse mesmo homem procura agora respostas para esse problema.

É bom ressaltar que o desenvolvimento de um povo está vinculado a sua relação harmoniosa (e não odiosa) com as condições ambientais. Quanto mais apropriada forem essas condições e/ou características maior e melhor será seu grau de estabelecimento. Portanto, para a compreensão do crescimento de uma região, tornar-se imprescindível que se conheçam essas características e suas interações. Desta forma, fica evidente que o homem não está inserido (e nunca se inseriu) ao acaso numa determinada região, ele está ali por causa das condições naturais: “animais racionais não podem ser nômades”.

Para uma gestão ambiental não tem outra saída a não ser buscar os fundamentos nos conhecimentos científicos sobre a natureza como potencial para o desenvolvimento sustentável, adotando a análise multicriterial do uso da terra e da água. E para aqueles ambientes já degradados, onde a ação humana já foi feita, temos uma nova ciência, mas nem tão recente, que é a chamada Recuperação de Áreas Degradadas (RAD), também, como esperado, formada por pesquisadores multidisciplinares.

O principal instrumento que agilizou o desenvolvimento de projetos ambientais, ainda que precário foram as entidades multinacionais de créditos. Mas, atualmente, com a carência de tomadores de crédito no mercado internacional, lamentavelmente percebe-se uma flexibilização negativa nas exigências ambientais para aprovação destes projetos. As deficiências na estrutura operacional para o controle das fontes de poluição (pontuais, difusas, fixas ou móveis), a carência de recursos humanos, a fragilidade de tecnologia disponível, muitas vezes transformam esta fundamental atividade

em sinônimo de ecologia utópica e não de medidas para mitigar os impactos adversos no ambiente. Portanto, é comum encontrar nas dependências dos órgãos competentes uma enorme quantidade de leis e propagandas sobre proteção da natureza, mas, na maioria das vezes, não existe ações concretas para protegê-la.

As ações de controle ambiental das fontes de contaminação, para se desenvolverem, devem se apoiar em Planos, Programas e Projetos. Essas precisam estar dimensionadas com recursos financeiros-humanos e previsão de disponibilidade tecnológica em função dos prazos desejados e metas a alcançar. O controle da dispersão ambiental das substâncias químicas exige um inventário da quantidade, toxicidade, biopersistência ambiental e aplicação, tanto daquelas produzidas pelas indústrias locais como importadas. Como instrumento primordial de controle poderia ser criado um sistema de gerenciamento das substâncias químicas de caráter nacional e coordenados no âmbito da Organização dos Estados Americanos ou da Organização Pan-americana da Saúde.

Para entender as questões ambientais, deve-se exigir uma cooperação de vários profissionais, Devemos utilizar técnicas de manejo e conservação do solo, da água, da fauna, da flora e evitar ou mitigar a geração de rejeitos. Esse comportamento multidisciplinar, na empresa ou na comunidade, trará respostas diretas, seja preservando a biodiversidade e/ou evitando a extinção de espécies da fauna e da flora; seja impedindo a degradação do ambiente (terrestre e aquático).

7.1.1 Entidades parceiras

No que tange às entidades parceiras (estatais, autarquias e empresas privadas) na tentativa de minimizar transtornos decorrentes da indústria química, o Programa Atuação Química Responsável, vinculado a ABNT, se propõe a ser um instrumento eficaz para o direcionamento do gerenciamento ambiental. É baseado em Princípios Diretivos e utiliza Códigos de Práticas Gerenciais para sua aplicação. A

Plastivida, por exemplo, é uma Comissão de Reciclagem de Plásticos da Abiquim que representa um grupo de empresas comprometidas em promover a coexistência harmoniosa entre os plásticos manufaturados e o meio ambiente, por meio da divulgação de informações sobre processos de reciclagem, coleta seletiva e a importância do plástico na vida moderna. O Pró-Química, serviço de utilidade pública, é um sistema de informações e comunicações desenvolvido com o objetivo de fornecer, por telefone, orientações de natureza técnica em caso de emergências com produtos químicos.

Em relação à conservação ambiental às organizações não-governamentais, têm atuação mais significativa quando comparadas às “governamentais”. O Greenpeace, por exemplo, utiliza sua rede de informações internacional para denunciar o comércio ilegal e tem atuado na denúncia de casos de áreas contaminadas e no encaminhamento de soluções técnicas adequadas.

Entidades como a Associação Brasileira dos Expostos ao Amianto (Abrea) tem, entre seus objetivos, conscientizar a população, trabalhadores e grupos de interesse público sobre os riscos do amianto; propor ações judiciais em favor de seus associados e das vítimas em geral; e integrar-se a outros movimentos sociais e organizações não-governamentais pró-banimento do amianto, em níveis nacional e internacional. Já a Associação de Combate aos Poluentes Orgânicos Persistentes, ACPO, fundada em 1994, é uma entidade pública com personalidade jurídica e sem fins lucrativos, formada, basicamente, por trabalhadores contaminados com substâncias tóxicas no Pólo Petroquímico de Cubatão, em São Paulo²⁸.

7.1.2 Sustentabilidade

Apesar do conceito de desenvolvimento sustentável já estar disseminado nos principais espaços formadores de opinião, faz-se necessário que os projetos de química ambiental sejam entendidos

como um dos instrumentos indutores e pró-ativos na direção de novas formas de gestão, ampliando o espaço de atuação e influência da educação ambiental.

A qualidade do ambiente, refletida pela pureza do ar e da água e pela capacidade produtiva do solo agrícola, é de fundamental importância para a sobrevivência do homem. Daí a crescente preocupação de diferentes segmentos da sociedade moderna na busca de um desenvolvimento para sua cidade, mas com sustentabilidade. E em que consiste esse desenvolvimento sustentável? Para a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento pode-se definir: “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades da geração presente, sem comprometer o que será importante no futuro”. De acordo com Andreguetho e Wargafitg⁷⁵, a questão do lixo, seja doméstico, hospitalar e/ou industrial, bem como a falta de saneamento, é considerada como o maior gargalo do governo brasileiro na busca desse “desenvolvimento” para o nosso País.

A medida que a sociedade se educa, ela passa a ampliar sua consciência acerca da importância de preservar o meio ambiente, como forma de garantir o desenvolvimento sustentável e a sobrevivência futura. Portanto, a sustentabilidade da vida em nosso planeta dependerá dos investimentos em educação, dirigida para a conscientização da necessidade de promover um desenvolvimento equilibrado nos aspectos ecológicos, econômicos e sociais.

O desenvolvimento sustentável tem a qualidade de vida como objetivo central e se propõe a otimizar de forma racional os recursos naturais; adotar tecnologias adequadas; democratizar os processos decisórios. Algumas premissas podem ser: produzir melhor a menos custos, utilizando materiais adequados; oferecer produtos seguros e de alto desempenho, em detrimento daqueles que se degradam com facilidade; e minimizar o consumo de energia, a geração de resíduos e o impacto ambiental.

7.2 Lixo urbano

As instituições ambientalistas internacionais como a World Resource Foundation, (www.wrf.org) classificam a geração de resíduos sólidos urbanos (lixo) como um dos maiores problemas a serem enfrentados pela sociedade moderna. Enquadrado na PNRS, Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), o lixo, nos últimos 20 anos, além de seu aumento “per capita”, tem mudado tragicamente sua composição gravimétrica e composição química, o que é bastante preocupante.

Embora a geração de lixo no Brasil tenha avançado, continuamos sem acesso a serviços de tratamento e destinação adequada desse resíduo. E os lixões a céu aberto ainda são comuns, desafiando os prefeitos de cidades pequenas, mesmo anos após a promulgação da PNRS. Dados⁷⁶ revelam que nós brasileiros, produzimos cerca de 250 mil ton.dia⁻¹ de resíduos (lixo).

O relatório da Abrelpe⁷⁶ mostrou algumas discrepâncias: dos 1.794 municípios do Nordeste (9 estados) geraram 55.177 ton.dia⁻¹ de lixo, das quais 78,5% foram coletadas. O Maranhão com suas 217 cidades, produziu 7200 ton.dia⁻¹ e apenas 4.200 foram coletados (31% aterro sanitário, 34 aterro controlado e 35 lixão), sendo que: São Luís, sozinha, produziu 800 ton.dia⁻¹ de lixo. Já no Sudeste dos 1.668 municípios (4 estados) geraram 106 mil ton.dia⁻¹ para 97,3% coletado; sendo que São Paulo produziu 61.344 mil ton.dia⁻¹ e 60.810 coletados (77% aterro sanitário, 15 aterro controlado e 8,2 lixão).

Atualmente, o lixo quando descartado de forma incorreta, veicula (conduz), além dos microorganismos causadores de doenças, substâncias tóxicas e perigosas como resinas, tintas, pesticidas, metais pesados etc. Esses produtos, e tantos outros, encontram-se nos itens de consumos que depois são descartados. Esse problema é ainda agravado pela escassez de áreas apropriadas para disposição final dos resíduos. Fato este majorado pelo crescimento urbano e pelos aspectos físicos topográficos, hidrogeológicos e ambientais. Por essa razão,

algumas cidades usam o processo de metropolização para aumentar seus limites territoriais visando encontrar novas áreas para dispor seus resíduos. Uma consequência da chamada lei do “poluidor pagador”.

Dentre as várias causas que contribuem para a difícil situação em que se encontra a questão do lixo no Brasil, citam-se: a falta de uma política de saneamento ambiental para o país; o modelo de desenvolvimento econômico; a falta de mecanismo que propicie maior capacitação tecnológica sobre o assunto; a falta de recursos financeiros, com linhas de financiamento para municípios carentes; o crescimento urbanístico; o crescente aumento na geração do lixo; as mudanças ocorrentes na caracterização desses resíduos; e o elevado teor de resíduos orgânicos (60-70%) presente no lixo urbano.

As principais consequências em relação ao descaso, como o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos (lixo), são registradas pelos prejuízos causados à saúde pública, ao meio ambiente e à economia da região, além de gerar vários problemas sociais. Por conter grande percentual de resíduos orgânicos, o lixo urbano, no Brasil, quando despejado em lixões ou aterros mal controlados, entra em putrefação, gerando grande quantidade de gases e líquidos altamente contaminados e fedidos.

Os gases atraem vetores (moscas, mosquitos, baratas, ratos etc.) e liberam substâncias tóxicas, a exemplo das dioxinas e dos furanos, causadores de câncer nos tecidos moles do homem, além de outros problemas de saúde. Os vetores encontram nesses locais condições propícias à proliferação. A esses vetores são atribuídas várias doenças, a exemplo da febre tifóide, febre paratifóide, doenças entéricas em geral, cólera, dengue, leptospirose etc. Os líquidos lixiviados dessa massa de lixo (chorume) poluem de modo irreversível os mananciais subterrâneos e superficiais, podendo atingir o homem também via cadeia alimentar. Esses fatos assumem consequências danosas para o meio ambiente, principalmente para a saúde da população, em face das áreas de despejo (lixões) situarem-se justamente nos locais onde habitam as populações carentes e conseqüentemente, os mais

susceptíveis. Soma-se a isso o fato de os sistemas de tratamento de águas adotados no país não serem eficientes na remoção dos produtos químicos dissolvidos pelo chorume, a exemplo dos metais pesados e de outros produtos tóxicos ao homem.

7.2.1 Reciclagem

A dinâmica da transformação (reciclagem) de lixo pode ser entendida como uma corrente em que todos os elos devem se interligar e funcionar em perfeito equilíbrio. A base de um projeto de reciclagem é a coleta seletiva dos materiais recicláveis. Mas esta corrente está sendo apresentada em algumas cidades de forma simplificada. Sem uma estrutura eficiente de coleta seletiva, as outras etapas (elos da corrente) ficam comprometidas. A etapa de comercialização se refere ao produto reciclado a ser colocado no mercado e a disposição final é relativa ao produto pós-consumido. A seguir, serão apresentadas algumas considerações importantes sobre essa corrente.

A coleta seletiva é o ponto de partida para o sucesso de um projeto de reciclagem: recuperação e/ou, reutilização de materiais descartados. Uma separação prévia eficiente dos diferentes materiais que serão reciclados reduz custos no processo. Considerando que ainda não há registro de programa de coleta seletiva autosustentável no mundo, qualquer redução de custos torna-se bastante expressiva na tentativa de justificar investimentos nesta área. No caso dos plásticos a reciclagem foi favorecida pela inclusão dos triângulos (números 1 ao 7) especificando o tipo de polímero.

No entanto, podemos subdividir o termo reciclagem em: (a) reciclagem direta: é quando materiais descartados na linha de produção das fábricas, tais como aparas, rebarbas, material fora das especificações etc., são recuperados, entrando novamente no ciclo produtivo; (b) reciclagem indireta: é quando materiais pós-consumidos, descartados no lixo, são coletados, separados e recuperados para a mesma finalidade ou outra qualquer. As tecnologias utilizadas para o reprocessamento podem ser as mesmas dos materiais virgens ou sofrer

variações específicas, conforme a necessidade; e (c) reutilização: como o próprio nome induz, é o reaproveitamento do material com um mínimo de esforço de reprocessamento, ou seja, sem necessidade de aplicação de tecnologias complexas de reciclagem. Atualmente, fomenta-se a teoria e prática dos três R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar).

A verdade é que não importa qual a prática a ser utilizada que, aliás, depende muito de cada situação. O que importa é evitar o desperdício e recuperar materiais descartados, transformando-os novamente em matéria-prima para novos produtos. As maiores barreiras no segundo elo da corrente são de ordem tecnológica, principalmente para os chamados países em desenvolvimento.

Os ganhos envolvidos com o reaproveitamento do lixo resultam, sobretudo, do desenvolvimento da atividade de reciclagem, seja do lixo rural ou urbano. Devendo, considerar tanto os resíduos domiciliares como os de origem industrial. É possível conseguir rendimentos significativos por meio da Coleta Seletiva de lixo, praticada pelas prefeituras com a participação da população que, em cada domicílio, separa a fração orgânica, principalmente restos de comida, da fração inorgânica do lixo domiciliar, como latas de alumínio e de aço, vidros, plásticos e papéis. A reciclagem da sua fração inorgânica proporciona ganhos sempre que as prefeituras conseguem organizar um trabalho de triagem, com custos inferiores aos da venda dos materiais obtidos por meio da Coleta Seletiva.

Essa diferença pode ser superior a R\$ 30,00 por tonelada o que, para um município de 200 mil habitantes, por exemplo, pode resultar em um ganho da ordem de R\$ 600.000,00. Isso pressupõe a manutenção dos custos da Coleta Seletiva no mesmo patamar dos custos da Coleta Regular, como ocorreu em Brasília. Caso a prefeitura não deseje organizar os serviços de triagem e comercialização de materiais, pode terceirizá-los, compartilhando-se então os ganhos auferidos. De acordo com Pereira Neto⁷⁷ a fração orgânica do lixo domiciliar urbano, assim como certos tipos de resíduos de origem

rural, pode proporcionar um resultado econômico importante, seja a partir da compostagem ou da vermicompostagem (fabricação de adubo com a utilização de minhocas) ou a partir da possibilidade de gerar energia elétrica.

Cabe lembrar que o termo compostagem refere-se a um processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal, resultando em produtos finais utilizáveis na agricultura para enriquecimento do solo cultivável. No Brasil, cerca de 65% do volume de resíduos sólidos urbanos gerados são compostos de matéria orgânica (restos de frutas, legumes, alimentos em geral, folhas, gramas etc.). Entre as vantagens da compostagem, podemos destacar: economia de espaço físico em aterro sanitário; reaproveitamento agrícola da matéria orgânica produzida; reciclagem dos nutrientes contidos no solo; eliminação de agentes patogênicos de forma ambientalmente segura.

7.3 Aterros

No passado, os aterros, ou locais de disposição do lixo, eram buracos no solo que em muitos casos vazavam e contaminavam os aquíferos situados no subsolo; isso aconteceu sobretudo nos aterros (na verdade lixões) em solos arenosos, dado que a água pode percolar facilmente através da areia. Esses aterros não foram projetados, controlados ou supervisionados e acumularam muitos tipos de resíduos, inclusive perigosos. Hoje, os aterros municipais modernos CTR (Central de Tratamento de Resíduos) são muito melhor projetados e gerenciados. Estas centrais não aceitam mais resíduos perigosos e os locais para sua disposição são selecionados para minimizar as contaminações.

Durante o período em que os resíduos estão se decompondo, primeiramente por via aeróbia e depois por anaeróbia, a água das chuvas percolam através do lixo, produzindo um líquido chamado chorume que contém ácidos orgânicos voláteis, ácidos graxos, bactérias, metais

pesados e sais de íons inorgânicos. Para tratamento do chorume deve-se diminuir a DBO normalmente por degradação aeróbica. Já para o controle são necessárias obras de engenharia, caso contrário o líquido pode fluir do fundo do aterro, percolar através do solo (poroso) e contaminar águas subterrâneas. No caso de solos não porosos (argilosos ou siltosos) o chorume pode se elevar e gradualmente transbordar contaminando as águas superficiais.

No que tange a definições, pode-se dizer que aterro sanitário é o processo mais avançado de disposição final de lixo no solo, sendo baseado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, que permitem a confinação segura do lixo, em termos de controle da poluição ambiental e proteção ao meio ambiente. Apresenta tratamento dos gases e líquidos produzidos pelo lixo e controle de animais transmissores de doenças; possui um tempo de vida útil, devendo ser desativado no final. Já no aterro controlado os resíduos são depositados no solo e recobertos com terra ou entulho (material inerte), tendo a vantagem de reduzir os impactos ambientais, mas a falta de impermeabilização da base do solo e a falta de tratamento dos gases e líquidos produzidos, comprometem significativamente o ambiente, diferente do aterro sanitário.

O que a população chama de “lixão” é uma forma de disposição inadequada de lixo que não atende a nenhuma norma técnica de controle. Embora proibidos, muitas cidades ainda tem lixões. O fechamento, em 2014, do lixão da “Ribeira”, única área de disposição de lixo em São Luís-MA, foi conseguido por meio da pressão popular e, claro do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Atualmente a capital do Maranhão apresenta uma CIEA, Comissão Interinstitucional de Educação Ambiental, uma Política Estadual e já implantou uma CTR em permuta ao antigo lixão, já apresenta pontos de coleta (EcoPontos) para disposição dos chamados “*bagulhos volumosos*”, e iniciou uma tentativa de um Sistema de Coleta Seletiva do lixo nos bairros.

7.4 Gerenciamento das águas

Os corpos d'água prestam-se a múltiplos usos (recreação, composição paisagística, irrigação, abastecimento doméstico e industrial etc.), devendo-se ressaltar que a cada um corresponde uma qualidade necessária de água. Aos diversos usos da água, pode-se legitimamente acrescentar a recepção de efluentes, desde que de forma controlada. Logo, o conceito de poluição não deve ser revestido de uma interpretação absoluta, mas relativa a forma e aos usos da água. A resolução Conama 357 de 2005 (e o código das águas, de 1934) reforça este conceito, ao enquadrar-classificar os cursos d'água de acordo com sua utilização e ao estabelecer padrões de qualidade.

Entretanto, também via de regra, os múltiplos usos da água passam a ser conflitantes, comprometendo a potencialidade ou continuidade destes mesmos usos. A legislação brasileira estabelece também concentrações-limite de diversas substâncias na água, as quais, em seu conjunto, compõem os Padrões de Potencialidade, que devem ser observados por meio do controle de qualidade da água distribuída.

Em tese, qualquer água pode ser processada a ponto de ser tornada potável, porém a custos variáveis. Significa dizer que há de se preservar a qualidade da água bruta, de forma a permitir seu tratamento por processos e custos factíveis; esse é o conceito de água potabilizável⁷⁸. Por outro lado, a quase totalidade das estações de tratamento de água do País emprega os processos chamados convencionais, suficientes para águas consideradas como “aceitavelmente” contaminadas. A introdução de substâncias não-removíveis pelos processos usuais de tratamento (por despejos industriais) pode, assim, comprometer a potabilização de um manancial.

Portanto, o controle de qualidade da água para consumo humano deve se estender à bacia de captação dos mananciais e ser exercido muito mais por ações de prevenção, do que pela mera detecção de problemas (percebidos pela população), às vezes tardiamente.

Para dar uma breve dimensão do problema, basta citar que menos de 20% do volume total de esgotos coletados no País recebe algum tratamento e que a maioria dos serviços de saneamento não dispõe de meios para um controle efetivo da qualidade da água tratada. Estamos falando de planejamento, manejo integrado de bacias e sub-bacias hidrográficas, políticas de saneamento, legislação ambiental, proteção de mananciais, participação comunitária⁷⁹.

7.4.1 Planos diretores

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) foi instituída pela Lei 9.433 de 1997, que criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Nessa “política” estão definidos claramente os fundamentos, os objetivos, as diretrizes gerais de ação e os instrumentos necessários à execução dessa política. Para isso, são definidos os seguintes instrumentos: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos d’água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso; a cobrança por seu uso; e o sistema de informações sobre esses recursos.

Os planos de recursos hídricos são planos diretores como ocorre com uso e ocupação do solo, que visam fundamentar e orientar a implementação da PNRH e o seu gerenciamento sob novas perspectivas.

Dentre esses aspectos, podem ser citados: a bacia hidrográfica como unidade de planejamento; o planejamento e o gerenciamento para o uso, a proteção e a conservação dos recursos hídricos. A água passa a ser considerada um bem escasso, de valor econômico, mas sob a característica de ser um recurso comum. Devemos incorporar a noção de que a água possui múltiplos usos, não se restringindo somente à energia e à navegação.

Também devem aqui ser mencionados: a noção de gerenciamento integrado, que insere a problemática dos recursos hídricos no contexto da política ambiental e de outros planos; a consideração das especificidades locais; o plano diretor deve representar

um processo coletivo de pensar, e é fundamentado em um conjunto de dados coletados sob o rigor metodológico das diferentes áreas do conhecimento; e a gestão deve ser descentralizada/participativa⁵⁸.

Os planos de recursos hídricos são elaborados com a perspectiva de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos. Deverão conter, no mínimo: *i*) o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; *ii*) a análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; *iii*) o balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais; *iv*) as metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; *v*) as medidas a serem tomadas, os programas a serem desenvolvidos e os projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas; *vi*) as prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos; as diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; e *vii*) as propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

O objetivo do plano diretor é elaborar um documento que apresente orientações, diretrizes, ações e atividades de curto, médio e longo prazos, para o fortalecimento das instituições gestoras dos recursos hídricos e para explicitar normas e regras para os usuários da água, de forma que o descompasso entre a disponibilidade da água e a satisfação das necessidades esteja sob controle.

Para isto, torna-se necessário desenvolver as seguintes atividades: realizar o inventário dos recursos hídricos cadastrando usuários; identificar o estado de degradação de fontes; caracterizar a bacia hidrográfica, as sub-bacias e as regiões homogêneas quanto aos aspectos geológicos, geomorfológicos, recursos minerais, clima, uso do solo e cobertura vegetal, ictiofauna, ecologia do ambiente aquático e da mata ciliar, hidrogeológicos, sedimentológicos e socioeconômicos; criar um banco de dados consistente e atualizado que

permita simular diferentes cenários; e elaborar mecanismos integrados de controle das necessidades da água.

Mesmo com os planos diretores, muitas cidades (com mais de 20 mil hab) estão com seus corpos hídricos contaminados, principalmente por falta de esgotamento sanitário. O saneamento básico é uma forma eficaz de promoção tanto de saúde ambiental quanto de saúde humana⁷⁹. De acordo com alguns pesquisadores⁸⁰, no Maranhão, todos os 217 municípios ainda não apresentam redes coletoras e sistema de tratamento de esgoto, inclusive sua capital, que em 2015 tinha apenas 4% de rede. Atualmente, por pressões legais (Lei 11.445/07) quase todas as cidades brasileiras vão ter que “mudar” urgentemente essa situação.

7.5 Políticas de meio ambiente

O uso racional do meio ambiente não pode ser apenas um ideal para o futuro nem ser reivindicado por experiências e grupos isolados. Como sabido, as políticas, bem como a legislação ambiental ainda hoje são esparsas e confusas, embora já apresentem princípios e transparência, graças à consolidação dos movimentos ambientais. O aperfeiçoamento desta tendência está nas mãos da sociedade. Sabemos que os obstáculos são muitos, a começar pela elite atrasada e com baixa sensibilidade/consciência ambiental.

As políticas devem ser consideradas como um processo dinâmico e não como discursos estáticos. Cabe à cidadania fazer com que estas políticas sejam eficazes, modificando-as e até suprimindo aquelas que forem ambíguas ou que possam ser danosas ao meio ambiente. Lamentavelmente muitos órgãos ambientais são criados mais como instrumentos de defesa das pressões ambientais, reivindicadas pela sociedade, do que na defesa da saúde pública e manutenção do equilíbrio do meio ambiente. Entre 1950 e 1970, devido à pouca consciência ambiental por parte da sociedade/governo as políticas refletiam e traduziam uma concepção ambígua: por uma

lado tentavam proteger o meio ambiente, por outro (crescimento) chegavam até a incentivar sua degradação.

Atualmente essa ambiguidade vem sendo, graças a conscientização, superada. Hoje as cidades com mais de 20.000 hab. estão protegidas por meio da obrigatoriedade da implementação dos planos diretores. Outra grande contribuição veio da ONU como a criação do PNUMA (Programa Mundial para o Meio Ambiente) que desenvolve, dentre outros projetos, aqueles relacionados a AIA (Avaliação de Impacto Ambiental) e das Conferências Ambientais, como a de Genebra, em 1982, cujo enfoque foi Meio Ambiente Humano, a do Rio em 1992, cujo enfoque foi Biodiversidade e a de Joanesburgo em 2002, cujo enfoque foi o Desenvolvimento Sustentável.

No final da década de 80, em praticamente todas as partes do mundo, houve um crescimento da conscientização da sociedade sobre a questão da degradação do meio ambiente. A partir da exigência de um modelo de crescimento que levasse em consideração a conservação da natureza. Lembrando que “preservar” é manter o ambiente intacto, “conservar” é usar o ambiente sem degradá-lo.

A Lei Federal 6.938 de 1981, estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, criou-se o SISNAMA (Sistema Nacional de Meio Ambiente). O Decreto Federal 88.351 de 01/06/83, regulamentou a Política Nacional de Meio Ambiente estabelecendo o Licenciamento Ambiental em 3 etapas: Licenças Prévia (LP), Instalação (LI) e Operação (LO). Com participação efetiva da população por meio das audiências públicas. Devendo ser informada e ouvida em todas essas etapas, principalmente na primeira (LP), podendo inviabilizar o empreendimento.

Nos termos do Decreto 99274 da Lei 6938, dizia: “a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades que utilizam de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão audiências, de prévio licenciamento do órgão competente do Sisnama, sem prejuízo

de outras licenças legalmente exigíveis”. O órgão estadual expedirá as seguintes licenças: LP, LI e LO; para a concessão será necessário, dependendo do porte do empreendimento, que o interessado apresente o EIA-RIMA, que deve ser pago pelo proponente do projeto. Embora de competência estadual, esse licenciamento é fundamental para o município. Por isso, também deve participar das discussões sobre os empreendimentos capazes de causar impacto negativo ao meio ambiente.

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) destinam-se a identificar e interpretar as condições ambientais da área onde o projeto pretende se instalar. A fim de prevenir as consequências e os efeitos indesejáveis daquela obra ou atividade para o bemestar, a saúde humana e o equilíbrio ambiental. A Resolução Conama nº 01/86, relaciona os tipos de obras e atividades sujeitas à elaboração do EIA-RIMA, incluindo como tal: estradas, ferrovias, portos, linhas de transmissão, barragens, obras de irrigação e drenagem, mineração, aterros sanitários, unidades industriais, exploração de madeira, projetos agropecuários acima de 1000 hectares dentre outros. Claro que mesmo com o EIA-RIMA e licenciamento ambiental, alguns projetos geram críticas por parte de ecologistas, como foi o caso, por exemplo, do Parque Eólico de Barreirinhas instalado nos Lençóis maranhenses.

As Normas para o Uso e Ocupação do solo devem ser elaboradas de maneira participativa e compreensível para a população. Devem se preocupar com as relações internas Municipais, como, por exemplo, a densidade maior de algumas áreas para compensar outras menores. Visando preservar áreas de interesse ambiental, devemos nos preocupar, também, com a forma na qual as edificações devem ocupar os lotes. Lembrando que a questão fundiária ainda persiste em muitas cidades. Na região metropolitana de São Luís, existem alguns espaços que hoje são de domínio de três municípios, e (pasmé) nesses imóveis são cobrados três impostos prediais (IPTU).

Os exemplos seguintes ilustram alguns casos em que essas normas são úteis para o município: a) na definição de “zonas de

proteção a mananciais”; b) na definição de baixos índices de ocupação de terrenos em áreas com vegetação importante, ou à margem de cursos d’água etc; c) na restrição ao uso habitacional das margens de estradas ou avenidas de grande tráfego; d) no estabelecimento de recursos dos lotes para permitir que as edificações sejam ventiladas e recebam sol adequadamente, o que pode melhorar a saúde dos seus moradores; e) na localização adequada da atividades geradoras de poluição, distanciando-as de escolas, hospitais, residências; f) na restrição de atividades que poluem a água; g) na identificação de bens de valor histórico, cultural, paisagístico ou ambiental; h) no controle do desmatamento do solo para evitar erosão; i) na manutenção da vegetação ciliar ao longo dos cursos d’água; e j) na fixação de critérios urbanísticos que garantam aos assentamentos da população de baixa renda condições de higiene e saúde.

E os Códigos de Obras? bem essas normas regulam as diversas construções a serem executadas no município, buscando garantir condições mínimas de higiene, saúde e segurança para aqueles que as usam e também para seus vizinhos. Sua utilidade é melhor avaliada, na medida em que pode: a) exigir normas mais rígidas de segurança para as edificações que sejam utilizadas para atividades, de alguma forma, perigosas, como produção e/ou guarda de produtos químicos, como reagentes de laboratório e agrotóxicos; e demais produtos potencialmente poluidores ou explosivos; b) exigir equipamentos para tratamento de esgotos, das casas ou de fábricas, c) evitar que as áreas dos lotes sejam totalmente pavimentadas, não permitindo, assim, a absorção das águas das chuvas; e d)fixar normas para que as habitações de baixa renda mantenham padrões mínimas de conforto ambiental. Em suma, fomentam nas Prefeituras a busca pela qualidade de vida de seus habitantes e pela salubridade-segurança de suas edificações.

7.6 Legislação ambiental

O termo “legislação ambiental”, isto é, as leis e os decretos referentes à proteção do meio ambiente, já está bastante difundido em nossa sociedade. Com a regulamentação destas referidas leis passamos a dispor de uma ferramenta jurídico-político-social fundamental para coibir práticas nocivas que levem à degradação do meio ambiente. Lembrando que já estão consignadas desde 1988, no artigo 225 da nossa constituição.

Também é bom lembrar que essas leis, ressalvadas algumas exceções, são ainda confusas e controvertidas. Vamos observar este exemplo: uma lei federal afirma que áreas de apicuns, são de responsabilidade da União, entretanto, existe uma outra lei, no caso uma resolução³⁸ que nos deixa entender o seguinte: embora seja responsabilidade da União, existem casos (algumas capitais), em que o plano diretor do município pode discutir sobre qual será o uso e ocupação dessas áreas. Essa situação também se verifica em diversas outros exemplos: no SNUC, Sistema Nacional Unidades de Conservação, especifica que: Parques Estaduais e/ou Nacionais, não podem ter “moradores”. Mas o que presenciamos são “pessoas” morando nessas áreas, inclusive no Parque Nacional do Itatiaia (RJ), considerado o primeiro do Brasil.

A Constituição Federal, além de ser nossa maior lei, da qual dependem todas as outras, pode ter um papel jurídico-político fundamental nas lutas para a consolidação dos movimentos em prol do meio ambiente. Em seu artigo 49 transfere como competência exclusiva do Congresso Nacional a aprovação de projetos referentes a atividades nucleares, apropriação de terras indígenas, exploração de recursos hídricos e minerais. Justamente para evitar que o poder executivo cometa abusos. E caso haja necessidade, como situações polêmicas faz-se um referendun ou um plebiscito. Já o conselho de segurança nacional se incube de opinar sobre assuntos voltados à exploração dos recursos florestais. Esse conselho é composto pelo

vice-presidente, presidente do Senado e do Congresso, além de ministros militares e da justiça.

As 15 leis ambientais mais importantes, que posso selecionar para você na tentativa de garantir a preservação do patrimônio ambiental brasileiro são as seguintes: *Ação Civil Pública 7.347/85*, trata da ação civil pública de responsabilidades por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor e ao patrimônio artístico, turístico ou paisagístico. *Agrotóxicos 7.802/89*, regulamenta desde a pesquisa e fabricação dos agrotóxicos até sua comercialização, aplicação, controle, fiscalização e também o destino da embalagem. *Área de Proteção Ambiental 6.902/81*, criação das áreas representativas dos ecossistemas, sendo que 90 % delas devem permanecer intocadas e 10 % podem sofrer alterações para fins científicos. *Atividades Nucleares 6.453/77*, dispõe sobre a responsabilidade civil e criminal por atos relacionados com as atividades nucleares, em caso de acidente, independente da existência de culpa. *Crimes Ambientais 9605/98*, reordena a legislação ambiental no que se refere às infrações e punições; a pessoa jurídica, autora ou co-autora da infração ambiental pode ser penalizada, se ela tiver sido usada para facilitar ou ocultar um crime ambiental. *Engenharia Genética 8.974/95*, estabelece normas para aplicação da engenharia genética, desde o cultivo, manipulação e transporte de OGM, até sua comercialização, consumo e liberação no meio ambiente. *Exploração Mineral 7.805/89*, regulamenta as atividades garimpeiras; os trabalhos de pesquisa ou lavra, que causarem danos ao meio ambiente são passíveis de suspensão, sendo o titular da autorização de exploração dos minérios responsável pelos danos ambientais. *Fauna Silvestre 5.197/67*, classifica como crime o uso, perseguição, apanha de animais silvestres, caça profissional, comércio de espécies da fauna silvestre e produtos derivados de sua caça, além de proibir a introdução de espécie exótica (importada) e a caça amadorística. *Florestas 4.771/65*, determina a proteção de florestas nativas e define como áreas de preservação permanente uma faixa (30 a 500 m) nas margens dos rios, de lagos e de reservatórios, além de topos de morro e encostas. *Gerenciamento*

Costeiro 7.661/1988, define as diretrizes sobre zona costeira como espaço geográfico da interação do ar, do mar e da terra, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre. *Parcelamento do Solo Urbano 6.766/79*, estabelece as regras para loteamentos urbanos, proibidos em áreas de preservação ecológica, naquelas onde a poluição representa perigo à saúde e em terrenos alagadiços. *Patrimônio Cultural 25/37*, organiza a Proteção do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, incluindo os bens de valor etnográfico, arqueológico, os monumentos naturais, além dos sítios e paisagens de valor notável pela natureza. *Política Agrícola 8.171/91*, coloca a proteção do meio ambiente entre seus objetivos e como um de seus instrumentos. *Recursos Hídricos 9.433/97*, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. *Zoneamento Industrial 6.803/80*, atribui aos estados e municípios o poder de estabelecer limites e padrões ambientais para a instalação e licenciamento das indústrias, exigindo o Estudo de Impacto Ambiental.

Em nível federal a legislação mais relevante relacionada à proteção ambiental foi, sem sombra de dúvidas, a lei 6938/81 que estabeleceu a Política Nacional de Meio Ambiente, e criou para sua execução o Sisnama e o Conama. A regulamentação da lei só ocorreu anos mais tarde com o decreto 88351/83 que implementou a AIA (Avaliação de Impacto Ambiental) como instrumento de política ambiental, obrigando a todos os empreendimentos a terem o licenciamento ambiental (LP, LI e LO).

Entretanto foi somente com a Resolução Conama/86 que ficaram caracterizadas as definições, responsabilidades, critérios e diretrizes para AIA. Vejamos, de forma simplificada, o que seriam estes três licenciamentos ambientais: a) Licença Prévia-LP, instrumento técnico compulsório àqueles empreendimentos em fase inicial; deve conter entre outras informações, aquelas sobre o uso dos recursos naturais, b) Licença de Instalação-LI, instrumento técnico autorizando o início do empreendimento, fundamentada nas informações

do projeto anteriormente aprovado, c) Licença de operação - LO, instrumento técnico autorizando, após prévias correções a “partida” do empreendimento; isto é, ao início de suas atividades.

O plano de controle ambiental (PCA), que também faz parte do licenciamento serve para subsidiar os órgãos governamentais como instrumento técnico complementar à documentação necessária para obtenção da LO, reflete as condições reais do empreendimento, tanto das atividades técnicas como de aspectos ambientais. Caso o órgão competente necessite de maiores informações ele pode solicitar a apresentação, por parte do empreendimento, de um EIA-RIMA que se destina a identificar e interpretar as condições ambientais da área onde o projeto pretende instalar-se, a fim de prevenir as consequências e os efeitos indesejáveis ocasionados pelo empreendimento. Tal comportamento visa o bem estar da comunidade e a manutenção do equilíbrio ambiental.

7.7 Cronologia

A questão cronológica ambiental, se é que podemos nos expressar assim; tem forte relação de: como a sociedade percebe o ambiente-natureza. Historicamente, foi em 1934 que ocorreu no Rio de Janeiro a 1ª Conferência de Proteção à Natureza e lá se instituiu uma das mais relevantes leis ambientais: o Código da Águas. Na época, a sociedade estava desmobilizada e não compreendeu a importância deste evento. Somente na década de 60 que o homem criou uma concepção sobre o meio ambiente, foi a era do movimento hippie (culto a natureza) do Woodstock, dentre outros. Em 1964, é regulamentado o Estatuto da Terra por meio da Lei 4504 que vem sendo desdobrada em vários decretos sobre os princípios da proteção e uso racional do meio ambiente. Em 1965 é instituído o Código Florestal, por meio da Lei 4771 e, na mesma época, ocorre um marco da nossa cidadania: a regulamentação da ação popular, lei 4717. Mas por infelicidade existiu um hiato (1960-1990) na consolidação das atividades voltadas à recuperação de áreas degradadas.

Sobre uma cronologia ambiental²⁵ podemos dizer que iniciou em 1869, com Ernst Haeckel, quando propõe o termo “ecologia”. Depois em 1965, quando se utilizou a expressão “educação ambiental” na Conferência de Educação, Inglaterra. Em 1968, com a fundação do Clube de Roma. Em 1970, quando ocorreu em 22 de abril, nos EUA, o primeiro Dia da Terra. Em 1971, quando surge o GreenPeace no Canadá. Em 1977, com a Conferência de Educação Ambiental realizada em Tbilisi, na ex-URSS. Em 1981, com a nossa Política Nacional de Meio Ambiente e com a promulgação da nossa Carta Magna, em 1988; dedicando um capítulo inteiro ao meio ambiente. Em 1989, com a Declaração de Haia, preparatória da Rio 92. Essa Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento cria a *Agenda 21*, que em seu capítuloVI direciona-se para a satisfação das necessidades em saúde para comunidades rurais. A partir daí (...).

Não poderíamos esquecer as Conferências das Partes da Convenção Quatro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas ou, simplesmente: COPs. Essa instância deliberativa, a COP, é um órgão decisório no âmbito da Diversidade Biológica, que conta com 188 delegações. As quatro primeiras reuniões foram anuais, e a partir da quinta passou a ser bianual. Iniciaram em 1994 e 1995 em Nassau e Berlim, respectivamente; e agora (2014), estamos na 19ª reunião.

Na tabela 2, preparei para você um quadro contemplando, de forma simplificada, alguns desses fatos com seu processo de percepção, no que tange ao entendimento do equilíbrio e da conservação ambiental. Lembrando que a palavra “preservação” é usada quando não existe ação antrópica. Por isso, na maioria das vezes você vai encontrar o termo “conservação” associado a Recursos Naturais.

No final da tabela, veremos que a gestão ambiental é dividida em dois grandes blocos. Sendo a “ditadura verde” quem vai outorgar a licença da “água”, inclusive aquela captação das chuvas para aquacultura. Meu caro, achar que a água por ter caído do céu; deveria ser um recurso de todos. Poderia até ser, mas (...).

Tabela 2. Cronologia sobre a percepção humana do meio ambiente

Tempo	Meio Ambiente	Percepção Humana
1900 a 1960	O homem acreditava que o planeta era complexo e seus recursos naturais eram cosmopolitas, infinitos e acima de tudo: eram considerados como invulneráveis.	O processo de gerenciamento do meio ambiente era fundamentado no “direito de propriedade” o dono da terra era o rei. O proprietário tinha o direito de quebrar a harmonia ambiental, mesmo que sua atitude trouxesse degradação de ecossistemas (aquático/terrestre)
1960 a 1990	Inicia-se uma harmonia ambiental e o homem acredita que os recursos naturais são fontes de equilíbrio. Mas começam a duvidar se realmente é infinito.	O homem começa a questionar o absolutismo do direito de propriedade do “Rei”. Acreditam que o proprietário das terras não deveria ter o direito integral sobre seus recursos naturais, no que diz respeito à preservação de nascentes e espécies da fauna e flora que estão em extinção.
1990 a 20XX	O homem acredita que os recursos naturais são finitos e já começa a considerá-los como frágeis, indefesos e que se não forem preservados, a vida do homem estará em perigo.	A gestão ambiental entra em colapso e é fragmentada em dois grandes blocos: a) é vista como mediadora dos grupos de interesse sobre a propriedade e o meio ambiente b) é vista como administradora dos grupos de interesse, nesse caso a chamada “ditadura verde”

Fonte: Elaboração própria

No chamado Direito “tradicional”, previsto no Código Civil está relatado que a obrigação em reparar um dano causado ao meio ambiente tem por base o dolo (intenção), que será caracterizada por meio da comprovação de negligência, imprudência e imperícia, provocada por qualquer atividade antrópica, seja esta lícita ou ilícita. No recente, mas já regulamentado direito ambiental, a obrigação em reparar um dano ao meio ambiente não depende de dolo, basta a comprovação da culpa, comprovada por meio da degradação.

A obrigação prevista para este ato de culpa não será apenas a de repor fisicamente a área, mas repor e recompor a área, trazendo-a para uma situação de normalidade e estabilidade “não é só acabar com a fonte poluidora”. Os grupos para gerenciamento ambiental são sabidamente complexos, visto que são constituídos por vários componentes da sociedade e que buscam incorporar políticas públicas como eco-desenvolvimento da população, sempre preocupado com as próximas gerações (desenvolvimento sustentável), que objetivam estabelecer uma visão global e princípios comuns para a preservação e melhoria do ambiente.

De acordo com o capítulo VI, da Ordem Social da Constituição Federal, cabe ao poder público, dentre outras atividades relacionadas à preservação do meio ambiente, o de promover a Educação Ambiental. A lei 4717, editada em 1965, foi imprescindível para a cidadania ambiental. Tal cidadania pode ser exercida no sentido de obrigar os órgãos (federais, estaduais e municipais) competentes a tomar medidas no sentido de coibir agressões ao meio ambiente. Essa atitude deve ser exercida com vigor e isso só acontece se a sociedade mobilizada forçar esses órgãos a tomar atitudes que estão legalmente previstas, muito embora só se concretizem à base de pressões e exigência da sociedade. Na esfera penal as delegacias e o Ministério Público têm o dever de atender à população, seja lavrando ocorrências ou movendo ações penais.

A seguir, exemplifica-se em ordem cronológica (tabela 3), algumas das principais legislações ambientais referendadas no Brasil que visam à preservação e conservação do meio ambiente; bem como sua sustentabilidade e manutenção de seu equilíbrio ecológico. E como foi relatado no item 7.7, um desses marcos ambientais foi a Conferência de Proteção a Natureza, ocorrida no Rio de Janeiro em 1934. Melhores informações podem ser obtidas no sítio do Ministério do Meio Ambiente, mais precisamente no ícone denominado: legislações ambientais (www.mma.gov.br).

Tabela 3. Algumas legislações ambientais brasileiras (1934 a 2014).

Ano 1934	Lei 24643	Código da Águas
Ano 1940	Lei 1985	Código de Minas
Ano 1964	Lei 4504	Estatuto da Terra
Ano 1965	Lei 4771	Código Florestal
Ano 1967	Lei 5197	Fauna Silvestre
Ano 1975	Lei 6225	Proteção do Solo
Ano 1981	Lei 6902	Regulamentação de APA* e ARE**
Ano 1983	Decreto 88351	Criação do SISNAMA***
Ano 1988	Lei 7679	Proteção da Pesca
Ano 1989	Lei 7754	Proteção de florestas e nascentes
Ano 1990	Lei 2114	Comércio ilegal de animais silvestre
Ano 1998	Lei 9605	Crimes Ambientais
Ano 2000	Lei 9985	Sistema Nacional de Unidade de Conservação
Ano 2000	Lei 9966	Acidentes com petróleo
Ano 2001	MP 2015	Taxa Fiscal Ambiental, IBAMA
Ano 2010	Lei 12305	Política Nacional de Resíduos Sólidos
Ano 2012	Lei 12651	Código Ambiental
Ano 2013	Lei 12854	Sistemas AgroFlorestais
Ano 2014	Decreto 8235	Programa Mais Ambiente Brasil
Ano 2014	Lei 13123	Patrimônio Genético Nacional

MP, Medida Provisória.

* Área de Proteção Ambiental,

** Área de Relevância Ecológica,

*** Sistema Nacional do Meio Ambiente.

7.8 Relação internacional

O Brasil participa de várias iniciativas internacionais de interesse para a gestão ambiental, desde a discussão das Políticas, passando pelo Planejamento até os Gerenciamentos. Muitos ministérios, órgãos e agências estão envolvidos no acompanhamento dessas ações. As principais áreas desses acordos são: poluição marinha, mudanças climáticas, destruição da camada de ozônio, resíduos perigosos, poluentes orgânicos persistentes, prevenção de acidentes, saúde e segurança do trabalhador, agrotóxicos, armas químicas e o “direito” de saber da população.

O ano de 2012 marcou, em nível mundial, os vinte anos da Conferência do Meio Ambiente, a Rio92 e se configurou como uma ocasião oportuna para o Brasil durante o evento chamado de Rio+20. É verdade que antes mesmo da Rio92, a questão ambiental e sua ligação com o desenvolvimento já haviam sido objeto de discussões internacionais de alto nível. A primeira delas foi em 1972, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano (CNUMAH), realizada em Estocolmo, cujas discussões ficaram restritas ao problema da poluição ambiental.

Somente na década de 70 a temática ambiental passou a ganhar relevância, mas ainda restrita às discussões acadêmicas, todavia uma primeira vitória da pressão acadêmica sobre a política foi com a criação de um programa específico para o meio ambiente dentro da Organização das Nações Unidas (UENP, *United Nations Environment Programme*). De acordo com Vialli⁸¹, o PNUMA, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, foi idealizado para ser a organização âncora para temas relativos ao tratamento de meio ambiente global de modo a servir de consciência ecológica para o mundo; proporcionando controle e avaliação imparcial, bem como uma fonte de informação sobre o ambiente.

Para melhor entender a posição brasileira defendida na CNUMAH, é preciso levar em conta a situação do Brasil nessa década; em que a economia vivia um período de grande crescimento, ao mesmo tempo em que ocorria uma expansão de valores nacionalistas. Sabe-se que a política externa do governo Médici privilegiava o crescimento e afirmava a soberania do Brasil na exploração de seus recursos naturais. Mas o milagre brasileiro durou pouco, pois esse modelo estava sendo fortemente questionado. Durante a crise instalada ao longo dos anos 80, pode-se observar uma abertura da opinião pública de metas de preservação ambiental, mesmo que ainda vagas e confusas. Essa abertura serviu para que o governo começasse a buscar o crescimento econômico em consonância com as preocupações ambientais.

Para finalizar este item, achei conveniente lembrar-lhe sobre as certificações ambientais, sem a pretensão de aprofundar, visto que é assunto da “administração ambiental”. Dentre várias certificações as normas ambientais da série ISO 14.000, são, sem dúvidas, as mais importantes. A International Organization for Standardization (ISO), é uma federação mundial de entidades nacionais de normalização, criada na década de 40, em Genebra, que congrega mais de 100 países. O Brasil participa da ISO através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Uma sociedade privada, sem fins lucrativos, que elabora normas em diversos domínios de atividades, certificando diversos produtos e sistemas.

A norma ISO 14000 é um grupo de normas que fornecem ferramentas e estabelecem um padrão de sistemas de gestão ambiental, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental, diminuindo a poluição e integrando o setor produtivo na otimização do uso dos recursos ambientais. Abrange sete áreas bem definidas: sistemas de gerenciamento ambiental; auditoria ambiental; rotulagem ambiental; aspectos ambientais das normas de produtos; análise do ciclo de vida de produto; e desempenho ambiental.

Visando facilitar o entendimento, será feito uma pequena listagem (apenas quatro exemplos) da série ISO 14.000: *i*) Sistema de gestão ambiental (14.001), especificações com diretrizes para uso; *ii*) Sistema de gestão ambiental (14.004), diretrizes gerais de princípios, sistemas e técnicas de suporte; *iii*) Diretrizes para a auditoria ambiental (14.011), procedimentos de auditoria, princípios gerais para auditoria dos sistemas de gestão ambiental; *iv*) Diretrizes para a auditoria ambiental (14.012), critérios para a qualificação de auditores ambientais.

Caso queira mais informações sobre essas certificações ambientais, é aconselhável uma literatura específica. Sugiro que você faça sua pesquisa iniciando pelos livros de pesquisadores da área de Administração⁷³ e da área de Qualidade⁸².

Capítulo 8. Monitoramento ambiental

Neste capítulo, vamos entender os procedimentos de amostragem, coleta e tratamento de amostras, além de discutir metodologias estatísticas. Vamos nos informar, de forma breve e generalizada, sobre o comportamento dos agentes no ambiente. Além disso, vão ser abordados os principais fundamentos sobre as técnicas de amostragem química; e alguns conceitos de ecologia usados com frequência em monitoramentos ambientais.

8.1 Fundamentos de analítica

Queria aproveitar este capítulo para lembrar, dos fundamentos da Química Analítica. De acordo com Luma⁸³, a Analítica, é a parte da Química que vai auxiliar o químico ambiental na identificação e quantificação de substâncias não inócuas. Estuda a composição apurada de uma amostra, desde sua coleta, amostragem e tratamento prévio, visando analisar as espécies químicas presentes de forma qualitativa e quantitativa. É dependente das condições experimentais como concentração e tipo de amostras. Claro que a metodologia utilizada, bem como condições e necessidades do pesquisador, também são importantes para uma análise correta.

Para analisar uma amostra cujo elemento encontra-se em concentrações muito baixas, deve-se descartar os métodos menos sensíveis e utilizar aqueles de maior reprodutibilidade. A comparação de resultados obtidos por uma determinada análise também é dependente. Nesse caso, dependerá do método, do tipo de equipamento, da qualidade dos *reagentes*, das características da amostra e do tipo de tratamento estatístico utilizado, sendo que esse último é extremamente relevante na forma de apresentação e discussão dos resultados (dados).

A determinação de contaminantes, sejam orgânicos ou inorgânicos, em amostras naturais como sedimento, solo, vegetação e peixe pode ser expressa (mg.g^{-1}) em peso seco ou em peso úmido. O resultado de uma análise ambiental de vegetação ou de peixe pode

ser obtido da amostra como um todo, ou das subamostras, podendo ser resultados parciais seccionando (separando) o peixe e expressar o resultado em termos de cabeça, víscera e músculos; ou seccionando a vegetação em folha, caule e raiz; o que seria mais adequado em ambos os casos. A caracterização aquática por meio da análise de compartimentos bióticos: amostras in natura de moluscos, vegetação e peixe, é bastante coerente⁴⁹.

Essas definições (resultado em peso seco ou úmido) são específicas para o profissional de Química (nível médio ou superior), e caracterizam o resultado desidratando/secando ou não a amostra a ser analisada. Na maioria das vezes, para evitar problemas de umidade, preferimos secar ou calcinar a amostra (dependendo do caso) e fornecer o resultado em peso seco.

Outro comportamento comum entre os químicos ambientais é identificar e quantificar a biodisponibilidade do contaminante, isso é, quanto mais facilmente ele será disponibilizado no ambiente e, portanto, absorvido por organismos biológicos. Nesse caso, faz-se a especificação das amostras (saber o tipo de contaminante presente) por meio de diferentes extratores. Bem, para determinar substâncias nocivas aos seres humanos como, por exemplo, flúor e cloro, dentre outros germicidas foto-orgânicos comuns em águas canalizadas, o analista deve saber, além de muitas outras informações, a hora da coleta para identificação dos foto-orgânicos. Isso decorre pelo fato destas substâncias serem foto degradadas. Isto é, sua estrutura química e propriedades (químicas e bioquímicas) são frequentemente modificadas pela ação da luz do sol. Análises de água de piscina coletadas ao meio-dia tendem a apresentar teores (concentrações) de cloro menores quando comparados às coletadas ao amanhecer.

Cabe aqui lembrar que as substâncias químicas conhecidas como germicidas são aquelas que matam formas vegetativas de microrganismos, mas não necessariamente os patogênicos e nem sempre exterminam as formas esporuladas, como o peróxido de hidrogênio e

o ácido paracético. Os germicidas que matam as formas vegetativas patogênicas são chamados de desinfetantes como, por exemplo, o hipoclorito de sódio e o permanganato de potássio.

Outra fundamentação analítica pertinente é saber diferenciar o elemento químico de uma substância pura, principalmente suas representações químicas. Quando escrevemos Fe^0 em uma equação química estamos nos referindo ao material ferro (substância pura). Já quando escrevemos Fe^{2+} e Fe^{3+} estamos nos referindo as suas formas mais usuais, seja como íon ferroso (Fe^{2+}), que tende a ser mais solúvel ou férrico (Fe^{3+}), compondo minerais como hematita. No caso dos chamados metais alcalinos e alcalinos terrosos esse comportamento não ocorre, pois tais elementos apresentam somente um estado de oxidação, no caso são cátions monovalentes e bivalentes, respectivamente.

É preciso esclarecer que identificar ou quantificar cálcio em amostras de rocha sedimentar, como o calcário, é bem diferente de determiná-lo em amostras de leite, ossos, hortaliças e águas. No primeiro caso, como a concentração no leite é elevada, basta utilizar um método simples como gravimetria (método qualitativo que usa como parâmetro a massa), no segundo, podem-se utilizar métodos volumétricos (quando usa o volume como parâmetro); no terceiro, e quarto, por apresentar uma baixa concentração, é necessário utilizar análise instrumental, ou seja, metodologias mais sensíveis por meio de instrumentos como a fotometria de chama (técnica mais simples) ou espectroscopia de absorção atômica (mais complexa).

Apesar do químico ter à disposição diversas técnicas analíticas de quantificação chamadas “UpDate” pode-se, em alguns casos, ter boa resposta com técnicas comuns, como uma simples titulação. O químico em uma perícia ambiental pode, dependendo das suas condições, optar por uma metodologia mais simples ou mais complexa, ou mesmo formular uma metodologia específica, de acordo com as suas necessidades. Mas o que leva o químico analítico a escolher a metodologia mais adequada? Sem sombra de dúvidas é a sua expectativa na quantificação, tempo de resposta, suas condições físicas e econômicas, e claro: tipo de amostra e procedimentos experimentais.

A análise qualitativa, é a parte do ramo da Química Analítica que tem por finalidade a identificação ou pesquisa dos elementos, íons ou substâncias que constituem uma determinada amostra. Quando dispomos de uma amostra desconhecida, a primeira exigência é, geralmente, determinar quais as substâncias que nela estão presentes. Em geral, a análise qualitativa antecede à Química Quantitativa.

Essa situação pode ser encontrada, em alguns casos, por exemplo para identificar as impurezas presentes numa amostra ou, talvez, para confirmar a ausência dessas impurezas em outras amostras. A resolução destas questões está no domínio da análise química qualitativa.

Os testes em Química Qualitativa podem ser realizados de forma rápida, uma vez que não se preocupa em determinar a quantidade de matéria presente. Uma análise clássica é aquela que possui como método de detecção a simples observação das propriedades organolépticas. Testes mais apurados de identificação podem ser realizadas por meio de duas formas básicas de reação: via seca, em geral feito por teste de chama e via úmida, no caso da análise de cátions (cinco grupos divididos por solubilidade) e de ânions (dois grupos divididos por reação de desprendimento de gás, precipitação e oxi-redução).

A análise quantitativa, é a parte da química analítica que nos permite determinar a composição quantitativa dos elementos, ou substâncias, que entram na constituição de uma determinada amostra, quando em estudo. Em geral, essa análise é mais minuciosa, principalmente quando o analito encontra-se em nível de partes por milhão (ppm) ou na razão massa-volume expresso em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ou partes por bilhão (ppb) ou na razão massa-volume expresso em $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Uma vez identificada a natureza dos constituintes de uma amostra, por meio da análise química qualitativa, será possível determinar a quantidade de cada componente, ou de certos constituintes, presentes nessa amostra. Estas determinações estão no domínio da análise quantitativa, e já dispomos de muitas técnicas para conseguir a informação desejada.

8.2 Laudos químicos

É conveniente que um profissional, independente da sua formação, tenha conhecimento do que é um laudo químico. Para isso, vamos fazer algumas considerações: toda vez que você fizer uma análise (laboratorial ou não) de uma amostra (biótica ou não) e obtiver um resultado você vai ter em mãos um “laudo”. Tal documento é, na verdade, um relatório contendo apenas os dados amostrais, isso é, resultados provenientes de uma determinada análise.

A partir do momento em que você começa a discutir esses dados, eles passam a ser denominados tecnicamente como meta-dados, ou seja: resultados que vão ser usados como referência ou confrontados (discutidos). E assim vão ser “avaliados”, para que se possa conhecer a amostra e, por fim, entender o ambiente no qual foi coletada. Isso é bem parecido com a nossa vida cotidiana, quando você vai a um laboratório de “análises” clínicas, eles vão coletar uma amostra de seu sangue, ou de sua urina, ou de suas fezes e após análise em laboratório (que pode durar dias ou semanas) lhe fornecem um “laudo”.

Nesse documento estarão especificadas todas as faixas consideradas normais para todos aqueles parâmetros analisados. Se você estiver dentro da faixa, tudo bem. Se não estiver, você terá que buscar um médico, para que ele faça uma avaliação daquela análise (laudo). O médico vai avaliar a análise feita por um químico ou bioquímico. Pode-se dizer que para toda avaliação é obrigatória ter em mãos uma “análise”, isto é, um laudo da amostra estudada; mas lembre-se que a recíproca não é verdadeira.

Os resultados obtidos nas determinações analíticas não significam a ausência completa de erros, mas a obtenção de resultados uniformes, com precisão adequada, que permita fazer previsões sob hipóteses de uma distribuição normal. A exatidão significa ter resultados exatos (sem erros), o que é mais difícil; na maioria das vezes vamos ter resultados precisos. Isto é: resultados que podem conter erros não significativos; o que, dependendo do caso, pode não

inferir em prejuízos. Essas informações vão ser melhor compreendidas quando você for buscar a estatística. O químico analítico deve não somente conhecer os erros a que está sujeito um dado método mas, além disso, saber analisar sua influência sobre os resultados obtidos por uma determinada metodologia.

Quanto aos erros, é claro que é impossível eliminá-los totalmente, mas é uma vantagem termos hábeis para determiná-los, e, assim, termos um conhecimento concreto da segurança dos nossos resultados. Para garantir o controle das análises e com isso ter confiança nos resultados é necessário: instalações adequadas de análises; treinamento e capacitação dos pesquisadores, uso de vidrarias, solventes e outros materiais com qualidade reconhecida; manutenção e calibração de equipamentos e, por fim, um tratamento estatístico adequado dos resultados.

Uma condição propícia para a obtenção de resultados ambientais fidedignos é, sem sombra de dúvidas, a utilização de técnicas corretas de amostragem, bem como o plano de amostragem, sejam essas em amostras naturais (solo, água, sedimento, vegetação, e outros seres vivos) ou não. Cabe ressaltar que, quando houver variação entre o valor médio e o de uma nova leitura da mesma amostra, estaremos diante de um erro que pode ser: a) determinado, é um tipo de erro que pode ser evitado, é originado do método e da parte operacional do equipamento; b) casual, é um erro inevitável, mas pode ser tratado estatisticamente.

O plano de amostragem é a primeira atividade de um profissional naquilo que chamamos de investigação ambiental confirmatória. Nesse caso, inclui: discussão e escolha dos procedimentos experimentais que deverão ser usados. Principalmente por causa da diversidade de amostras desde “naturais” como solo, água, sedimento, vegetação etc., até “biológicas” como sangue, cabelo, urina, etc.

No que tange aos parâmetros das análises, as conversões dos sinais analíticos em valores correspondentes de concentração podem ser feitas por vários métodos:

a) Curva de calibração, é o mais adotado nos laboratórios de pesquisa. Consiste na leitura de uma série de padrões cujas concentrações são conhecidas e na confecção de um gráfico em que as respostas do equipamento são plotadas no eixo das ordenadas e os valores das concentrações dos padrões no eixo das abcissas. O gráfico torna possível a detecção da concentração das amostras desconhecidas por meio da interpolação, já que os parâmetros físicos são valores fornecidos pelo instrumento de medida;

b) Método das adições-padrão, é utilizado para amostras menos concentradas, nesse caso, adicionam-se quantidades diferentes de um padrão a volumes iguais e conhecidos da solução problema (amostra) e anota-se a diferença obtida na leitura e, por fim, constrói-se um gráfico. Se a curva-resposta com os incrementos for linear, a concentração da amostra pode ser obtida por meio da extrapolação da reta, encontrando o valor da concentração no cruzamento com o eixo 'x';

c) Método do padrão interno, também chamado de íon-piloto, serve para minimizar erros de reprodutibilidade. Consiste em adicionar às amostras e aos padrões uma quantidade fixa de um elemento, cujas propriedades são similares ao do analito (parte interessada na amostra). Os sinais são comparados: padrão interno e analito, e os desvios sofridos pela adição são computados.

Para finalizar esse assunto, queria dizer que as técnicas tradicionais, empregadas nos últimos anos, têm se somado a um conjunto de outras técnicas e de outros indicadores de caráter químico, físico-químico, bioquímico, biológico e microbiológico; facilitando e agilizando as análises. Em geral, a constatação da presença de contaminantes em águas, sedimentos, solo, plantas, animais e mesmo na atmosfera, é expressa através de um valor obtido no laboratório por meio de informações (amostras) de campo.

No sub tópico a seguir, serão descritas as principais e mais usuais técnicas instrumentais atualmente utilizados em química analítica ambiental. A maioria desses métodos (técnicas) é fundamentado na escala eletromagnética do espectro: Raios x (10^{-2} a 10^2 A^o), Ultra-

violeta (afastado: 10 a 200nm, próximo: 200 a 400nm), Visível (400 a 800 nm), Infravermelho (próximo: 14000 a 400 cm^{-1} , médio: 200 a 400 cm^{-1} , afastado: 400 a 200 cm^{-1}), Microondas (0,1 a 100 cm) e Ondas de rádio (100 a 1000 cm), dentre outras.

8.3 Métodos instrumentais

O desenvolvimento de métodos analíticos decorre diretamente do avanço de novos instrumentos de medida. Atualmente o químico ambiental tem a obrigação de conhecer pelo menos um destes métodos de análise. Estes métodos têm contribuído de forma isolada ou de forma associada ao avanço da ciência. Quase todas as propriedades físicas, químicas e biológicas (como imunoensaios) de um determinado elemento ou composto pode servir como base a um método para sua análise, avaliação e detecção.

Assim, propriedades como mudança de cor, formação de precipitados, absorção de luz, condutividade, ionizabilidade, dentre outras podem servir como fundamentos para métodos analíticos. Para se ter ideia, uma propriedade como a radioatividade conduziu a vários métodos analíticos de significados extremamente úteis em vários ramos. O texto relatando as técnicas apresentadas foram baseadas em livros de química orgânica e química analítica, como no caso dos autores: Silverstein *et al.*⁸⁴, Solomons e Fryhle⁸⁵ e Skoog *et al.*⁸⁶.

Espectroscopia de Emissão, essa técnica foi obtida porque muitos elementos metálicos sob excitação conveniente emitem radiação de comprimentos de onda (λ) característicos. Usando uma excitação elétrica mais poderosa que a chama (cerca de 800 °C), como no caso do plasma (cerca de 5.000 °C), pode-se estender esta técnica para um número maior de elementos metálicos e alguns não metálicos. Os aparelhos mais conhecidos são o Plasma (ICP, Plasma acoplado indutivamente) e o fotômetro de chama. Existe um grande número de fotômetros de chama ditos comerciais, variando sensibilidade, sofisticação e preço. Planejados para várias aplicações onde o maior

interesse é pelos metais Na, K e Ca, frequentemente requerido nas chamadas análises clínicas. Seu princípio fundamental reside no fato da energia da radiação a λ característicos para um determinado elemento ser quase proporcional à sua concentração. Já na técnica do Plasma os princípios são os mesmos de um fotômetro, exceto a temperatura da chama. Embora apresente alta sensibilidade esta técnica ainda não é comum nos laboratórios de pesquisa, devido a seu alto custo e operação minuciosa do aparelho.

Raios x, como ocorre com outras regiões do espectro eletromagnético a matéria também pode absorver os raios-x e o grau de absorção é controlado pela natureza do composto. O aparelho permite a análise de substâncias cujos átomos estejam ordenados, com alto grau de especificidade e precisão. A diferença fundamental entre a absorção de raios-x e a de outras radiações de λ mais longo é que o fenômeno é atômico e não molecular. Como os raios x são ondas eletromagnéticas de mesma natureza que a da luz, elas podem se difratar de modo semelhantes. A difração de raios-x, fundamentada na lei de Bragg, é de alto interesse quando é aplicada ao estudo de substâncias cristalinas. Estas substâncias apresentam uma distância entre os planos sempre idêntica em todas as direções. Um aparelho de difração, que opera com uma rede de cristal de distância conhecida, é chamado de espectrômetro de raios-x. Silva⁴¹ obteve difratogramas de raios-x, para AH-comercial e AH-solo, utilizando um aparelho de raios-x com tubo de radiação Cu- α ($\lambda = 1,54\text{Å}$), a 35 kV e 25 mA°.

Métodos Eletroanalíticos, incluem técnicas conhecidas como potenciometria, que é uma aplicação analítica direta da equação de Nerst: ($E_{\text{oxi/red}} = E_0 + R.T / n.F . [\text{oxid}] / [\text{red}]$), medindo-se os potenciais de eletrodo não polarizados em condições de corrente zero. A única exigência é que a reação envolva a adição ou remoção de algum íon para o local onde se encontra o eletrodo. O potencial é medido tanto por adições sucessivas de pequenos volumes do titulante ou continuamente com registro automático. Com base nas curvas de titulação, pode-se fazer as derivadas 1ª e 2ª e obter os pKa da referida amostra. A técnica

de voltametria inclui o estudo da composição de soluções eletrolíticas diluídas, por meio de gráficos de curvas corrente-voltagem. Já a polarografia é aplicada, quando se faz uso de um eletrodo gotejante de mercúrio. O eletrodo não polarizado é o eletrodo de referência, geralmente calomelano saturado. A amperometria é semelhante à voltametria com exceção do fato de que ambos os eletrodos serem polarizados. Silva³⁰ obteve a concentração dos metais Zn, Cd e Pb por meio de Polarografia de Redissolução Anódica utilizando-se um polarógrafo (384-B da EGSG PAR), interfaceado a um micro-computador. O uso da técnica deveu-se aos metais, na amostra, estarem em nível de ppb.

Ressonância Magnética Nuclear, essa técnica de RMN, foi obtida por observação de substâncias que tinham núcleos com momento magnético “m” e angular “j”. Esses momentos se correlacionam por meio da razão giromagnética “γ” que é uma constante para cada isótopo. Os principais parâmetros espectrais da RMN são o deslocamento químico, o acoplamento spin-spin, os processos de relaxação e suas interações. Sendo o deslocamento químico o principal parâmetro tanto para amostras sólidas, quanto para líquidas. Já o acoplamento spin-spin pode ser útil no estudo de moléculas simples, neste caso o mais usual é o ¹³C. Os equipamentos são constituídos de um ímã, um transmissor, uma sonda e um receptor. O ímã tem a função de separar os níveis energéticos e determinar a frequência dos spins e conseqüentemente a frequência de ressonância do aparelho; o transmissor tem a função de emitir a frequência de rádio que entra em ressonância com os spins; a sonda tem a função de servir como sensor, que capta e purifica o sinal e o receptor a função de amplificar e determinar o sinal. Através deste complexo sistema é fornecido um espectro onde podemos fazer nossas extrapolações. Silva⁸⁷ obteve espectros de RMN ¹³C de amostras de substâncias húmicas, no estado sólido, utilizando um espectrômetro Varian (Unity 400).

Ressonância Paramagnética Eletrônica, essa técnica conhecida por EPR, Electronic Paramagnetic Resonance, é muito usada em

experimentos com matéria orgânica do solo e da água, é um fenômeno de absorção de energia de elétrons não emparelhados de um átomo, molécula ou íon quando estas se encontram sujeitas à aplicação de um campo magnético. Assim a condição necessária para a utilização da EPR é a presença no sistema de elétrons desemparelhados. Essa situação está presente em alguns metais, nos radicais livres e em alguns pesticidas. As principais características da técnica de EPR são: a) permite analisar amostras sólidas, líquidas e gasosas, b) tem alta sensibilidade na identificação e determinação da concentração do elemento paramagnético, c) determina o íon metálico e seus átomos ligantes e d) localiza e identifica os radicais livres. Silva⁴¹ obteve no laboratório da Embrapa instrumentação agropecuária, em São Carlos, SP bons resultados no uso de EPR em amostras de ácidos húmicos extraídas de solos.

Espectroscopia de Massa, embora seja uma técnica individualizada, em geral é acoplada a outra técnica, visando um melhor aproveitamento; sendo mais comum em cromatógrafos. O espectro de massas é um gráfico contendo as massas dos fragmentos carregados positivamente nas suas concentrações relativas. O pico mais intenso é chamado de pico base e tem sua intensidade arbitrada em 100. O entendimento dos mecanismos de fragmentação de uma molécula é iniciada com sua ionização homolítica ou heterolítica. Na quebra homolítica só um elemento move-se gerando fragmentos, enquanto na heterolítica 2 ou mais fragmentos movem-se independentemente. Este aparelho é melhor aproveitado, como vimos, quando aplicado na saída de um cromatógrafo, seja este gasoso ou líquido⁸⁴.

Analizador de Elementos, é um equipamento imprescindível em todos os laboratórios de pesquisa. Algumas revistas específicas de química instrumental só aceitam publicações se estiverem especificadas no texto a caracterização por meio de um “auto-analysis”, termo em inglês para analisador de elementos. Fornece a distribuição percentual dos átomos que compõem a rede estrutural do analito. Esta técnica

é fundamentada no princípio da queima, cuja análise do conteúdo relativo de carbono, hidrogênio, nitrogênio e enxofre revela a natureza química da substância. Silva⁴¹ obteve o conteúdo de C, H, O, N e S nas amostras de ácidos húmicos por meio de um analisador de elementos CNHS da marca Perkin Elmer, PE-2400.

Microscopia Eletrônica, a técnica pode ser utilizada por meio da MEV, microscopia eletrônica de varredura, ou SEM, Scan Eletronic Microscopy, e/ou por meio microscopia de tunelamento, MET ou TEM, Tuneling Eletronic Microscopy. O equipamento de SEM funciona baseado na obtenção de uma imagem formada por um feixe de elétrons que caminham sobre os átomos. Neste caso, a imagem é formada, não por contraste, mas por elétrons secundários emitidos da superfície da amostra, quando um feixe de elétrons é varrido através da superfície, sendo estes detectados e computados. Já equipamento TEM funciona da mesma maneira que a microscopia óptica, exceto que o comprimento de onda (λ) da radiação incidente é 10^{-5} . Em geral, sua resolução é de 0,1 ou 0,2 nm, enquanto na óptica é de 150 ou 200nm. Um dos principais problemas é a obtenção de contraste suficiente para permitir uma boa distinção na configuração estrutural. Em geral, os aparelhos de SEM e TEM são microscópios complexos, caros, de difícil manuseio e de difícil manutenção.

Cromatografia, das modernas técnicas de análise é a que ocupa lugar de destaque, devido sua facilidade em efetuar a separação, identificação e quantificação das espécies químicas; por si mesma ou em conjunto com outras técnicas. Seu fundamento é a separação de componentes entre duas fases, que estão em contato íntimo. Uma das fases permanece estacionária, enquanto a outra move-se através dela. Durante a passagem da fase móvel sobre a fase estacionária os componentes da mistura são distribuídos entre as fases de tal forma, que cada um dos componentes seja seletivamente retido pela fase estacionária, resultando em migrações diferenciais destes componentes. Apresenta-se sob duas possibilidades: a Cromatografia Líquida e Alta Eficiência, CLAE ou HPLC (em inglês) e Cromatografia Gasosa, CG

ou GC (em inglês). Quando acopladas com espectrômetro de massa, as siglas ficam: HPLC-MS ou GC-MS.

Métodos Volumétricos e Gravimétricos, a titulação é um procedimento utilizado com muita frequência pelos químicos analíticos. Essa técnica visa, por meio da reação de duas soluções; determinarmos a concentração de uma delas, desde que se conheça a concentração da outra. O equilíbrio será percebido pelo ponto de viragem facilitado pela adição de um indicador. As medidas físicas são envolvidas de duas maneiras: na identificação do ponto de equivalência e na medida da quantidade de reagente consumido. A curva de titulação é o gráfico do pH vs quantidade de titulante. No caso da titulação potenciométrica o potencial é medido tanto por adições sucessivas de pequenos volumes do titulante ou continuamente com registro automático. Já o termo gravimetria é aplicado para aquelas determinações baseadas na massa. As primeiras análises foram obtidas pesando a massa da amostra. As determinações gravimétricas tornaram-se possíveis graças à invenção da balança. Atualmente, devido à tecnologia, as balanças são de fácil uso e eficientes. Com isto obtêm-se resultados mais precisos. As reações de precipitação e de oxido-redução servem como fundamentos para esta técnica.

Métodos Espectrofotométricos, este tópico teve como objetivo trazer informações sucintas sobre o uso das técnicas espectrofotométricas EAA (absorção Atômica) UV-Vis (ultra violeta-visível) e IR (infravermelho). Lembrando a você que as técnicas ópticas são divergentes; ao ponto de não ser disponível nenhum espectrofotômetro que cubra ao mesmo tempo e, sem modificação, todos os intervalos de comprimentos de ondas (λ) desejados.

EAA, é largamente utilizada em análises químicas rotineiras, em virtude de seu baixo custo de operação de sua facilidade em poder analisar grande número de amostras em pouco tempo. É eficiente no estudo da poluição por metais, detectando cerca de 60 elementos; porém, quando a especiação química é requerida, devem-se empregar técnicas de separação. Essa técnica determina o metal total presente na solução; não mostrando diferenças para concentrações de

amostras contendo metais em outras formas de valência. Em geral, a determinação é realizada utilizando-se chama Ar-acetileno ou óxido nitroso-acetileno. Silva³⁰ obteve seus resultados utilizando um EAA de feixe duplo. As soluções foram aspiradas diretamente em chama de acetileno-óxido nitroso, comprimento de onda 359 nm, abertura da fenda 0,2 mm e corrente da lâmpada 6,0 mA.

UV-Vis, a absorção molecular na região do ultra violeta (UV) e do visível (Vis) vem sendo usada para identificação e determinação de espécies orgânicas, inorgânicas e bioquímicas. A medida da absorção seletiva da radiação visível por uma solução é chamada de colorímetro. Silva⁴¹ obteve seus espectros (UV) por meio da leitura das suspensões de ácidos húmicos em um espectrofotômetro Hitachi U2000, com célula de quartzo de 1 cm de percurso ótico.

IR, baseia-se num mecanismo que permite distinguir vibrações moleculares (estiramento e deformacionais) de diversos grupos funcionais. É uma das mais completas técnicas disponível para identificação de compostos orgânicos puros. A aplicação de IRTF (IR com transformada de Fourier) proporciona maior velocidade de leitura, permitindo a obtenção de um somatório de vários espectros, melhorando a definição dos sinais. Silva⁸⁷ obteve espectros de IR de ácidos húmicos no estado sólido em um aparelho marca Perkin Elmer Spectrum 1000, lidos em pastilhas de KBr.

8.4 Superfície das partículas

A pretensão deste tópico é fornecer ao leitor informação sobre: a relevância do tamanho das partículas. Como é sabido, quanto menor o tamanho da partícula mais reativa ela será, por causa de sua maior área superficial. A determinação da superfície das partículas está diretamente associada aos processos de adsorção e dessorção de poluentes por meio destas referidas partículas, que podem ser de origem orgânica ou inorgânica.

O termo partícula se enquadra preferencialmente na ciência dos colóides (tamanho entre 1 a 100 nm). Uma mesma substância que em um meio forma uma dispersão coloidal, pode em outras originar uma suspensão (tamanho acima de 100 nm), ou seja, o fator determinante é o estado de divisão das partículas e não sua natureza química. Já o termo superfície é geralmente empregado para determinar a área exposta por alguma partícula, ou quando se deseja conhecer a região limite que separa a partícula do meio. A falta de uniformidade das partículas, induz, em geral, as estruturas heterogêneas e bastante complexas, embora com propriedades químicas semelhantes⁸⁸. Por esta razão, o termo superfície se enquadrará, neste caso, apenas na determinação da conformação destas partículas, não sendo possível, ainda, a determinação quantitativa da área real exposta.

Para moléculas esféricas condensadas não é difícil calcular sua área ou seu tamanho molecular, pois, pela facilidade, muitos cálculos teóricos adotam modelos esféricos. Já para macromoléculas disformes, a estimativa de seu tamanho, bem como forma, tornar-se mais difícil, necessitando utilizar o raio giratório (R_g), que é uma média esférica integrada de todas as configurações da partícula.

A superfície de uma partícula compreende não somente a camada superficial de átomos e moléculas, mas também a camada de transição, com composição não uniforme, que varia continuamente daquela camada externa. Assim, a superfície pode ser várias camadas atômicas em profundidade⁸⁶. Para uma dada massa, a superfície específica, SE (unidade de área por unidade de massa) aumenta diretamente com a diminuição do tamanho da partícula, tornando-se enorme para colóides.

Por essa razão, mesmo o constituinte orgânico (ácido húmico) e mineral (montmorilonita) serem de tamanho coloidal, a SE média da fração orgânica é 900 m²/g e da fração mineral apenas 150 m²/g, isto decorre dos AH serem macromoléculas disformes e entrelaçadas, enquanto a fração mineral apresenta-se na forma de lâminas e nódulos,

no caso dos óxidos. Segundo Grohmann⁸⁹, a determinação da SE é bastante influenciada pelo método utilizado: adsorção de EGME (etilenoglicol), N₂, H₂O e por DMC (diâmetro médio do cristal), e este por sua vez é requerido de acordo com o tipo de amostra.

Cabe lembrar que toda partícula pode adsorver uma certa quantidade de gás, a intensidade dependerá da temperatura e pressão do gás e da área superficial efetiva da partícula⁸⁸. A capacidade da camada monomolecular 'Vm' é um parâmetro particularmente útil, uma vez que pode levar a calcular a área superficial de um adsorvente, desde que se conheça a área efetiva que cada molécula de adsorvato ocupa. O adsorvato mais usado é o N₂ a 77 K, entretanto devido ao tamanho da molécula não é adequado para partículas que apresentam 'vacâncias' de diâmetro menor que a molécula de N₂. Para a determinação da superfície de partículas húmicas deve-se, primeiramente, conhecer seu tamanho, peso e forma/conformação que, dependendo do meio, pode ser literalmente modificada. Por isso, neste tipo de determinação deve-se especificar e controlar parâmetros que governam a conformação, como pH, força iônica, concentração da amostra, dentre outros.

Embora a forma exata destas partículas coloidais seja incerta, a sua estrutura pode ser estudada à base de modelos, que permitam descrever propriedades do solo em nível 'nanoquímico' e simular/deduzir interações, principalmente com poluentes orgânicos e inorgânicos. Partindo de estruturas bidimensionais já conhecidas, Schukin *et al.*⁸⁸, deduziram modelos tridimensionais para partículas através de combinações geoquímicas, química coloidal, microscopia eletrônica, IV, RMN e espectroscopia de Raios X, além de técnicas como cromatografia gasosa por pirólise, acoplada a espectrômetro de massa (Py-CG-MS). Os autores concluíram que características importantes como atividade superficial, capacidade de troca iônica, e processos de interação, podem ser ilustrados por estes modelos.

É bom lembrar que nenhum dos métodos utilizados para medida de superfície de partículas, como a determinação do tamanho (cromatografia de permeação em gel, espalhamento de luz e raios-x)

e o peso molecular (ultracentrifugação, viscosimetria, medidas de propriedades coligativas) garantem resultados, por si só, conclusivos. A comparação de resultados, neste caso se enquadra tanto para métodos diretos quanto indiretos, também é outro problema, pois, para uma mesma amostra pode-se variar o método empregado, e para um mesmo método, pode-se usar procedimentos diferentes⁹⁰.

Existem vários métodos que podem ser usados para determinação direta de *superfícies*, como os físicos, que envolvem obtenção de imagens ópticas, e microscopia eletrônica, e como os “espectrofotométricos”, que incluem XPS (espectroscopia fotoelétrica de raios-x), AES (espectroscopia eletrônica Auger), VPS (espectroscopia fotoelétrica UV), SIMS (espectroscopia de massa com íons secundários), LMMS (espectroscopia de massa com microsonda a laser) e EM (microsonda eletrônica).

8.5 Amostragem

Bem, agora vamos discutir mais precisamente assuntos voltados ao monitoramento. No caso, as escolhas dos pontos de coleta, as formas de coleta, tipos de amostragem e os tratamentos que devemos proceder para analisar as amostras (*samples*, em inglês).

O profissional da química ambiental sabe muito bem o que significa um resultado analítico. Esse pode ser obtido de diferentes matrizes, como: água, solo, planta, ar etc. O valor (resultado da análise) representará, o *standing crop* químico. É como ter nas mãos algo estático um valor, portanto, que é totalmente interpretativo (dinâmico). Lembrando que os fluxos naturais representam a dinâmica do ambiente em estudo terrestre, aquático ou aéreo. Estas interfaces assumem, fisicamente, outras conotações e dimensões, como por exemplo, as interfaces solo-água, água-ar, solo-ar e sedimento-água. Muito do conhecimento da ciclagem de nutrientes e contaminantes que se tem hoje, foi adquirido porque nos habilitamos a determinar fluxos desses elementos nestas interfaces. Por isso, saber amostrar corretamente um ambiente, nem sempre é tarefa fácil.

A amostragem, que não deixa de ser uma técnica é, na verdade, uma série de operações que permitem extrair de um determinado sistema porções que, combinadas e reduzidas a tamanho apropriado, dão uma parcela com características representativas do sistema⁹¹. Cada uma dessas porções é chamada de amostra simples e a combinação delas de amostra composta, o uso e adequação dependerá das suas necessidades, pois ambas são consideradas como amostras representativas. E com seus resultados analíticos pode-se fazer diversas extrapolações e deduções; e vai depender do grau de confiabilidade matemática em questão.

É preciso reforçar que a estatística é uma das principais ferramentas para conclusões de monitoramento ambiental. Em alguns casos, dependendo do teste realizado, o profissional poderá entender um pouco melhor a confusão ou dispersão de seus dados. Com base na estatística você consegue direcionar os dados para ter uma melhor discussão e, por fim, aquilo que todos nós almejamos: uma conclusão mais confiável. Mas não se preocupe, pois, caso queira se aprofundar, existem diversos livros de estatística básica nas bibliotecas que podem e devem ser consultados.

No que tange às técnicas probabilísticas ou aleatórias, essas garantem a possibilidade de realizar afirmações sobre o comportamento de um agente químico com base apenas nas amostras. Para facilitar o entendimento da parte matemática, vamos chamar o ambiente (com todos os agentes) de população e a amostra de indivíduo. Normalmente, todos os elementos da população possuem a mesma probabilidade de serem selecionados pelo analista. Assim, considerando N como o tamanho da população, a probabilidade de cada indivíduo ser selecionado será $1/N$.

Tais técnicas de amostragem estatística garantem o acaso na escolha, isto é, o analista não fica condicionado a coletar uma amostra por “gostar ou querer”. Visando reforçar a informação vamos apresentar algumas destas técnicas probabilísticas:

a) Amostragem Aleatória Simples - processo mais elementar e frequentemente utilizado. Pode ser realizado numerando-se os

elementos da população de 1 a N e sorteando-se, por meio de um dispositivo aleatório qualquer “x” números dessa sequência, que corresponderão aos elementos pertencente à amostra;

b) Amostragem Estratificada - quando a população possui características que permitem a criação de subconjuntos, as amostras extraídas por amostragem simples são menos representativas. Nesse caso, é utilizada a amostragem estratificada.

Como o ambiente (no caso da estatística, a população) se divide em subconjuntos, convém que o sorteio dos elementos (coleta das amostras) deva levar em consideração tais divisões, para que os elementos da amostra sejam proporcionais ao número de elementos desses subconjuntos. Mais detalhes ver livros de estatística⁹².

8.5.1 Obtenção de amostras

Neste subtópico vamos comentar sobre aqueles procedimentos metodológicos e analíticos utilizados para obtenção de uma amostra, seja esta coletada na terra, na água ou no ar. Entretanto, além destas considerações técnicas, devemos ter sempre em mente que a amostragem é a principal, e mais importante etapa no processo de monitoramento ambiental. Claro que, conjuntamente, com a obtenção de amostras confiáveis, isto é, coletadas de forma correta e, portanto, armazenadas corretamente, para que bem transportadas possam ser analisadas de forma exitosa.

Uma amostragem mal feita, que não seguiu a metodologia adequada (segundo a literatura), pode significar escolhas erradas dos pontos para amostrar e uma coleta errada. Essa situação induzirá o analista ao erro por meio de dados incoerentes e, portanto, conclusões erradas; o que é inadmissível para profissionais de qualquer área, seja ambiental, médica, judicial etc. Em outras áreas, a etapa de coleta pode ser considerada como a mais cuidadosa e complexa. Imagine alguém amostrando e/ou coletando, por exemplo, seu sangue com materiais (utensílios) errados? ou ainda, de forma (procedimentos) errada?

Essa situação: amostragem inadequada e coleta incorreta de amostras biológicas humanas podem causar danos irreversíveis a uma determinada pessoa. Um exemplo, infelizmente comum, é a coleta errada de amostras da medula ou de líquido amniótico de pacientes hospitalizados em ambientes inadequados.

O uso adequado dos recursos naturais pelo homem passa, necessariamente, pelo seu uso racional e sustentável. Além de um controle e monitoramento dos diversos compartimentos (abióticos e bióticos) que compõem o meio ambiente, seja aquático, terrestre ou aéreo. Para um monitoramento ambiental exitoso é necessário que se façam amostragens corretas visando representar todo o local de estudo, utilizando-se de eficazes procedimentos de coleta, manuseio e estocagem. O monitoramento de um ambiente, sem sombra de dúvidas é a melhor e mais efetiva forma de controle e conservação dos recursos naturais. Dessa forma, pode-se preservar, com mais garantia os ecossistemas e garantir a qualidade de vida. Mais detalhes sobre técnicas de obtenção de amostras naturais, bem como preservação e transporte podem ser obtidos na literatura como nos livros de Agudo⁹³, Forstner e Wittmann⁵⁰, Girard²².

8.5.2 Coleta e amostras

Meu caro leitor, vamos evitar a confusão entre os termos “coleta” e “amostragem”. Lembre-se que amostragem é quando uma parte (amostra) representa o todo (o que se vai estudar). E para termos a amostra precisamos coletá-la, seja na terra, no ar ou na água. Claro que uma definição mais generalista para amostragem poderia ser: estudo de um pequeno grupo de elementos retirado de uma população que se pretende conhecer; e esses pequenos grupos retirados da população são chamados de “amostras”.

Como pode ser visto de forma ilustrativa na figura 4, a amostragem é um processo complexo que inclui desde condições meteorológicas passando pela logística e até a capacitação de recursos humanos. Muito embora inicie com a coleta.

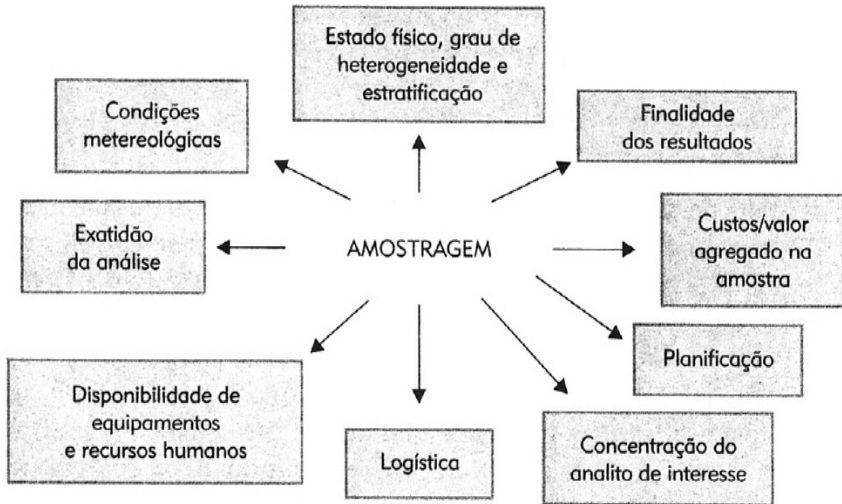


Figura 4. Esquema resumido do complexo processo de amostragem²³.

Cabe aqui ressaltar que: na amostragem consideramos apenas parte de uma população (diferentemente de um censo demográfico), o tempo para análise e o custo são menores, além de ser mais fácil e gerar resultados satisfatórios. Ou como se diz na estatística: “os resultados são significativos”.

Agora vamos aprender a realizar um “estudo” por amostragem, conhecendo suas diferentes técnicas. Para realizar um estudo por amostragem, a amostra deve ser representativa da população estudada. Para isso, existem técnicas adequadas para cada tipo de situação.

Amostras gasosas, quase sempre a coleta (ambiental) dessas amostras é feita no ar que respiramos, tendo como matriz a atmosfera. Por ter a complexa propriedade de dispersar a mistura que a compõe, de acordo com as condições meteorológicas, requer coletores de grandes volumes, conhecidos por “Hi-Vol”. Na maioria das vezes essas amostras são homogêneas, ainda que muito diluídas, e sofrem forte influência da temperatura (ar quente sobe, ar frio desce). Esse tipo de coleta também apresenta outra dificuldade, o fato de necessitar de fonte de energia para

obtenção da amostra, em geral usamos sistemas com pressão negativa (sucção) e recolhimento em filtros. Tal procedimento analítico recebe o nome de sistema passivo de coleta. Caso você queira mais informações sobre contaminantes aéreos acesse o sítio do Ministério das Cidades e da Confederação Nacional do Transporte.

Amostras líquidas, a coleta de amostras de cunho ambiental, na maioria das vezes, é feita em corpos d'água. A coleta de água (seja de estuário, de rio ou de mar) pode ser feita de várias formas: utilizando garrafas de vidro, plástico ou metal, vai depender do parâmetro ou do analito a ser estudado na água. Tais amostras podem ser recolhidas próximo à superfície ou na sub-superfície, dependendo da necessidade. No primeiro caso é feita manualmente e, no segundo, com auxílio de instrumentos como garrafas, tipo Van Dorn. Algumas amostras de água podem ser analisadas *in natura* ou por meio de tratamento.

É bom enfatizar que a amostragem nos corpos d'água não se constitui unicamente na coleta e na análise de laboratório. Envolve atividades de processamento e interpretação de dados que permitem a tomada de decisões relativas às exigências de tratamento e controle das diversas fontes de poluição. Envolve também a realização de medições de campo e a coleta de amostras propriamente ditas, de preferência nos pontos mais representativos. Para isto, devemos utilizar equipamentos adequados de coleta e métodos de preservação das amostras, que deverão ser transportadas sem anormalidades.

A frequência de amostragem, bem como as variações sazonais estão relacionadas com fenômenos de estratificação. Assim como modificação da biota que dependendo do tipo de ambiente (lago ou rio), as amostragens podem ser desenvolvidas em função de seus ciclos naturais. Lembrando que nas amostragens de rotina, a frequência adotada deverá ser (de preferência) bimestral. Outra informação relevante é que a frequência dessas amostragens deve ser aumentada nas estações próximas aos locais de maior uso da água como medida de segurança, ou levando-se em consideração as necessidades da pesquisa.

A metodologia de amostragem leva uma inspeção minuciosa do ambiente aquático, deve fornecer uma ideia aproximada do ponto de amostragem, admitindo-se uma margem de erro proporcional ao tamanho do ambiente. Para isso, o uso de bóias é a forma mais segura para fixação dos pontos, apesar do risco de perdas (danos ou retiradas por terceiros). Embora se tenha uma razoável visibilidade das margens, mesmo com auxílio de binóculos, recomenda-se o uso de placas marcadas com o código de amostragem, fixadas em estacas e se possível georeferenciadas.

Na estratégia amostral de ambientes marinhos, tanto espacial como temporal, leva-se em conta a hidroquímica de ambientes marinhos e, principalmente, costeiros e estuarinos. A definição da frequência das amostragens (pelo químico ambiental) dependerá da intensidade das variações espaço-temporais e da hidrodinâmica local; associadas às correntes, marés e, no caso específico de estuários, às variações nos regimes de vazante (saída de água continental) e enchente (entrada de água marinha).

O número de locais, isto é das estações oceanográficas a serem amostrados, deve ser definido em função das variações de suas características bióticas e abióticas, dos aportes continentais, da geomorfologia, da presença, composição e vazão de efluentes, entre outros fatores, que resultam numa heterogeneidade espacial.

Mas não vamos aqui entrar em detalhes sobre essas especificidades; e, caso você queira mais informações sobre os procedimentos de coleta dessas amostras, acesse a dissertação de Silva³⁰.

Amostras sólidas, quase na sua totalidade, a coleta dessas amostras de cunho ambiental é feita no solo (em ambiente terrestre) e no sedimento (em ambiente aquático). Em geral, a coleta requer um tratamento especial, pois diferente da água, as amostras são pouco homogêneas, necessitando, portanto, serem coletadas em vários pontos⁷⁰.

Tais amostras deverão ser misturadas, homogeneizadas e “quarteadas”, somente após esse procedimento se recolhe uma amostra

que será realmente representativa. O termo “quartear” é usado no Brasil para designar o material resultante de uma das partes em que foi dividida uma amostra.

No caso da profundidade, esta dependerá do objeto de estudo (seja solo e/ou sedimento). Amostras que são coletadas para estudo de cunho ambiental devem ser coletadas em lugares mais profundos, e aquelas de cunho agrônômico podem se restringir apenas a faixa de 0 a 40 cm de profundidade (parte arável do solo).

Nós temos como regra, independente se é solo (agrícola ou florestal) ou sedimento (de fundo ou de beirada), coletarmos o maior número de amostras possíveis; de modo a compatibilizar tempo, recursos e capacidade de trabalho. Amostras compostas, representando todo o espaço a ser estudado, devem ser constituídas de amostras individuais de mesmo peso e volume, retiradas da mesma profundidade (sedimento) e do mesmo horizonte (solo).

Não tenho a pretensão de entrar em detalhes sobre transporte e tratamento de amostras, mas devo lembrar que o solo e/ou sedimento devem ser acondicionados em sacos plásticos de 1 a 5 kg. No caso de sedimento, esses devem ser "vertidos" para retirada do excesso de água, e seu deslocamento do campo para o laboratório deve ser feito, de preferência, em caixas de isopor. As amostras de solo devem ser secas ao ar e depois moídas, visando obter TFSA, Terra Fina Seca ao Ar. Já as amostras de sedimento devem ser secas em estufa, depois moídas e armazenadas em frascos plásticos para posterior análise.

Por fim, quero lembrar a você que: Qualidade, nas determinações analíticas não significa a ausência completa de erros, mas na obtenção de resultados uniformes, com exatidão adequada, que permita fazer previsões sob hipóteses de uma distribuição gaussiana (normal).

O químico ambiental deve não somente conhecer os possíveis erros a que está sujeito um dado método. Deve também saber analisar-avaliar sua influência sobre os resultados. Quanto aos erros, é claro que é impossível eliminá-los totalmente, mas é uma vantagem sermos hábeis para conhecê-los, e, assim, termos veracidade em nossos resultados. Com isso, tornaremos (sem dúvidas) os nossos projetos de monitoramento mais seguros e exitosos.

Capítulo 9. Áreas degradadas

Neste capítulo, vamos conhecer alguns conceitos e definições, bem como algumas aplicações direcionadas para mitigação de problemas ambientais, como no caso das atividades de recuperação de ambientes degradados, e de projetos de remediação e revitalização. Além de informações sobre planejamento estratégico e agricultura natural, relacionando-as com o desequilíbrio ambiental e a teoria do Caos.

9.1 Relação Solo e Ambiente

O que chamamos de solo, na verdade é a base de sustentação de todo e qualquer ser (vivo ou inanimado). E, dependendo do profissional em questão, pode haver sinônimos como: terra, substrato, sedimento, dentre outros. Em todos os casos está sempre associado a ambientes naturais, portanto um piso/chão antropizado (quintal cimentado da sua casa, por exemplo) uma área de aterro (seja de qualquer característica) não são considerados como sendo “solo”.

De acordo com Brady⁵⁹ solo é um compartimento natural que inclui materiais: sólidos (minerais e orgânicos), líquidos (água e solução, solvente-soluto) e gasosos (aeração). O processo interativo pedológico (*pedon*=solo) como: absorção, adsorção e dessorção depende de vários fatores e interações. Esse processo, também dependerá da classe, do tipo (características) de solo em estudo.

Dentre as frações granulométricas do solo, a argila é a mais estudada por ser a fração coloidal do solo com alta superfície específica, alta carga, presença de matéria orgânica (MO) e de óxi-hidróxidos, responsáveis pela adsorção e troca iônica⁶⁴. Por esta razão a fração argila orgânica ou mineral é fundamental na retenção de agentes e conseqüentemente no controle da poluição ambiental. Informações complementares podem ser obtidas em livros de agronomia com um viés mais pedológico.

O termo pedologia refere-se a comumente chamada “ciência do solo”, que inclui o estudo de parâmetros indicadores da qualidade do solo, sejam estes químicos, físicos ou microbiológicos. Já o termo “edafológico” é usado por aqueles profissionais que estudam a relação solo e planta, no caso a ciência edafologia.

O solo, por meio de estudos pedológicos, apresenta algumas características, propriedades e parâmetros que imprimem uma qualidade ao solo. Isto ocorrerá, se e somente se, estas características físicas (textura, granulometria, densidade etc.), químicas (pH, matéria orgânica, nutrientes, CTC etc.) fornecerem saldo positivo. Isto significará: i) contexto agrônomo, um solo que é capaz de produzir sem adubação e ii) contexto ambiental, um solo capaz de reter contaminantes.

A degradação do solo em ambientes urbanos é decorrente da falta de saneamento, do avanço do crescimento imobiliário e, principalmente, de processos industriais sem tratamento. Já em ambientes rurais, em geral, é dependente da forma como se efetua o manejo, sendo bastante acentuada em agroecossistemas que têm como base tecnológica o uso de insumos industrializados, entre eles os fertilizantes e os agrotóxicos.

O termo “Revolução Verde” foi usado para identificar o modelo de “modernização” da agricultura mundial. A forma praticada hoje em dia, tem como pilares a monocultura com plantas híbridas e transgênicas com altas respostas à adubação química, necessidade de alto aporte de energia ao sistema, na forma de adubos, agrotóxicos e de máquinas para preparo do solo, plantio e colheita. Esta necessidade é decorrente da não valorização da biodiversidade funcional nos agroecossistemas, caracterizando-se por ser um pacote tecnológico desenvolvido para a produção em larga escala, em grandes monoculturas.

No Brasil, o descarte inadequado de lixo, feito através de queima, abandono no campo *enterrio* em locais impróprios, são fontes de contaminação. Essa última situação, expõe a comunidade (principalmente periurbanas) ao risco de acidentes agudos e crônicos.

Além do risco à saúde humana gera, ainda danos à saúde ambiental, devido à contaminação cumulativa provocada pelos diferentes e diversos compostos químicos presentes no lixo. É necessário sistematizar e divulgar experiências e conhecimentos, a fim de auxiliar na busca de soluções para os resíduos.

Um procedimento, também imprescindível, neste contexto de degradação ou possibilidade de contaminação e/ou degradação, é o conhecimento do histórico da área a ser estudada. A Cetesb, Companhia Estadual de Tratamento de Efluentes e Saneamento Básico de São Paulo, apresenta diversos estudos de casos em seu sítio oficial. Para mais informações sobre estes procedimentos, que visam identificar a degradação-contaminação de ambiente terrestre, podem ser obtidas por meio de buscas na literatura, como exemplo o livro Manual de gerenciamento de áreas contaminadas⁹⁴.

9.2 Conceitos preliminares

É bom iniciar lembrando que os profissionais brasileiros são regidos por seu respectivo Conselho (Regional ou Federal). Esses são quem definem as diretrizes, acompanham e auxiliam seus associados dentro da empresa; por exemplo o CRQ (Conselho Regional de Química). Mas, em relação as diretrizes de programas de capacitação para esses profissionais, quem rege é a sua respectiva sociedade; por exemplo a SBQ (Sociedade Brasileira de Química). Essas sociedades que, mesmo não sendo sindicalizadas, são entidades classistas, tendo papel fundamental no direcionamento, em consonância com os conselhos das atividades desses diversos profissionais, informando-os e congregando-os em grupos de atividades de pesquisa (acadêmica ou não), bem como prestações de serviços (governamentais ou não).

As “atividades classistas” são aquelas voltadas para a busca do bem comum de profissionais. Devem compulsoriamente ter em seu quadro de funcionários uma hierarquia (presidente, vice, secretários, colegiados etc). Surgido na Inglaterra, em 1837, o movimento Cartista

é considerado a primeira atividade em que os grupos (sindicatos) se envolvem na luta política. O nome é derivado de uma Carta em que os operários reivindicavam mais liberdade. Em outros países, também ocorreram mobilizações, um exemplo foi a Comuna de Paris em 1871, onde os operários, mesmo por alguns dias, conquistaram o poder político na França⁹⁵.

Nesse sentido, as ações de remediação de áreas degradadas devem estar vinculadas a Sociedade Brasileira de Áreas Degradadas (Sobrade). Essa sociedade congrega diversos profissionais que trabalham direta ou indiretamente com questões ambientais: remediação, recuperação e revitalização de áreas contaminadas e/ou degradadas; além de ramos do conhecimento afins como: direito ambiental, saúde ambiental, química ambiental, dentre outros.

O gerenciamento de conceitos, parâmetros e normas vinculadas à Remediação de Ambientes Contaminados (RAC) ficam, portanto, sobre a tutela da Sobrade, que prefere utilizar a sigla RAD (Recuperação de Áreas Degradadas), por ser mais usual e abrangente. O termo RAD, já inclui a RAC, siglas, que podem parecer ser a mesma coisa para um desavisado, mas são termos técnicos bastante contrastantes.

A Recuperação de Áreas Degradadas, RAD, por ser definida como um conjunto de ações planejadas e executadas por especialistas (multidisciplinar) que visam proporcionar o restabelecimento da autosustentabilidade e do equilíbrio paisagístico semelhante ao sistema natural, antes da degradação. De acordo com o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais –IBAMA, a degradação de um ambiente ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas por algum agente específico (endógeno ou exógeno), isto é, quando existir perdas de adaptação às características físicas, químicas e biológicas inviabilizando o desenvolvimento sócio-econômico-cultural do ambiente, seja aquático ou terrestre.

No que tange à adequação e uso de terminologias voltadas para RAD, seja em pesquisa, ensino, extensão, em prestação de serviços; alguns termos devem ser levados em consideração:

i) Recuperação de área contaminada, significa que o ambiente degradado será retornado a uma forma para sua utilização, de acordo com o plano pré-estabelecido formando um novo ambiente guardando suas características antigas;

ii) Reabilitação de área contaminada significa que o ambiente degradado será retornado a um estado biológico apropriado. Esse retorno não pode significar o uso produtivo da área a curto prazo, visa em geral, a habilitação recreativa e estética-ecológica;

iii) Revitalização de área contaminada significa que o ambiente degradado será retornado a seu estado biológico apropriado. Esse retorno pode e deve significar o uso produtivo da área a curto prazo, inclusive com cultivo de hortaliças;

iv) Restauração de área contaminada significa que o ambiente degradado será retornado a seu estado biológico original (natural), tanto no que se refere à topografia, quanto à vegetação, fauna, solo, hidrologia e sociologia.

Queria aqui aproveitar para avisar ao leitor que, depois do fechamento do lixão da “Ribeira” (visto no item 7.3) a prefeitura de São Luís iniciou um Programa de Recuperação Ambiental da área, para dar-lhe uma “*utilidade*” futura. Portanto, deverá começar pela *reabilitação* da área, depois com a *revitalização* e por fim, com a *recuperação* propriamente dita.

Outra informação pertinente, no que concerne aos conceitos, é sobre a diferença entre o termo “Recomposição topográfica” e o termo “Revegetação”. O primeiro indica que o sistema sempre retornará às formas da paisagem (relevo) as mais próximas possíveis das condições originais do solo; já o segundo, indica o passo seguinte: visa restabelecer a cobertura vegetal proporcionando a recuperação tanto da flora quanto da fauna nativa³⁶. Diante disso, termos como: “floresta de eucalipto” está inadequado. Se é floresta tem que ter diversidade vegetal (biodiversidade) e, portanto, não pode ser formada por uma única espécie. O termo correto seria “*revegetação de eucalipto*”. Mas

é provável que ainda encontre textos contendo palavras antagônicas, como por exemplo: monocultura e floresta, utilizadas como sinônimos.

Agricultura sustentável é outro termo usual em RAD, embora nem sempre aplicável. Sua definição consiste em conciliar a proteção ambiental com a viabilidade econômica e a equidade social, por intermédio do equilíbrio e do bom senso em decisões de natureza política, econômica e científica, para a gestão racional dos recursos naturais. Essa gestão inteligente deve ser pautada na melhoria da eficácia dos sistemas de produção, reduzindo-se os gastos com energia e insumos.

9.3 Planejamento estratégico

Essa etapa em trabalhos relacionados com RAD não deve ser voltada somente para os interesses do empreendedor, mas também para a totalidade das relações físicas, biológicas, políticas, sociais, econômicas, tecnológicas e culturais na qual a área está inserida. Tal fato é facilmente percebido em áreas recuperadas próximas aos centros urbanos e com potencial para o desenvolvimento de atividades de lazer e recreação. Um trabalho conjunto com a sociedade, pode favorecer o sucesso do empreendimento, garantindo a sustentabilidade das relações naturais em harmonia com as sociais.

A era de Aquário, já passou, e com ela veio a preocupação com a qualidade de vida dos habitantes deste planeta. Mas não podemos criar panaceias, uma ação benéfica, não resolverá todos as situações maléficas. É comum alguns profissionais usarem, por exemplo, técnicas de remediação que é uma ferramenta específica e requer conhecimento aprofundado; como se fosse resolver todo problema. Cada etapa desta ferramenta deve ser executada sequenciadamente e com muita atenção.

As técnicas de Remediação, segundo os critérios de disposição apresentadas no sítio: www.cetesb.sp.gov.br/solo/areas_contaminadas/proced_remediação; são aquelas que incluem diversos procedimentos como Lavagem de solo, Remoção de solo/resíduo, Recuperação de fase livre, Encapsulamento geotécnico, Cobertura de resíduo/solo

contaminado, Barreira física, Barreira hidráulica, Biorremediação, Fitorremediação e Atenuação natural monitorada.

Diante do exposto, é prudente o uso de um planejamento estratégico nos projetos de RAD. Este comportamento, por parte dos profissionais, está cada vez mais comum; muito embora o que realmente esperamos é “que sejam exitosos”. Se, não forem, infelizmente esse ambiente ficará contaminado ou degradado para as futuras gerações e, por conseguinte, teremos um desenvolvimento *insustentável*.

A crescente conscientização ambiental da sociedade tem acelerado a busca de novas “equações ambientais”, que objetivam a minimização dos impactos. O uso da cobertura vegetal como medida mitigadora dos impactos ambientais é uma opção coerente, prática e econômica, embora apresente dificuldades de adaptação inerentes ao novo e jovem sistema ecológico que se desenvolve no local de origem. Para minimizar esses impactos, tem sido observado que uma das melhores maneiras para se recuperar áreas desmatadas é agilizando o processo de sucessão ecológica através da implantação de diferentes modelos sucessionais. Daí reside a importância de se conhecer as técnicas de revegetação e planejamento estratégico durante a implantação de um projeto de RAD.

Em RAD não existe imediatismo; ninguém deve sair por aí tentando recuperar áreas de forma aleatória e sem conhecimento técnico, como por exemplo, revegetando de qualquer jeito. O fundamento em RAD está, justamente, em conhecer os fatores naturais ou antrópicos que levaram ou estão levando à degradação daquele determinado ambiente. Não podemos recuperar sem entender a causa real da degradação. Vejamos um caso: Uma inundação retirou/arrastou a vegetação ribeirinha de um determinado rio. Não podemos revegetar a mata ciliar dessa área plantando simplesmente amendoeiras ou gramíneas (poáceas), atitude muito comum pelos moradores. Essa situação trará transtornos para toda a cadeia alimentar. As espécies endógenas (outrora presentes), serviam como energia para determinados organismos que são alimentos de insetos e esses, por seqüência, serviam de alimento a toda rede trópica.

9.4 Projetos aplicados

A maioria dos pesquisadores considera que a principal contribuição nos trabalhos de RAD é justamente inibir respostas visuais imediatas. O pesquisador que usa com base de seu trabalho apenas a sua visão pontual e imediatista do problema tende a criar modelos de “consertos que fracassam”. Neste caso, a adoção de uma solução sintomática gera outros efeitos adversos não considerados anteriormente.

O planejamento estratégico é complexo e requer tempo, recursos (dinheiro, mão de obra e tecnologia) e conhecimento dos diversos fatores relacionados à área a ser recuperada (características do solo, da água, da fauna e da flora). Na recuperação ambiental, um planejamento a longo prazo das atividades a serem executadas é fundamental para garantir o sucesso do projeto. O procedimento se inicia com a elaboração de um plano de recuperação com objetivos bem claros e definidos. A partir desse diagnóstico, o estabelecimento do projeto fica coerente. Podem contribuir nessa etapa os levantamentos ambientais feitos para a elaboração do EIA-RIMA e a participação popular por meio de associação de moradores ou ONG's, sugerindo um melhor aproveitamento da área (atividades de lazer e recreação).

Alguns projetos, quando assumidos como fato isolado, podem fazer com que soluções bem intencionadas fracassem e se tornem um problema, vejamos um caso de forma mais detalhada: Os constantes desbarrancamentos das margens de um rio vinham atormentando a população, pois o assoreamento favorecia as inundações, que resultavam em grandes prejuízos aos moradores. Dentre os projetos apresentados para sanar o problema, optou-se por um que propunha a estabilização das margens por meio de sua revegetação, e claro, foi escolhida aquela que exigia menores recursos humanos, logísticos e financeiros; mas que diziam que daria uma melhorada na “imagem ecológica” da cidade.

Visando garantir o sucesso imediato, os responsáveis (na maioria das vezes uma empresa privada) optaram pela utilização de

revegetação, mas esqueceram de seguir os procedimentos técnicos. Escolheram, para usar no projeto a leucena, uma espécie arbórea extremamente agressiva, que veio a se tornar invasora da mata ciliar, comprometendo toda a biodiversidade local. Um exemplo de caso “desastroso”; e a cidade teve prejuízos inclusive financeiros, pagou multas por danos ecológico-ambiental, porque modificou as características naturais do ambiente ribeirinho.

Como visto, a maioria das pessoas, infelizmente, considera que a recuperação de um determinado ambiente baseia-se somente na criação de uma resposta visual (paisagística) imediata. O processo de recuperação é complexo, requerendo conhecimento dos diversos fatores relacionados à área a ser recuperada, como características do solo, da água, da fauna e da flora e as modificações inerentes ao processo que ocasionaram o distúrbio. Além dos fatores descritos, devem ser identificados os diversos atores sociais afetados ou envolvidos no problema.

Um planejamento a longo prazo é essencial, em RAD, para garantir o sucesso do empreendimento. Os desafios inerentes ao processo de recuperação não se limitam apenas às áreas tecnológicas ou financeiras, mas, principalmente, demandam um gerenciamento dos recursos e das atividades envolvidas. Algumas novas estratégias de planejamento vêm sendo desenvolvidas, melhorando a efetividade dos programas ambientais. Dentre elas destaca-se o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que, de acordo com a ISO 14000, inclui atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental.

Acredito que se tivéssemos uma relação harmoniosa com a natureza não precisaríamos de nada disso. Projetos de recuperação, remediação, restauração; pra quê ? Mas (...) estamos em déficit com os recursos naturais; em 2014 entramos no “cheque especial” com o planeta. O orçamento anual de recursos renováveis já foi todo

consumido: quatro meses antes de o ano acabar. Por isso, a data 16 de agosto, foi batizada como Dia de Sobrecarga da Terra; calculada desde 2000 pela *Global Footprint Network*. Há décadas, nossa “pegada ecológica” chega cada ano mais cedo, e de forma mais agressiva.

Sobre essa relação não harmoniosa, nem tudo está perdido, se usarmos o termo Agricultura corretamente; já significa que plantaremos de acordo com nossas culturas (saberes tradicionais), pensando na natureza, mantendo o equilíbrio ambiental. Portanto, nesse contexto, toda *agricultura* deveria ser *natural*. Não precisaríamos de um novo termo, como este, que vamos conhecer a seguir.

9.5 Agricultura natural

Esse termo é frequentemente associado àquelas práticas que usam somente recursos da natureza. É uma alternativa agrícola que visa estabelecer uma relação mutualista entre a produção e os ecossistemas. Como exemplo de *agricultura* com princípios naturais temos: Biodinâmica, Permacultura, Orgânicos dentre outros. Nesse, princípio a terra é considerada conforme seus aspectos físicos, químicos e biológicos, procurando promover, proteger e manter a harmonia entre estes três aspectos.

A agricultura natural deve ocorrer por meio do uso de recursos naturais, (solo, plantas etc.) de uma maneira sustentável, utilizando insumos naturais como esterco, lixo doméstico, rochas moídas, cinzas e/ou práticas “ecológicas” no manejo do solo como rotação de culturas, cultivo em curva de nível, substituindo assim os convencionais adubos químicos e agrotóxicos.

Estas alternativas agrícolas atendem à proposta da engenharia ecológica, que é um processo no qual não se gera resíduos tóxicos, também recicla e usa nutrientes dos resíduos como fezes humanas, esgotos das cidades, resíduos sólidos. Esses materiais são usados em práticas agrícolas “ecológicas”, ou seja, proporcionando assim

um benefício ao ecossistema e ao próprio homem. Um exemplo é o povoado periurbano de São Luís “Nova Canaã”, que consegue produzir alimentos orgânicos de baixo custo.

Tudo isso vem sendo feito de forma paralela a prática convencional que, fazendo uso de adubos químicos, busca a maior produtividade. Essa produção agrícola tem menos qualidade e mais gastos com insumos sintéticos como fertilizantes e agrotóxicos. Ao utilizar esses insumos exageradamente, as plantas ficam mais fracas e mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças. Sendo assim, há necessidade de cada vez mais usar esses insumos para manter os níveis de produção.

Ao praticar a agricultura natural, o manejo do solo e das plantas, encaramos o mundo como sendo complexo e inteirado, onde devem viver em equilíbrio um número incalculável de microscópicos seres animais e vegetais, que garantam a perfeita fertilidade do solo e a sanidade das plantas. Devemos encarar a terra considerando seus aspectos físico, químico e biológico, procurando promover, proteger e conservar a harmonia entre essas três partes. Diferente da agricultura convencional (inten-extensiva) que ainda tende a considerar o solo como um mero suporte, sendo o efeito dos agrotóxicos desconsiderado. Essa agricultura alternativa não tem a prerrogativa de produzir muito, sob aquele falso argumento de que precisamos alimentar muito mais gente.

Uma consequência da agronomia “oficial” é que, apesar dos adubos sintéticos darem à curto prazo uma maior produtividade, o alimento é menos “saboroso”, mais pobre em vitaminas e impregnado de veneno. Lembrando que um dos legados da agricultura natural é a incorporação de C no solo, também diminui a liberação de CO₂. Alguns estados, como o Maranhão fazem parte do ABC-Cerrado, Agricultura de Baixo Carbono, um MegaProjeto financiado pelo Banco Mundial. Mas cuidado, devemos ficar atentos a esses megaprojetos; alguns podem trazer mais prejuízos que lucros: *o Grande Carajás*, na década de 80, cujas ações sociais e ambientais, nunca foram iniciadas, as *Centrais Hidrelétricas e Termelétricas*, cujos passivos ambientais, nunca foram mitigados; dentre outros.

Hodiernamente tem sido constatado que a produção agrícola com uso exagerado de agrotóxicos para “resolver” alguns males (pragas e doenças) acarretou, em um ressurgimento mais agressivo desses males. Logo, o uso de insumos sintéticos “não matou a fome do mundo”, apenas gerou poluição, e desequilíbrio nos ecossistemas, com um modelo agrícola dependente do petróleo e pouco ecológico. Infelizmente, no Brasil já existem diversos locais onde um dia existiam solos férteis, hoje são verdadeiros desertos, consequência do uso inadequado.

Uma das razões pela qual não devemos usar insumos químicos como fertilizante e agrotóxicos é porque muitos são hidrossolúveis (dissolvem-se na água da chuva), acarretando em contaminação de rios e lagos. Por isso, fez-se necessário a busca dos velhos insumos naturais, como alternativa agrícola. Induzindo a um grau de sustentabilidade que remete diretamente a um equilíbrio ambiental do processo. É notório que, racionalizando o uso dos recursos, pode-se atingir um processo sustentável, como preconiza a agricultura natural. Vejamos agora uma situação de manejo peculiar que ocorre no Maranhão.

9.6 Baixada maranhense

Antes de iniciar queria dizer que o Maranhão é peculiar, pelo fato de ser um estado de transição (Norte-Nordeste). Dando-lhe uma diversidade de Biomas e Ecossistemas, desde Campos inundáveis, Cerrado, Caatinga, até Florestas. Com características pedológicas, indo desde solos do trópico úmido, passando por hidromórficos e aluviões, até deserto, como as areias quartzosas dos Lençóis maranhenses.

Localizada entre a Amazônia úmida e o Nordeste seco, a Baixada maranhense (cerca de 1% da área do estado) abrange solos naturalmente férteis com relativo potencial agrícola, embora apresente baixa produtividade. A explicação pode ser devido ao fato destes solos apresentarem grandes restrições por serem muito argilosos, pouco permeáveis e estarem posicionados em cotas mais baixas na paisagem estando, portanto, sujeitos à saturação por água durante alguns

períodos do ano. Solos alagados, embora eutróficos, necessitam de um manejo mais criterioso, requerendo pesquisas para sua utilização de forma sustentável⁹⁶.

A sustentabilidade da agricultura nessas condições só pode ser alcançada se forem evitadas as práticas que contribuam para aumento excessivo da decomposição da matéria orgânica (MO) do solo como o sistema de corte e queima (*slash and burn*). Uma alternativa de manejo seria a adição de MO por meio da incorporação de resíduos vegetais e animais ao solo. Nessa Baixada, a presença de MO é mais importante como reserva de nutrientes do que os altos teores de Ca e Mg encontrados nesses solos⁵².

A mudança de um ambiente óxico (seco) para anóxico (inundado) na baixada, pode liberar substâncias tóxicas para as plantas, ou mesmo inibir sua toxidez, devido a presença de nutrientes. O que ocorre nas áreas de cultivos recentes, onde os solos ainda mantêm quantidades satisfatórias de carbono. Resíduos vegetais apresentam capacidade diferenciada quanto à neutralização de agentes tóxicos, em virtude de suas diferenças quanto aos teores de cátions e monóxido solúveis. À medida que aumenta a MO no solo, maior é a quantidade de agentes complexados, tanto na fase sólida como na solução do solo.

Do ponto de vista da disponibilidade de nutrientes pode-se dizer que esses solos de baixada são de fertilidade moderada, com altos teores de Cálcio e Magnésio e uma relação Ca/Mg inversa (1:2), quando comparados à maioria dos solos brasileiros, apresentando alto teor de alumínio e carência de fósforo. Além disso, apresenta uma relação $(Ca + Mg) / K$ desequilibrada o que pode acarretar em problemas de deficiência de cálcio e/ou potássio nas culturas. Portanto, a calagem com calcário calcítico acompanhada de adubação potássica, poderiam melhorar a disponibilidade desses nutrientes para as culturas, aumentando, com isto a produtividade dos solos.

9.6.1 Toxidez de alumínio

No planeta, o Al juntamente com o Si, estão presentes na camada mais externa da crosta terrestre, formando o que se chama de compostos síalicos (crosta SiAl). É um elemento cuja nucleossíntese² foi uma combinação de um átomo de Mg com deutério, originando o Al 26 que depois evoluiu para Al 27, situando-se no sub-grupo 3A e no 3º período da Tabela Periódica. Em solos naturalmente ácidos, o Al, limita a produtividade das colheitas, reduzindo o potencial produtivo das terras. Mas como veremos, isso nem sempre acontece.

Devido sua toxidez, o Al, é um dos elementos mais analisados no estudo de solos, sedimentos, material geológico e em plantas, pois é um importante constituinte de minerais não carbonatados. A especiação do Al ainda é fonte de pesquisas, decorrente de sua complexidade pois, como visto, é dependente das condições do meio principalmente do pH e da força iônica. Sendo o Al^{3+} (troável), importante componente da acidez potencial dos solos, exercendo efeitos fitotóxicos sobre seu sistema radicular, interferindo na absorção de nutrientes e na deposição de polissacarídeos nas paredes celulares⁶¹.

A maior preocupação com o Al, deve-se as reações, os íons presentes na "solução do solo" liberam íons H^+ que podem baixar o pH do solo. O alumínio em solução aquosa, por meio de uma sequência de reação precipita sob a forma de $Al(OH)_3$ produzindo em cada etapa íons H^+ de acordo com a reação $Al^{3+} + 3 H_2O \leftrightarrow Al(OH)_3 + 3 H^+$. Em algumas localidades maranhenses, durante a estação seca, tem-se uma evapotranspiração elevada, associada a uma precipitação quase nula, o que reduz a disponibilidade de água a um ponto crítico, quando os elementos do solo, anteriormente reduzidos, se oxidam. Repetidos os anos, esses ciclos alteram o complexo sortivo, aumentando, ao mesmo tempo a acidez e os teores de elementos troáveis como Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} ; o que pode explicar a ausência de toxidez em solos da Baixada.

Embora o crescimento de algumas plantas nessa região não sofra inibição (toxidez) diante ao Al, deve-se entender quais as reais

razões. Nada garante que, com o passar do tempo, este excesso de Al (acumulado) não sofra um processo de biodisponibilização e depois seja remobilizado para outras áreas acarretando em problemas. Pesquisas em solos hidromórficos dessa região, devem ser feitas para contribuir com uma agricultura sustentável numa das áreas mais carentes do Maranhão; permitindo uma interpretação correta das análises físico-químicas dos solos visando evitar sua degradação⁹⁷.

9.7 Natureza e caos

Queria finalizar este capítulo apresentando a você, uma pequena associação da teoria do Caos. E, como digo na sala de aula: agora vamos *olhar as áreas degradadas de outra maneira*. Não tenho a pretensão de explicar essa teoria, apenas quero fazer algumas inferências no contexto ambiental. Mas caso você queira mais detalhes, pode obter em artigos como os de Silva⁸, ou em livros como os de Mandelbrot⁹ e de Harrison⁶.

Essa nova forma de enxergar a natureza (tentativa de buscar ordem na desordem) é baseada no fato de acreditarmos que toda degradação tem impacto visual negativo na paisagem, o que não é verdade. Assim, entender como a natureza age; é, na verdade descobrir sua dualidade: pois se de um lado tem-se uma lei que leva os sistemas à desordem (tendência à degradação ambiental), de outro pode estar presente uma lei que leva os sistemas a ordem (tendência à recuperação natural do sistema).

Essa dualidade nos infere várias indagações, como: Será que o deserto do Jalapão (TO) está invadindo o Cerrado, ou vai chegar a um ponto de equilíbrio; ou depois o Cerrado é quem vai invadir o deserto? não sabemos. Mas, diante a desordem já perceberam que o sistema sempre busca uma ordem, e vice-versa. Dando uma “boa resposta” que chamaríamos de “equilíbrio ambiental”.

Como visto no item 1.3, ao princípio do aumento da desordem ou 2ª Lei da Termodinâmica (entropia), parece se contrapor um outro

princípio: o de aumento da ordem (sintropia). Nesse sentido, alguns químicos, físicos e biólogos já comentavam essa dialética: Pauling, dizia que em nível eletrônico existe uma certa lógica, mesmo em aparente desordem; Boltzmann, concluiu que o aumento da desordem de um sistema é uma tendência espontânea na natureza; e Darwin, acreditava que o aumento na organização-complexidade é uma tendência natural na evolução dos seres vivos.

Meu caro leitor, se tivéssemos certeza de que nós modificamos o equilíbrio ambiental, teríamos mais cuidado: *i*) um simples saco de lixo jogado na rua pode causar alagamentos, causando transtornos como disseminação de doenças; *ii*) um simples “pisar na grama” pode induzir outras pessoas a andarem no mesmo caminho retirando a cobertura vegetal, criando uma voçoroca, e a chuva pode carrear particulados causando o assoreamento de rios; *iii*) uma simples competição de “rally”, induz a um aumento da compactação do solo, diminuindo a infiltração, ou pode, em alguns casos, retirar parte da camada superficial, aprofundando-se a cada enxurrada; *iv*) uma simples lâmpada de vapor de mercúrio (Hg), disposta inadequada, pode causar problemas de saúde da população, devido a presença de metais pesados, presente também nas pilhas e baterias.

É provável que essa ordem-desordem, represente um mecanismo importante de adaptação e participe de nosso cotidiano; por isso é relevante conhecermos a parte entrópica da natureza. As vezes encontramos uma área (por exemplo uma ilha), aparentemente desordenada por estar degradada, com solo de baixa fertilidade, pouca vegetação e déficit hídrico; e tentamos ordená-la, por meio de sua recuperação (incorporando matéria orgânica, revegetando e irrigando). Essa atitude, ordenação da área (recuperação) pode trazer danos para a ilha; aquilo que nos parecia degradado, estava em equilíbrio. Lá existiam espécies adaptadas àquelas condições (desordem-degradação) e ordená-las pode ser desastroso; por mais absurdo que possa nos parecer.

Caso você tenha problemas com cobras (desordem) e tentar exterminá-las (ordenando o sistema) terá problemas com roedores. E os ratos, diferente das cobras, têm hábito essencialmente doméstico, o que pode trazer transtornos maiores que uma pontual picada de cobra; como as endemias urbanas (Leptospirose e Hantavirus). A proposta da teoria do Caos não está no fato de podermos ordenar a desordem (recuperar o ambiente), mas entender essa *desordem*; para posteriormente pensar na *ordem*. Lembre-se, nossa atividade cerebral é revelada por meio do registro no eletroencefalograma, que será tanto mais “normal” quanto mais caótico (desordenado) forem os sinais.

9.7.1 Degradando ambientes

No que tange à desordem (degradação) dos compartimentos bióticos e abióticos, estes tendem a aumentar sempre na direção do futuro. Isso implica dizer que após degradado, o ambiente terá dificuldades para ser recuperado, e esta recuperação nunca é completa. Este fato corrobora e evidencia outro aspecto da “incoerência” da natureza: *a assimetria do tempo*. Assim, o contínuo aumento da entropia (degradação) nos fornece a direção do que é referenciada como a chamada: *seta do tempo*.

Essa expressão (seta do tempo) indica a direção do progressivo aumento do elemento randômico na natureza, ou seja da irreversibilidade dos processos naturais. Dessa forma, temos a consciência da inexorável direção do tempo e de seu efeito nos sistemas, embora os problemas ambientais sejam considerados como “distantes e atemporais”.

O equilíbrio ambiental é sempre dinâmico, por isto, qualquer pequena alteração é o suficiente para causar mudanças drásticas indo desde a diminuição das espécies, a degradação do ambiente, até a completa extinção de toda vida na terra. É bom lembrar que todos os sistemas naturais possuem um elo fraco, as menores alterações na composição da troposfera local podem desencadear mudanças climáticas, em escala mundial, e transtornos ambientais incalculáveis.

É claro que este desencadeamento (*trigger*) provocado por pequenas ações antrópicas é variável, e nem sempre constante. Existem sistemas naturais que se desestabilizam ou mesmo se desintegram com maior facilidade do que outros. Neste caso, pequenas variações nas suas partes irão acarretar em rápidas e irreversíveis modificações em seu todo. O resultado desse *trigger* seria imprevisível, e o homem certamente seria o mais atingido. Fenômenos climáticos como El Niño e La Niña, dentre outros; são apenas consequências destas ações.

Como visto, a primeira utilidade da teoria do caos é compreendê-la para que se possa agir sobre ele (caos) e minimizar seus possíveis transtornos futuros. Etimologicamente “caos” foi originado a partir de um termo grego, de origem indo-européia, cujo sentido poderia ser o de abismo, de princípio, estando a mesma raiz na origem da palavra “gás”. Nessa palavra, parece fazer coexistirem duas ideias bastante diferentes a de *vazio*, de ausência e a de *carência* de organização. É muito provável que, de um ponto de vista geral, o caos tenha criado um novo paradigma na modelagem científica.

Por um lado, isto implica em novos limites para a habilidade de se fazer previsões. Por outro, o determinismo inerente ao caos implicaria que muitos fenômenos aleatórios poderiam ser mais previsíveis que eram até então. Informações coletadas no passado que foram descartadas por apresentarem um comportamento demasiadamente complexo, agora podem ser explicadas por meio de leis simples. Isso facilitará a execução dos projetos de recuperação de áreas degradadas, tornando-os mais exitosos.

A teoria da desordem(caos), está fundamentada no “caos determinístico”, termo constituído por duas palavras antagônicas que se completam. Mostra-se como um novo dualismo na natureza, comparável àquela do início do século sobre a real característica da energia: onda ou partícula. Pode-se dizer que o caos determinístico está na fronteira entre a ordem e a desordem, e a grande questão é:

Será que a natureza conseguirá impor uma ordem (sintropia) sobre essa favorável desordem (entropia)? os ambientes degradados

ou em fase de degradação serão recuperados? caso sim: quanto tempo levaria para ocorrer esta mudança? A natureza seria hábil o suficiente para reverter situações como cavas de mineração e as drenagens ácidas ($4\text{FeS}_2 + 15\text{O}_2 + 14\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 8\text{H}_2\text{SO}_4$), como os desmatamentos e poluição de rios e mares? Ou será que a organização deste suposto sistema ocorreria em tempos tão longos que somente as futuras gerações perceberiam esta recuperação e poderiam contemplá-la? Lembre-se: quem planta vento, colhe tempestade.

9.7.2 Resiliência ambiental

Bem, mas até que ponto um ambiente degradado pode ser realmente recuperado? Até que ponto o ambiente tolera as mudanças impostas sem que se verifique uma alteração no comportamento do sistema? É bom lembrar que a resiliência ambiental, apresenta uma natureza complexa. Cada aspecto de um sistema natural apresenta um limiar (*threshold*) para além do qual a mudança imposta se torna irreversível e é necessário estabelecer um novo equilíbrio.

Para facilitar vamos relacionar com o “pisar na grama”, visto anteriormente. O estágio de reversibilidade (resiliência) da grama poderia ser obtido caso a passagem de transeuntes fosse diminuída ou cessasse. Nessa situação a vegetação original voltaria a se recompor naturalmente. Caso o limiar da recuperação fosse ultrapassado aquele estágio de reversibilidade estaria extinto. Mesmo que as pessoas deixem de “pisar na grama” a trilha já está feita e a cobertura vegetal dificilmente voltaria a seu estado original. É claro que outros fatores como clima, declividade e tipo de solo vão influenciar neste processo de degradação e/ou de recuperação do ambiente.

O retorno ao estágio original (nossa resiliência ambiental) será tanto possível quanto mais rápido o esforço (degradação) for eliminado, e quanto mais distante deste “threshold” estivermos. Em algumas situações o retorno ao ambiente de origem pode se tornar inviável, ou até irreversível. Esta situação ocorre em casos onde existe demora ou dificuldade na eliminação do esforço/agente que está causando a degradação.

Nessa situação haverá portanto um maior gasto de energia, quanto mais tempo se gastar para eliminar o esforço (agente de degradação). É como se fosse um quarto desarrumado, quanto mais tempo você demora para arrumar pior fica, e maior será o seu gasto de energia (trabalho) para arrumá-lo. Em certa medida, o esforço que se requer para a obtenção de um dado retorno das condições naturais é proporcional ao grau e ao tempo de exposição desta condição de agressão/degradação. A natureza responde de forma caótica (e não aleatória) isso decorre do fato de pequenas diferenças causarem grandes modificações nos resultados. Claro que alguns leitores religiosos podem duvidar dessa “resposta”; se o faz sentir melhor: continue acreditando que a natureza é sempre benevolente.

Contrariar as leis da natureza exige, sempre menos esforço do que para recompô-la. Por isto, devemos evitar a degradação: Para degradar uma determinada área gastamos ΔX de energia, e para recompor gastamos ΔY . E este ΔY (de energia) será tanto maior quanto maior o tempo que gastaremos para se iniciar a recomposição. O homem (e a natureza) tem sofrido desde a revolução agrícola, quando começou a dominar os vegetais e a confinar animais. Pois, também, começou a degradar áreas e mais áreas, por meio dos latifúndios e das monoculturas. Acreditando que assim mataria a fome do mundo, mas esqueceu que essa “fome” também era de “poder”.

Qual o motivo dessa degradação ambiental ainda acontece, se a natureza somos nós? a resposta é simples: o Homem (nós) ainda carrega consigo sua estrutura instintiva e predadora do *Sapiens*, mesmo sendo (hoje), *Sapiens sapiens*. Recuperar áreas degradadas está cada vez mais difícil por causa da “complexidade” o que corrobora, para a relevância da Química Ambiental.

Como a ordem que deveria manter o equilíbrio dessa natureza está na imaginação humana, vou finalizar este penúltimo capítulo com um comentário que uso (em sala de aula) para exemplificar essa teoria confusa-complexa, que é a teoria do caos: (...) *Se um grão, caindo na terra, não morrer, ele vai viver só; mas se ele morrer, ele vai produzir muitos frutos* (Jó: 12, 24).

Capítulo 10. Gerenciamento de resíduos

Neste último capítulo, vamos conhecer a geração e formas de disposição de resíduos. Algumas das substâncias mais nocivas conhecidas, e quais as entidades públicas e privadas, que executam gerenciamento de resíduos; com ênfase nas universidades. Por fim, apresentaremos um case: experiência de recolhimento de resíduos em um laboratório na Universidade Estadual do Maranhão.

10.1 Qualidade ambiental

As diferentes atividades humanas geram vários resíduos; inclusive aquelas rurais (agricultura e pecuária). Mas um dos principais problemas relacionados a geração desses resíduos é, sem sombra de dúvidas, a facilidade com que os “geramos”. Agora, se esse resíduo é inócuo/nocivo, se vai ser reaproveitado (reutilizado/reciclado) ou se vai ser descartado como rejeito: *só o tempo dirá*. E como já vimos, qualidade é atendimento ao cliente; portanto a sociedade (cliente) clama por menos resíduos. Lembre do slogan: menos é mais.

Alguns resíduos orgânicos de origem animal ou vegetal considerados como inócuos podem se tornar nocivos, dependendo da forma como forem gerenciados. Mesmo os dejetos de animais, Material Energético Residual Derivado de Alimentos, precisam ser manejados, e se assim o forem, podem ser incorporados no solo visando sua fertilização. Como sabido por todos, até mesmo os resíduos de nosso metabolismo diário, não podem ser descartados *in natura* em qualquer lugar, pois, além do odor, contaminam as pessoas e o ambiente com bactérias do grupo coliformes fecais⁷⁹.

Como visto, de uma forma ou de outra, esse tema já foi discutido. Por essa razão que deixamos para o final, até porque gerenciamento de resíduos é como dizem: *final de linha*. Você obtém um produto e “acabou”, mas tem que resolver (depois) o que fazer com esse subproduto (resíduo). É como se fosse um conto de fadas, mas

que inicia (no final do filme) com a parte que ninguém conta: aquela que a princesa termina com o mocinho e “The End”. Acreditamos que, depois daquela cena, existe um nova história, agora comum e real; bem parecida quando conseguimos “algo” que queríamos, mas e depois: o que fazer com o resíduo gerado daquele “algo”?

A revolução industrial, com suas máquinas espalhadas pelo planeta, quase todas movidas a combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, foi a base do nosso mundo científico. A contradição dessa benfeitoria mundial foi que, concomitantemente, geramos resíduos, geramos poluição. Outra consequência da permuta de uma “sociedade” manual para máquinas foi a alteração do clima por causa de liberação de gases como CO₂, visto no primeiro capítulo. Essas situações devem induzir os governantes a repensar suas matrizes energéticas e sua forma de consumo, para com isso evitar a geração de resíduos nocivos e minimizar a geração daqueles de média nocividade.

O que percebemos é que nada mudou: os países ricos, por meio de suas indústrias, ainda são os principais geradores dos resíduos (líquido, sólido ou gasoso) perigosos. Explicado por sua sociedade consumista, com sua elevada demanda em energia e produtos descartáveis. Um “crescimento” as custas dos “outros”.

No que tange aos resíduos das usinas nucleares, estes não podem ser gerenciados, apenas segregados, devido a elevada $\frac{1}{2}$ vida dos radionuclídeos. Já aqueles das usinas térmicas, podem ser gerenciados, seja a fonte carvão mineral, ou gás natural; muito embora no primeiro caso tenha liberação de benzeno, necessitando de um tratamento especial, como o uso de precipitadores eletrostáticos.

No caso dos laboratórios universitários de pesquisa, ou mesmo de ensino, temos os mesmos transtornos (geramos resíduos) e ainda convivemos com críticas como por exemplo: a realização de alguns experimentos-testes não gerarem “produtos”, só resíduos. Sim, as pesquisas puras não geram produto, mas são elas que nos auxiliam na construção de conceitos e ideias: *ciência é observar e experimentar.*

E no caso das indústrias (que geram produtos), temos outros transtornos: o fato dos resíduos gerados serem considerados nocivos e perigosos, que atuam contaminando o ambiente de diferentes formas.

O fato de termos um mundo globalizado, que poderia estar diretamente associado a qualidade de vida no planeta; infelizmente não é verdade. Cotidianamente aparecem nos jornais notícias de que resíduos perigosos gerados do outro lado do planeta chegam em nossas residências, contaminando nosso solo, nossa água e nosso alimento. Os problemas ambientais revelados neste novo século exigem o entendimento da dinâmica e do destino dos resíduos que geramos, sejam esses Classe I *perigosos* ou Classe II *não perigosos* (inertes e não-inertes); conforme preconiza a resolução Conama 313, de 29 de outubro de 2002.

Esses resíduos, podem ser gerados no mesmo local onde aparecem as consequências da contaminação, mas também em outros; que estão na sua circunvizinhança, ou a quilômetros de distâncias; quiça em outros estados, ou até em outros países. Daí reside a importância dos órgãos públicos de fiscalização e das instituições de pesquisa; na tentativa de controlar e monitorar esses resíduos, que na maioria das vezes têm efeito nocivo a longo prazo.

Apesar de, frequentemente, ser parceira de projetos voltados à preservação e manutenção dos recursos naturais, algumas instituições públicas (ensino e/ou pesquisa) não apresentam programas de gestão ambiental em seus diversos setores. Esta contradição é explicada diante da falta de compromisso, tanto das instituições, quanto dos órgãos de fiscalização. Neste contexto, trabalhos voltados à educação ambiental formal são muito proveitosos. É bem verdade que a gestão ambiental não deve ser movida por pressões de órgãos que controlam e fiscalizam a saúde pública e o ambiente, mas sim por questões de ética e de moral³⁴.

A gestão, bem como o gerenciamento ambiental são situações que devem ser incorporadas pelos participantes e não impostas, muito embora devam-se criar mecanismos de controle para os laboratórios

das universidades, de forma a exigir que sejam feitas avaliações do seu desempenho ambiental. Isto significa desenvolver um programa que envolva o levantamento e o diagnóstico dos pontos de emissão de resíduos, dos tipos, volumes e concentrações dos produtos descartados, das formas corretas de tratamento e eliminação dos resíduos.

É o princípio de que “quem polui, paga”, isto é, o estabelecimento, por parte destes órgãos, de penalidades para os laboratórios que não manejam adequadamente seus resíduos; além de impor que os gastos com estes serviços sejam custeados pela instituição: no caso de universidades, o próprio laboratório, que gera o resíduo. Lembrando que essas substâncias, quando são descartadas *in natura* são facilmente absorvidas pelo organismo (humano, animal e vegetal) perturbando o funcionamento de suas diversas funções.

O que mais contrasta nesta realidade preocupante, é que alguns destes laboratórios de pesquisa trabalham na área ambiental, sendo às vezes até credenciados por órgãos internacionais, atuando na melhoria da preservação do equilíbrio ambiental estudando os mais diversos poluentes orgânicos e inorgânicos nas mais diversas matrizes⁷². É inconcebível, portanto, acreditar que alguns destes laboratórios que geram resíduos, durante suas pesquisas, ainda os despejem sem tratamento “*in natura*” nos ralos das pias, contaminando rios e mananciais circunvizinhos.

Quando um laboratório segue uma política ambiental de gerenciamento de seus resíduos, há uma diminuição de gastos, porque suas atividades passam a ser melhor controladas. Este posicionamento pode também refletir favoravelmente sobre alunos e o público em geral já que, desta forma, demonstra o grau de seriedade e preocupação para além dos muros e paredes dos laboratórios onde são feitos os experimentos. Como os produtos químicos usados em laboratório são, geralmente, resíduos de “caráter especial” ou, ainda, classificados como “resíduos químicos perigosos”, isto impossibilita seu descarte direto em esgoto⁹⁸. Assim sendo, sua eliminação deve ser cuidadosa, devendo-se, para tanto, observar as normas de tratamento e posterior eliminação e/ou segregação.

Podemos entender esse princípio como uma obrigação de um agente (empresa) para que pague pelos custos da remediação de seus danos a natureza. Por isso, ainda não foi bem aceito: deveria ser um instrumento capaz de evitar a irreparabilidade do dano. Entretanto, parece que a “lei” veio dar uma licença (aceite) para a degradação ambiental como se dissessem: sem problemas para você que, degradou a natureza; *agora basta pagar e fica tudo resolvido*.

Contudo, essa comprovação de um dano ao ambiente (que pode ser solicitada aos órgãos governamentais competentes por qualquer pessoa), tem um outro por menor: na maioria das vezes a empresa assume a responsabilidade pelo dano baseada na culpa, e não no dolo. Situação que, no campo do direito ambiental, entra na categoria de interesses difusos; e não individuais.

Lembrando que, fazer uma denúncia contra uma empresa que causa dano a natureza; não é fácil, tudo concorrerá para desencorajá-lo: *a quem você deve procurar?* Bem, infelizmente ainda existem outros desconfortos: custos das despesas; complexidade do problema; carência de conhecimentos técnicos; a força política e econômica das empresas; o despreparo e falta de interesse dos órgãos competentes; além da ineficácia no pagamento das indenizações; mesmo quando comprovada técnica e juridicamente a responsabilidade; como visto no Capítulo 4. Mas vamos deixar, essa discussão, para um outro momento.

10.2 Geração e disposição

A *Agenda 21* em cumprimento ao disposto no parágrafo 3 da seção I da resolução 44/228 da Assembléia Geral da ONU na Eco-92, elaborou estratégias e medidas para deter e inverter os efeitos da degradação do meio ambiente. Intensificando esforços nacionais e internacionais para promover um desenvolvimento sustentável e ambientalmente saudável em todos os países. No Brasil a resposta veio por meio de uma nova lei ambiental (31/03/98), estabelecendo sanções penais, civis e administrativas à empresas e pessoas que

provocarem danos ao meio. Entretanto, os problemas ambientais ainda são e ainda vão ser preocupação para os ambientalistas, por exemplo, cita-se a geração e o descarte “inadequado” de resíduos industriais, hospitalares, domésticos e até mesmo provenientes das universidades.

A geração de resíduos, bem como o procedimento de descarte nos laboratórios universitários, seja este de pesquisa ou de aulas práticas, tem sido um assunto evitado entre os profissionais e estudantes, principalmente em função da pouca importância, até então, dada a este tema. Muito embora, em um verdadeiro contra senso alguns destes laboratórios estejam trabalhando no controle da poluição.

O gerenciamento ambiental nas universidades brasileiras, com poucas exceções, é fundamentado muito mais numa legislação básica do que em uma estrutura operacional atuante. De fato, nossa cultura é pródiga em elaborar legislações que, no papel, são eficientes, mas que são de pouca eficácia no seu cumprimento. Talvez isto explique a raridade de planos, programas e projetos e as respectivas metas de gerenciamento de resíduos de laboratório nas universidades.

A geração e disposição final de resíduos de laboratório é tanto mais eficiente quanto maior é a consciência ambiental do agente gerador. No caso de professores e pesquisadores, a responsabilidade deve estar diretamente ligada à sua maior ou menor capacidade de gerenciar seus resíduos. Na dinâmica das universidades, especialmente em laboratórios de pesquisa, a geração de resíduos perigosos vem aumentando de forma considerável nos últimos anos, ocasionando problemas que outrora eram exclusividade das indústrias. O destino final dos resíduos de laboratório merece atenção especial devido às potencialidades diversas, incluindo aspectos biológicos e também de contaminação ambiental, motivo pelo qual tais resíduos não podem ser eliminados indiscriminadamente pelo “ralo da pia”. Os resíduos gerados nos laboratórios, devido à peculiaridade de cada grupo de pesquisa, apresentam características muito diferentes e as quantidades produzidas são muito variadas⁹⁸.

Os professores, aqueles fazem a pesquisa neste país (já que o governo brasileiro não contrata cientistas), mesmo engajados em movimento de proteção ambiental, reconhecem que suas atividades podem ser prejudiciais ao meio ambiente se não forem seguidas normas e técnicas corretas. Muitas das substâncias e materiais manuseados e descartados no dia-a-dia em nossos laboratórios são potencialmente futuros contaminantes, se forem descartados de forma inadequada.

Em nível mundial o Brasil participa ativamente de 17 iniciativas internacionais para o gerenciamento adequado de substâncias químicas. Há uma internalização de seus instrumentos por meio da Legislação Federal ou de programas específicos de prevenção, controle e redução de resíduos. Muitos ministérios, autarquias, estatais, órgãos e agências do governo estão envolvidos no acompanhamento e na implementação desses instrumentos. Entre as principais áreas temáticas desses acordos internacionais estão: o *direito* de saber, a poluição marinha, as mudanças climáticas, a destruição da camada de ozônio, os resíduos perigosos, os poluentes orgânicos persistentes, prevenção de acidentes, qualidade ambiental, saúde e segurança do trabalhador, agrotóxicos, armas químicas e gestão ambientalmente segura e sustentável de substâncias químicas.

Em relação às empresas, indústrias, institutos, autarquias, órgãos não governamentais que executam de forma exitosa seu gerenciamento de resíduos, podemos inferir que algumas universidades se destacam. Suas ações vão desde a simples separação dos resíduos orgânicos e recicláveis, até procedimentos ambientalmente legais de tratamento e disposição final de resíduos perigosos. Como exemplos de entidades, direta ou indiretamente ligadas às universidades citamos: o Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos para o Desenvolvimento Sustentável, ICRT, que congrega pesquisadores e professores de universidades públicas e institutos de pesquisa de São Paulo; a FAPESP que criou, em 2000, o programa de infra-estrutura para tratamento de resíduos químicos, por intermédio do qual foram financiados projetos de implementação de Programas de Gerenciamento de Resíduos de Laboratórios em 19 instituições de pesquisa paulistas²⁸.

A geração de resíduos em laboratórios universitários seja este de pesquisa ou de aulas práticas, tem sido um assunto evitado entre os profissionais e estudantes da Química, principalmente em função da pouca importância, até então, dada a este tema. O termo resíduo será convencionado como sendo todo produto descartado em laboratórios, e que pode ser, de uma forma ou de outra, reaproveitado por meio de um ou mais tratamentos, enquanto o termo rejeito convencionou-se todo aquele resíduo que não pode ser reutilizado e, portanto, deve ser eliminado. A priori, todo material descartado em laboratórios (qualquer que seja ele) deve ser considerado como sendo resíduo, só após comprovada a sua impossibilidade de tratamento que é considerado como rejeito, e portanto, não pode mais ser reaproveitado, sendo escória.

10.3 Fiscalização

Na maioria dos laboratórios das universidades a gestão dos resíduos gerados nas suas atividades cotidianas é praticamente incipiente e, devido à falta de fiscalização por parte do próprio departamento/centro, o descarte inadequado é frequentemente praticado. Os professores e/ou pesquisadores universitários, por serem os principais responsáveis pela formação e conscientização de seus estudantes, devem ser os principais responsáveis pelo problema de geração de resíduos em seus laboratórios.

Os resíduos químicos, em maior ou menor escala, reconhecidamente, oferecem riscos e consequências ao ambiente ou à saúde, caso não sejam seguidas as normas e técnicas corretas de manuseio e descarte. Levando-se em consideração que qualquer empresa que produz resíduos, é responsável por estes até o momento em que alcançam seu destino final, o correto seria exigir das universidades um compromisso ambiental em relação a estes resíduos.

Diante da falta de compromisso, os órgãos que controlam e fiscalizam a saúde pública e o ambiente, devem criar mecanismos de

controle para os laboratórios das universidades, de forma a exigir que sejam feitas avaliações do seu desempenho ambiental. Isto significa desenvolver um programa que envolva o levantamento dos pontos de emissão de resíduos, dos tipos, volumes e concentrações dos produtos descartados, das formas corretas de tratamento e eliminação dos resíduos. É aquele princípio de que “quem polui, paga”, isto é, o estabelecimento de penalidades, por parte destes órgãos, para aqueles laboratórios que não manejam adequadamente seus resíduos; além de impor que os gastos com estes serviços sejam custeados pelo próprio laboratório, departamento ou universidade⁹⁹.

O que mais contrasta nesta realidade é que alguns destes laboratórios de pesquisa trabalham na área ambiental, monitorando o nível de poluentes (orgânicos e inorgânicos) nas mais diversas matrizes (água, solo, ar, alimentos etc.). Entretanto, é comum que, nestas próprias pesquisas, resíduos perigosos sejam gerados e, na maioria das vezes, sejam lançados “*in natura*” nos esgotos, contaminando o ambiente. Quando um laboratório segue uma política ambiental de gerenciamento de seus resíduos, há uma diminuição de gastos, porque suas atividades passam a ser melhor controladas. Este posicionamento pode também refletir favoravelmente sobre alunos e o público em geral, já que, desta forma, demonstra o grau de seriedade e preocupação para além dos muros e paredes dos laboratórios onde são feitos os experimentos.

Como os produtos químicos usados em laboratório são, geralmente, resíduos de “caráter especial” ou, ainda, classificados como “resíduos químicos perigosos”, isto impossibilita, segundo Carrera e Solá⁹⁸, o descarte direto em esgoto. Assim, sua eliminação deve ser cuidadosa, devendo-se, para tanto, observar as normas de tratamento e posterior eliminação. Frente à importância ambiental que estes resíduos apresentam, e por uma questão de coerência e de postura, é necessário que se façam campanhas de conscientização e de implantação de programas de gerenciamento dos resíduos. Um exemplo é a implantação do programa LIMS (Sistema de Gerenciamento de Informação de Laboratório), proposto por Dux¹⁰⁰. O referido programa, embora

de custo elevado, é considerado um dos mais eficazes pois controla todo o processo de produção de um determinado resíduo, desde a catalogação e cadastramento de todos os reagentes, com suas respectivas incompatibilidades e procedimentos de análises, até informações sobre manuseio, armazenamento e descarte dos resíduos.

10.4 Especificação química

No resíduo, um mesmo elemento químico pode ter diferentes formas (espécies), dependendo de seu Nox (Número de oxidação). É uma questão de maior relevância dado que o seu conhecimento pode estar em implicações diretas ou indiretas com uma das questões mais relevantes da Química Ambiental moderna que é a toxicologia humana ou ambiental (ou Ecotoxicologia). Isto porque, não raras vezes, a especificação química é o instrumento que mais subsidia a avaliação da toxicidade de certas espécies químicas; num primeiro plano, está evidentemente, a toxicidade destas espécies químicas e organismos vivos que vivem nas águas e/ou sedimentos dos ambientes aquáticos em questão e num plano mais avançado, está a questão da toxicologia humana, isto é, saúde pública *per si*.

O comportamento, bem como a distribuição de contaminantes em águas, são dependentes de fatores químicos, físicos e biológicos multivariáveis que ocorrem no seu meio, como pH e potencial de oxirredução. Com isso, a especificação química de espécies inorgânicas (e orgânicas) em sistemas aquáticos tem sido largamente estudada, especialmente metais como: Fe, Hg, Cu, Zn, Mn, Cr, Se, As, Cd e Pb. Esses, por sua vez, são determinados por vários procedimentos e métodos analíticos em muitos países.

A preocupação atual com a presença desses metais decorre dos problemas evidenciados 70 anos atrás na província de Kumamoto no Japão. Onde a contaminação por $\text{CH}_3\text{-Hg}$ da baía de Minamata, causou a morte de 900 pessoas. Esse problema ambiental ficou marcado na história mundial porque a população, formada por rizicultores e pescadores, teve seu arroz e seu peixe contaminados por metais, impossibilitando-os de

se alimentarem. O problema foi mitigado através de um procedimento complexo e inovador: a permuta do sedimento de fundo contaminado, por estéreis (solos inertes) retirados das montanhas.

Pesquisadores como Rodrigues, *et al.*¹⁰¹, desenvolveram e utilizaram celulose modificada com óxido de zircônio para a agilização de análises, separação e/ou pré-concentração de Cr^{6+} , devido a sua alta seletividade em relação a essa espécie; principalmente porque a especiação de Cr^{6+} em águas naturais constitui uma tarefa bastante complicada diante do fato desse estado de oxidação do crômio estar presente em concentrações muito baixas. Essa situação pode ser visualizada no filme “*Erin Brockovich*” estrelado por Julia Robert.

A técnica utilizada, bem como o procedimento de abertura das amostras para as análises, possibilita a obtenção de resultados analíticos que indicam, em geral, somente o nível total de crômio presente, não fornecendo nenhuma indicação quanto à especiação e forma como esse elemento se encontra no meio. A voltametria de redissolução anódica (ASV), em sistema de fluxo interfaceada com a técnica de ICP-MS, também pode ser usada para determinação de especiação de metais em amostras naturais e com essa combinação pode-se obter resultados em nível de ppb ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$), partes por bilhão.

A abordagem destas questões é imprescindível para a Química Ambiental porque, em última análise ou por trás de todo estudo ou mesmo do grande volume de dados obtidos na pesquisa, o que se busca, na realidade, é a saúde pública.

Por esta única razão justificam-se o esforço e os custos para estudos de especiação de elementos. Principalmente para aqueles reconhecidamente suspeitos de serem deletérios em ambientes aquáticos. Não só para as comunidades biológicas zooplâncton, organismos bênticos e peixes, mas a toda população que vive naquele ambiente ribeirinho. Lembrando que as técnicas usadas para especiação química foram vistas no Capítulo 8.

10.5 Controle analítico

Análises químicas de amostras naturais (solo, água, sedimento e planta) são estratégias que investigam a manutenção do equilíbrio ambiental e definem as variações das propriedades naturais resultantes de seu uso e manejo. O controle destas análises é relevante, não só devido ao padrão de qualidade e precisão dos resultados analíticos, mas sobretudo pela alta responsabilidade na sua obtenção. Este controle qualitativo e quantitativo envolve procedimentos estatísticos de monitoramento das atividades para verificar se os resultados obtidos nas análises de amostras de solo, são suficientemente confiáveis para serem liberados aos clientes, neste caso os agricultores.

O controle de qualidade é uma das principais metas para a modernização dos laboratórios de análise. A qualidade assume um papel de representante do grau de exigência que o cliente faz para satisfazer suas necessidades. Para que os serviços prestados sejam satisfatórios, os laboratórios de análises têm que apresentar certas características, para que os órgãos competentes lhes confirmem um atestado de qualidade.

A busca de melhorias no processamento (tratamento) das amostras de solos é de fundamental importância para o monitoramento da fertilidade natural do solo e nutrição de plantas, pois subsidia a precisão e exatidão dos resultados analíticos. No Brasil, existem quatro sistemas de metodologias que controlam a qualidade das análises de solos, sendo que o sistema desenvolvido pelo Instituto Agrônomo de Campinas, IAC, criado em 1986, envolve laboratórios de todo o país e é um dos mais modernos do mundo. Um exemplo é o Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Maranhão, Uema. O único do estado que possui selos de qualidade fornecidos pelo IAC. O selo garante a eficácia e o procedimento correto para a análise de algumas espécies químicas (átomos, cátions e ânions); e tem validade anual.

Para que a qualidade nas análises seja permanente é essencial que haja um rígido controle no procedimento de coleta, transporte,

armazenamento e análise das amostras. Para implementar o Programa de Controle de Qualidade no Laboratório de Solos da Uema, foi necessário ter um conhecimento prévio das metodologias de análises, trabalhar em conjunto com os estudantes (graduandos e pós-graduandos) e técnicos responsáveis pelo processamento das amostras e, finalmente, elaborar um “Manual de processamento de amostra de solos” adequado às condições locais.

10.5.1 Estudo de caso

O complicador ambiental na questão do gerenciamento de resíduos refere-se ao fato dos laboratórios utilizarem frequentemente reagentes químicos durante os procedimentos de análise. Estes reagentes por sua vez são descartados na forma de resíduos após o uso, e os cursos d’água situados próximos às universidades acabam invariavelmente sendo os receptores finais destas substâncias. O monitoramento ambiental nestes cursos d’água constitui uma importante ferramenta como subsídio nos processos decisórios para a implementação de ações de remediação e prevenção de danos.

A contaminação de ambientes aquáticos por descarga de efluentes sem tratamento contribuiu para aumentar a perda de confiança nos profissionais responsáveis pelo gerenciamento de resíduos de laboratório. Mas é bom ressaltar, que as atividades de controle de resíduos realizadas por um laboratório devem ser partilhadas por outros laboratórios e a instituição deve, também, estar em consonância com estes programas de gerenciamento. Infelizmente a sociedade está evidenciando as deficiências nos controles da poluição por parte de órgãos governamentais, bem como o não cumprimento da legislação.

O referido trabalho, realizado em 2003, visou apresentar uma das primeiras experiências de gerenciamento do procedimento de coleta e armazenamento de resíduos do laboratório de solos da Uema, vinculado ao Núcleo de Tecnologia e Engenharia Rural, NTER. Esse laboratório executa a caracterização física, química e biológica de

amostras de solos, por meio de metodologia descrita pelo Instituto Agrônomo de Campinas, IAC. Durante as análises, principalmente nas etapas de digestão, extração e pré-concentração, são produzidos resíduos químicos. Estes incluem, basicamente, solventes orgânicos, restos de solo, além de outras impurezas.

Devido a periculosidade de alguns resíduos químicos, não é possível eliminá-los indiscriminadamente, devem seguir procedimentos específicos. Os resíduos gerados nos laboratórios, devido à individualidade de cada grupo de pesquisa, apresentam características muito diferentes e as quantidades produzidas são muito variadas. Isso significa que cada laboratório produz um (ou mais) resíduo específico para cada atividade analítica; incluindo, além da química, aqueles de outras áreas; como saúde, biológicas e agrárias.

A experiência de criação deste programa-piloto foi resultado da mobilização de professores e de estudantes de mestrado e de iniciação científica do referido núcleo. Entretanto, acredita-se que este posicionamento se torne assunto corriqueiro, envolvendo outros grupos da comunidade universitária. Esta mobilização talvez seja reflexo das pressões e exigências feitas pela sociedade através dos meios de comunicação e divulgação das leis ambientais, mais recentemente criadas e validadas³⁷.

Na maioria dos laboratórios das universidades o procedimento de coleta, armazenamento e gerenciamento dos resíduos originados de suas atividades é incipiente devido à falta de fiscalização, seja por meio da Prefeitura de Campus, seja pelos Departamentos ou de seus respectivos Centros. Com isto, o descarte inadequado destes resíduos é frequentemente praticado. Cabe ressaltar que, no contexto nacional, algumas universidades já criaram programas e desenvolveram projetos visando a sensibilização e conscientização dos gestores no tratamento e disposição e seus resíduos¹⁰².

10.6 Química verde

Como visto no item 3.2 existem muitas ações que podem ser executadas visando a sustentabilidade. Agora vamos reforçar a relevância da química verde no fomento às ações de segurança e saúde (humana e ambiental).

Devido ao crescimento “planetário”, principalmente no pós-guerra, a indústria química vem produzindo inúmeros produtos utilizados para diversos fins. Esses propósitos podem ser desde agrotóxicos, passando por complementos nutricionais e de beleza, até os mais complexos medicamentos. Porém essa “fabricação” também tem gerado inúmeros problemas, como por exemplo a formação de subprodutos nocivos, levando a contaminação do ambiente e efeitos deletérios na população em geral.

A preocupação com esses compostos residuais tem pressionado as indústrias e outras fontes poluidoras a melhorar e aperfeiçoar os processos e operações fomentando um controle desses produtos e subprodutos considerados como prejudiciais. Diante a essa pressão (necessidade) tornou-se imprescindível a busca por uma nova postura, em que os químicos usam técnicas e metodologias com baixa geração de resíduos. Esta filosofia (postura) é o que chamamos de “química verde”, isto é a criação, o desenvolvimento e a aplicação de reagentes e uso de processos que reduzam ou previnam a geração de substâncias nocivas. Tornando-se compulsória as remediações dos impactos ambientais causados por procedimentos inadequados^{103, 104}.

Os conceitos fundamentais da Química Verde, começaram a ser definidos no final do século XX. Em 1991, logo após a publicação da lei de Prevenção à Poluição, a agência ambiental americana (EPA), lançou o programa *Rotas Sintéticas Alternativas para a Prevenção da Poluição*, para apoiar o desenvolvimento de pesquisas que objetivassem a prevenção, quando dos chamados produtos *sintéticos*. Em 1993, com a inclusão de novos tópicos (solventes inócuos e processos seguros), houve a expansão desse programa, adotando o que ficaria conhecido como *Green Chemistry*. E, como visto no item 1.5, a partir de 2007 esse termo foi consolidado no Brasil.

10.7 Compostos nocivos

Neste último tópico, pretendo lembrar que, todos os produtos (substâncias) apresentam um certo grau de toxicidade para os seres vivos, uns mais, outros menos. Ainda assim, esses produtos são usados cotidianamente por nós, seja por meio de um adoçante, que contém substâncias com efeito carcinogênico como o aspartame, ciclamato, sacarina dentre outros; seja por meio do uso de tratamento capilar, que contém substâncias tóxicas como formol, amoníaco, dentre outros. Não podemos esquecer do uso de outros produtos como desinfetantes, detergentes, etc. E do uso e manuseio de reagentes ou soluções, por nós químicos, como benzeno, tolueno, dentre outros; que também são carcinogênicos.

Para você ter uma ideia, hoje já podemos ter uma noção de risco para um contaminante químico, que pode ser calculada matematicamente. A equação, que leva em consideração vários fatores (desde parâmetros ambientais, e se está presente no ar, água ou solo; até características do agente como tipo, concentração, tipo, ação etc.) vai servir como uma estimativa de contrairmos alguma forma de câncer para toda a vida. Quando alguém está continuamente exposto a um contaminante (agente), desde o nascimento e ao longo de toda sua vida ao mesmo agente, seu risco existirá, mesmo a uma concentração de apenas 1 ppb ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$), se o agente estiver no ar ou de 1 ppm (mg/L), se estiver na água de consumo para dessedentação.

Tais substâncias, por serem comprovadamente nocivas aos seres humanos, deveriam ser evitadas, mas como alguns são subprodutos, devemos manuseá-las de forma segura. Mas, o que dizer do meio ambiente, quanto recebe tudo isso que usamos e descartamos? O número e a quantidade de substâncias tóxicas liberada é cada vez maior, e sua periodicidade é quase instantânea, digamos, na forma de toneladas a cada minuto.

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente¹⁰⁵ mais de 10 milhões de produtos químicos já foram

descobertos ou produzidos pela humanidade e milhares de novos compostos e/ou substâncias são produzidas a cada ano. Desse total, cerca de 90 mil são usadas em quantidades significativas nos mais diversos processos industriais espalhados pelo mundo. E o problema ambiental e de saúde humana não se restringe somente a essas substâncias propriamente ditas. Tem-se ainda aquelas provenientes de reações e degradações nos rejeitos químicos (e não resíduo) que podem liberar concomitantemente outras substâncias com grau de nocividade mais elevada.

Um desses grupos de substâncias são os POP's, que somam-se a outros muitos; geralmente produzidas artificialmente como subprodutos industriais. A maioria formados (produzidos) durante sua passagem pelas chaminés, provavelmente em função das altas temperaturas. Os chamados POP's, ou produtos orgânicos poluidores, são fontes de estudo em vários países. Existem vários, mas alguns são conhecidos também como os doze sujos “dirty dozen” são eles: Aldrin, Clordano, Mirex, Dieldrin, DDT, Dioxinas, Furanos, PCBs, Endrin, Heptacloro, BHC e Toxafeno. Eles são acusados de causar doenças graves, como câncer e mutagenicidade, muitas vezes sendo encontrados em locais distantes de qualquer fonte emissora, tornando-se, portanto, um problema global.

Uma grande parte dos POP's são co-denominados HPA (hidrocarbonetos poliaromáticos). Para se ter ideia da gravidade do assunto, o artigo 109 da Constituição Federal, comenta a importância de reduzir/banir estes poluentes do Brasil. Cabe ressaltar que eles persistem, não apenas no meio ambiente, como também em tecidos animais e humanos. Incluem-se as *dioxinas* e os *furanos*, que são gerados durante incineração do lixo doméstico e em indústrias de PVC; os *bifenilpoliclorados* PCBs, que são liberados por transformadores elétricos velhos; e os *bifenilclorados* HCBs, que são gerados na produção de agrotóxicos organoclorados.

Sob a designação de dioxinas encontra-se um grupo vasto de compostos organoclorados aromáticos com alto grau de nocividade. É usado para se referir a 75 congêneres dos dibenzo-para-dioxinas. Já a

designação de furanos é usado para se referir a 135 congeneres destes compostos orgânicos, denominados dibenzofuranos. PCB's, por sua vez incluem os hidrocarbonetos aromáticos clorados; aqueles com maior teor de cloro são mais nocivos.

Outra classe de substâncias que tem despertado interesse dos pesquisadores são os perturbadores do sistema endócrino ou agentes químicos hormonalmente ativos, conhecidos como AHAs. Tais compostos mimetizam a dinâmica dos hormônios, substituindo-os e, ainda, inibindo ou mesmo alterando as funções normais dos sistemas imunológico e/ou nervoso¹⁰⁶.

Mais detalhes sobre algumas substâncias potencialmente nocivas podem ser obtidos no livro de pesquisadores como Correa e Zuin²⁶. Sobre os estudos de monitoramento dos casos de câncer, ou mesmo de políticas e ações de combate e prevenção do câncer no Brasil podem ser obtidos no livro da Fundação Oswaldo Cruz¹⁰⁷. Outras informações relacionadas à segurança, licenças e vistorias de ambientes laborais perigosos, poderão ser obtidas por meio de visitas à Secretaria Estadual de Saúde (SES), mais precisamente na Vigilância da Saúde do Trabalhador (Visat).

A criação da Rede Nacional de Atenção à Saúde do Trabalhador (Renast), organizada a partir dos Centros de Referência em Saúde do Trabalhador (Cerest), trouxe maior visibilidade para as ações junto aos gestores, as equipes de saúde e ao controle social. Diante dos modos de produção e de suas interações sócio ambientais com a saúde; os debates realizados no âmbito da Renast apontam para um Programa Nacional de Vigilância em Saúde das Populações do Campo (Floresta) e das Águas. Com características de integração com a Vigilância de Saúde da População Exposta ao Agrotóxico (VSPEA).

Embora existam milhares de compostos produzidos antropicamente como subprodutos dos diversos tipos de indústria química. Alguns já foram banidos por meio da Convenção de Estocolmo. Esse órgão do setor de saúde britânico realiza periodicamente a análise desses compostos, em razão de suspeitar que são os responsáveis por

alterações reprodutivas observadas em animais de pequeno porte e em peixes presentes em ecossistemas situados próximos a algumas indústrias e em regiões portuárias¹⁰⁸.

Outro problema grave é que essas substâncias (compostos), não podem ser retiradas do ambiente por meio de incineração e, quando são aterradas inadequadamente no solo, sem as normas técnicas recomendadas por órgão competentes, podem atingir o lençol freático voltando ao ambiente¹⁰⁹. Mais informações sobre toxicidade de alguns compostos na saúde humana podem ser obtidas em diversos sítios na internet, como exemplo: www.produtosperigosos.com.br.

Para Silva e Rojas⁷² a toxicidade desses compostos é feita por meio de ensaios de laboratórios. Nesses ensaios, organismos-testes são expostos a diferentes concentrações do agente, sendo seus efeitos observados e quantificados. Os testes de toxicidade não permitem prever os efeitos que um determinado agente químico apresentará para a população, uma vez que é muito difícil extrapolar resultados obtidos em organismos. E no contexto do gerenciamento de resíduos: será que existe, realmente, algum resíduo químico que poderia ser descartado no ralo da pia ?

Sim, mas são situações muito, muito específicas, e devem ser vistas com cautela e prudência. Para não dizer que não foi fornecido nenhum exemplo; cita-se a situação daqueles resíduos solúveis em água (pelo menos 0,1g ou 0,1mL para 3mL de água) e com baixa toxicidade, sendo a quantidade máxima recomendável para descarte de 100g ou 100mL por dia/ponto. E a situação daqueles resíduos na forma de misturas contendo compostos pouco solúveis em água, nesses casos devem ter, compulsoriamente, resíduos cujas concentrações estejam abaixo de 2%. No caso de resíduos orgânicos solúveis em água é preciso que além de serem facilmente biodegradáveis que também sejam observados seus testes de incompatibilidade.

Para aqueles leitores que esperavam uma definição para gerenciamento, aqui vai uma delas: “é um sistema que integra todas as atividades para se alcançar o desempenho desejado, com base no

atendimento das exigências legais; envolve a estrutura organizacional, o estabelecimento de responsabilidades, a definição de procedimentos e claro, alocação de recursos”. É bom lembrar que as atividades de gerenciamento (controle) de resíduos realizadas por um laboratório deve ser partilhada por outros; e a instituição deve estar em consonância com estes programas (atividades) de gerenciamento. O atual estágio de degradação do ambiente, por meio de descarte de resíduos é motivo de preocupação.

A falta de fiscalização dos órgãos públicos responsáveis pela saúde humana e ambiental, é mais um motivo para que façamos nossa autogestão. Devemos criar mecanismos de avaliações do desempenho ambiental em nossos laboratórios. Isto significa desenvolver um programa que envolva o levantamento dos pontos de emissão, definindo quais formas corretas de tratamento e descarte. Mais detalhes podem ser obtidos no sítio: <http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/control-de-residuos>.

A principal contribuição deste capítulo, além de relatar uma experiência de gerenciamento (controle) ambiental; foi fazer relação entre a química ambiental que se ensina na sala de aula e a química ambiental que é praticada nos laboratórios de ensino e/ou pesquisa. Só poderemos optar por práticas sustentáveis e seguras a partir do momento que temos informação técnica sobre o assunto e conhecimento dos relatos de experiências pretéritas.

Por fim, queria dizer a você que a preocupação com o gerenciamento de resíduos não é “de hoje”. Na Roma antiga, matadouros, lavanderias e produção de azeite só eram permitidas em locais desabitados e, na Grécia já era exigida autorização para construir curtumes e fundições¹¹⁰. Daí reside a pergunta:

Como e quando deixamos de nos preocupar com o nosso *lixo*? Bem, um livro de temática ambiental nunca termina (...) Vamos deixar essa "pergunta" em aberto... Lembrando a você que na nossa sociedade alguns cidadãos já fazem a sua parte: Repensar, Recusar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar são ações antrópicas: *sempre bem vindas*.

Considerações finais

Como visto, a relação ensino-aprendizagem deste livro, foi disponibilizada em dez capítulos, incluindo tópicos e subtópicos. Esses, por sua vez, complementam o “programa” da disciplina Química Ambiental; disponibilizada pelo Departamento de Química e Biologia da Universidade Estadual do Maranhão desde 2005 na forma presencial e desde 2011 na semi-presencial, por meio de Sala Virtual.

Pode-se inferir que a compreensão e o entendimento de um tema tão abrangente e complexo (como a Química Ambiental), necessitou da quebra de alguns paradigmas. Requerendo agora, de novas buscas na literatura para: consolidar o seu conhecimento, realizar conexões epistêmicas entre áreas dos saberes e melhorar suas habilidades e aptidões.

Para aqueles profissionais das mais variadas formações, que pretendem se aprofundar no tema, deverão ter *informação* sobre o ambiente, *dedicação* no procedimento analítico, e *isenção* ao socializar um laudo. Saber amostrar, coletar, analisar, avaliar e socializar; são ferramentas compulsórias na tentativa de representar o ambiente.

Você deve ter percebido que discutir esse tema, também requer discutir contextos políticos, legais, econômicos, sociais, administrativos, organizacionais e de saúde. As exigências impostas pelo mercado de trabalho, nos dias de hoje, obrigam todo profissional, mesmo aquele ligado às áreas exatas, naturais e tecnológicas, a buscar informações em outras áreas.

A Química Ambiental, é um tema muito mais amplo do que supúnhamos. Espero que você (estudante ou profissional), tenha compreendido e aproveitado nosso livro, e possa dar continuidade a seu enriquecimento intelectual ampliando o conhecimento dos capítulos aqui abordados.

Sei que alguns podem ter críticas ao livro, o que é compreensível. Por isso, queria finalizar parafraseando Arthur Schopenhauer: “A qualquer momento você pode sentar e ler, mas não sentar e escrever. Na maioria das vezes prefere ler do que ser lido. Assim, não se expõe, não revela suas deficiências”.

Um abraço!

“Nada na vida pode, e nem deve, ser temido, somente compreendido. Agora é a hora de compreendermos mais para temer menos. Por isso, nunca vejo o que já foi feito, somente vejo aquilo que ainda falta para ser feito”.

Marie Curie

Referências bibliográficas

1. DIAMNOD, J. **Colapso: como as civilizações escolheram o fracasso e o sucesso**. 7ª Ed. Record. Rio de Janeiro, 2010. 702p.
2. GUNTER, F. **Principles and Applications of Inorganic geochemistry**. Jonh Wiley. Boca Raton, 1991. 235p.
3. GAMA, R. Entre a fé e a razão. **Revista Veja**. 5 de novembro. 94-96. São Paulo, 2014.
4. LOVELOCK, J. E. **Gaia: um novo olhar sobre a vida na Terra**. Edições Setenta. Lisboa, 1989. 173p.
5. MOORE T. **Introduction the Environmental Chemistry**. Elsevier: New York, 1996. 347p.
6. HARRISON, A. **Fractals in chemistry**. Oxford, Science Publications, 1992. 90p.
7. SILVA, A. C.; MENDONÇA, E. Modelo fractal de substâncias húmicas. **Ciência Rural**, 31:45-49, 2001.
8. SILVA, A. C. Teoria dos fractais: uma abordagem ambiental. **Revista Unimar**, 13:15-22, 2004.
9. MANDELBROT, B. B. **The fractal geometry of nature, update and augmented**. Freeman. New York, 1983. 568p.
10. JARDIM, W. A evolução da atmosfera terrestre. **Cadernos temáticos de Química Nova**. Maio5-8, 2001.
11. JARDIM, W. F.; CHAGAS, A. Química ambiental e a hipótese de Gaia. **Quím. Nova**, 15(1):73-76. 1992.
12. BAIRD, C. **Química ambiental**. Ed. Bookman. Porto Alegre, 2008. 623p.

13. MOZETO, A. A.; JARDIM, W. A química ambiental no Brasil. **Quím. Nova**, 25(1):7-11. 2002.
14. SILVA, A. C.; CARACAS, S.; MÁRDILA, C. O meio ambiente como tema transversal em duas escolas de Pinheiro-MA. **Revista Educação Ambiental**, 12:56-62, 2005.
15. SOUSA, R. N. S.; GALDINO, F. C.; MENDES, C. C. **Educação ambiental e cidadania no ensino médio**. São Luís: GDH / Fundação Sôsândrade, 2003.68p
16. NUNES, C. **Ensino médio: Diretrizes Curriculares Nacionais**. DPiA. Brasília, 2005. 105p.
17. PENTEADO, H. D. **Meio ambiente e formação de professores**. EdCortez. São Paulo, 2001. 97p.
18. MANAHAN, S. E. **Química ambiental**. Bookman. Porto Alegre. 2013. 944p.
19. MOORE, W. J. **Físico química**. Volume I. Editora Edgard Blucher. 4ª edição. São Paulo, 2013. 674p.
20. SPIRO T. G.; STIGLIAN, W. M. **Química ambiental**. 2ª Ed. Pearson. São Paulo, 2011. 334p.
21. BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4ª Ed. Artmed. São Paulo. 2011. 844p.
22. GIRARD, J. E. **Princípios de Química Ambiental**. 2ª Ed. Ltc. Rio de Janeiro. 2013. 438p.
23. ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. Bookman, Porto Alegre, 2004. 156p.
24. MACEDO, J. A. B. **Introdução à química ambiental**. 2ª edição. Bookman, 2006. 1044p.
25. MEDEIROS, S. B. **Química Ambiental**. 3ª Edição. CopySym. Recife, 2005. 123p.

26. CORREA, A. G.; ZUIN, V. G. **Química Verde: fundamentos e aplicações**. EdUfscar. São Carlos, 2009. 172p.
27. CARDOSO, L. C. **Petróleo: do poço ao posto**. 3ª edição. Qualymark. Rio de Janeiro, 2008. 178p.
28. CONASQ, Conselho Nacional de Segurança Química. **Perfil nacional de la gestión de substancias: resumen ejecutivo** . Brazilian Chemical Management. Rio de Janeiro, 2012. 45p.
29. MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. Ed. Interciência. São Paulo, 2005. 276p.
30. SILVA, A. C. **Avaliação da contaminação, por metais, de ecossistemas aquáticos localizados próximos a curtumes no Estado de Minas Gerais**. Universidade Federal de Viçosa: Dissertação de Mestrado. Viçosa, 1996.100p.
31. ODUM E. P. **Fundamentos de Ecologia**. Editora Koogan. Rio de Janeiro, 2001.230p.
32. SILVA, A. C.; VIDAL, M.; GODOI, M. P. Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim. **Rev. Escola de Minas**, 54(2):64-67, 2001.
33. SANTOS, M. A questão do meio ambiente: desafios para a construção de uma perspectiva transdisciplinar. **Anales de geografia Complutense**.15(2):695-705,1995.
34. VIEIRA P. F. A problemática ambiental e as ciências sociais no Brasil (103-147). In: Hogan, D. P. Vieira, P. F. **Dilemas socioambientais e desenvolvimento sustentável**. Campinas. 1995. 278p.
35. BURSZTYN, M. A. A. **Gestão Ambiental: Instrumentos e Práticas**. IBAMA, Brasília, 1994. 170p.
36. SCHAFFER, C. E.; COSTA, L. M; SIMAS, F. R. Elementos da paisagem e a gestão da qualidade ambiental. **Informe Agropecuário**, 21(200):20-44, 2000.

37. MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Lei da vida: A lei dos crimes ambientais**. Ed. Charbel. Brasília, 2000. 39p.
38. CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 1984/91.4**. Ed.rev.aum. Brasília: IBAMA, 1992. 245p.
39. BNB, Banco do Nordeste do Brasil. **Manual de Impactos Ambientais, orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**. Ed.BNB: Fortaleza, 1999. 187p.
40. DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Bertrand Brasil. São Paulo, 1998. 206p.
41. SILVA, A. C. **Natureza fractal de ácidos húmicos e mobilidade de metais em área degradada por mineração de caulim**. Universidade Federal de Viçosa: Tese de Doutorado. Viçosa, 2000. 98p.
42. WONGTSCHOWSKI, P. Industria química brasileira: seus desafios e suas oportunidades. **J. Braz. Chem. Soc.** 2(4):604-607, 2011.
43. PIERZYNSKI, G. M.; SIMS, J. T., VANCE, G. F. **Soils and environmental quality**. Lewis Publishers. Flórida. 1994.392p.
44. SILVA, A. C.; JORDÃO, C. P. Sedimento fluvial como indicador da contaminação por metais pesados. **Revista de Ciências Agrárias**, 39:173-182, 2003.
45. SILVA, A. C.; MENDONÇA E. S.; FONTES, R. P. L.; DE MARCO, T. Potential environmental consequences of Zinc and Cadmium contamination in Kaolin Minespoil located in Minas Gerais, Brazil. **Commun. Soil Plant Anal.**, 35(19):2747-2755, 2004.
46. TAN, K. H. **Environmental soil science**. Marcell Dekker, New York. 1994. 304p.
47. SILVA, A. C.; FORTES, J. L. **Projeto e Ações em Biologia e Química Vol. II** Diversidade Biológica: uso e conservação de recursos naturais no Maranhão. EdUema, São Luís, 2007. 368p.

48. STEVENSON, F. J. **Humus chemistry**: Genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons. New York. 1994. 443p.
49. SILVA, A. C.; JORDÃO, C. P.; PEREIRA, J. L. Contaminação por cromo em águas de rio próximo a curtumes em Minas Gerais, Brasil. **Quim. Nova**,22(1):47-52, 1999.
50. FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. **Metal pollution in the aquatic environment**. 2. ed. New York: Springer-Verlag,, 1999. 486p.
51. SILVA, A. C.; SANTOS, T. C.; NUNES, G. Interação entre Atrazina e substâncias húmicas (11-22). In: AMARANTE, O. P. *et al.* **Poluentes Orgânicos: Dinâmica, Destino e Determinação no Ambiente**. Ed. RIMA, São Paulo. 2006.142p.
52. SILVA, A. C. Química da matéria orgânica: atributos e conservação ambiental (133-164). In: SILVA A. C.; FORTES, J. L. **Projeto e Ações em Biologia e Química Vol. II**. EdUema, São Luís, 2007. 368p.
53. CHAGAS, A. M. R.; SALIM C. A.; SERVO, L. M. S. **Segurança e Saúde do Trabalho no Brasil: Aspectos Institucionais**. Ed.Ipea. Brasília, 2011. 230p.
54. SANTOS, M. A. Planejamento deve considerar elementos de confiabilidade humana e engenharia de resiliência. **Revista proteção**, 5(2):23-28, 2013.
55. BREATHERICK, L. **Handbook of reactive chemical hazards**. 4th edition, Royal Society of Chemistry, London, 1990. 456p.
56. BARENDZ, A. W. Food safety and total quality management. **Food Hazard Control**, 9(3):127-135, 1998.
57. JARDIM, A. N. O.; CALDAS, E. D. Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde. **Quím. Nova**, 32(7):1898-1909. 2002.

58. LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil Processes and Water Quality**. Lewis Publishers. Boca Raton, 2004. 398p.
59. BRADY, N. C. **Nature and properties of soils**. 7ed. Wiley & Sons. New York, 1989. 878p.
60. TOOLE, T. M.; GAMBATESE, J. The trajectories of prevention through design in construction. **Journal of Safety Research**, 39:225-230. 2008.
61. ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. Great Britain: Black Academic. London, 2003. 359 p.
62. TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do recôncavo baiano. **Quím. Nova**, 15(2):147-154, 1992.
63. SILVA, A. C.; VIDAL, M. Quantificação foliar de metais pesados em área de aterro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 5:144-148, 2010.
64. SILVA, A.C.; MENDONÇA, E. S.; MEDEIROS, M. L.; FONTES, M. P. F. Carbono orgânico extraído por soluciones salinas y su relación con otras formas de carbono del suelo. **Agrociencia**, 23(4):45-51, 2002.
65. AMARANTE, O. P.; VIEIRA, E. M.; COELHO, R. S. **Poluentes Orgânicos: Dinâmica, Destino e Determinação no Ambiente**. Ed. RIMA. São Paulo, 2006. 142p.
66. ABRASCO, Associação Brasileira de Saúde Coletiva. **Dossiê Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Fiocruz. Rio de Janeiro, 2014. 624p.
67. PRESOTI, A. E. P. **Avaliação de impactos ambientais da sojicultura em um ecossistema aquático da microrregião de Chapadinha, MA**. Universidade Federal do Maranhão. Dissertação de Mestrado. São Luís, 2008. 117p.

68. MS, Ministério da Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde. **Relatório da saúde de populações expostas a agrotóxicos no Maranhão**. SVS, MS. Brasília. 2014. 14p.
69. SILVA, A. C.; VERAS, M. S. Controle biológico MIPD como alternativa para agricultura familiar no Maranhão. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 2:1457-1461, 2007.
70. SILVA, A. C.; FIRMO, D. Efeitos alelopáticos causados pelo capim braquiarião no desenvolvimento inicial de palmeiras de babaçu. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 3:01-07, 2008.
71. ZARBIN, P. H. G.; RODRIGUES, M. A. C. M.; LIMA, E. R. Feromônios de insetos tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Quím. Nova**, 32(3):722-731, 2009.
72. SILVA, A. C.; ROJAS, M. O. I. **Chemical waste management program at soils laboratory of the Maranhão State University (23-25)**. In: PETRY, T. R. 4th International Symposium on Residue management on Universities. Brasília, 2008. 337p.
73. CHIAVENATO, I. **Iniciação à Administração**. Volume Único; São Paulo: Makron McGraw-Hill, 2005. 625p.
74. PIPITONE, D. A. **Safe storage of laboratory chemicals**, 2nd edition, John Wiley & Sons, 2001. 340p.
75. ANDREGUETHO, P.; WARGAFTIG, S. Saneamento Básico: urgência sem pressa. **Revista Brasil Sustentável**, 31:21-27.2012.
76. ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. EdTinus. São Paulo, 2015. 120p.
77. PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem, processo de baixo custo**. EdUFV. Viçosa, 2007. 81p.
78. DEFILIPPO, R. Impactos ambientais sobre os ecossistemas aquáticos. **Informe Agropecuário**, 21(200):45-53, 2000.

79. SOUSA, C. S.; MOTA J. P.; SILVA, A. C. Participação social na implantação de banheiro seco como alternativa para promoção de saúde em comunidades rurais maranhenses. **Campo Território**. 9(19): 363-378, 2014.
80. MOTA, J. P.; SOUSA, C. S.; SILVA, A. C. Saneamento básico e seu reflexo nas condições socioambientais da zona rural do Baixo Munim, MA. **Caminhos de Geografia**. 16(54): 140-160, 2015.
81. VIALLI, A. Rio+20 não prioriza questões ambientais, alertam os cientistas. **Folha de São Paulo**, 09/03/2012. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/ambiente>.
82. VALLE, C. E. **Qualidade ambiental. Série - ISO 14.000**. 5ª Edição. Editora SENAC. São Paulo, 2004. 200p.
83. LUMA, A. A. **Química analítica ambiental**. Eduerj. Rio de Janeiro, 2003. 165p.
84. SILVERSTEIN, R. M.; BLASSER, G. C.; MORRILL, T. C. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 5ª ed. Guanabar Koogan. Rio de Janeiro, 1994. 320p.
85. SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. 9ª Ed. LTC- Livros técnicos e científicos. Rio de Janeiro. 2009. 675p.
86. SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentals of Analytical Chemistry**. 8ª ed. Thomson. Florida. 2006. 999p.
87. SILVA, A. C. Espectrometria de ressonância magnética nuclear e infravermelho em amostras de ácidos húmicos extraídos de solo e obtidos comercialmente. **Cadernos de Pesquisa**,12(1):38-44, 2002.
88. SCHUKIN, E.D.; PERTSON, A. V.; AMELINA, E. A. **Química coloidal**. M. Morcū. Barcelona, 2002.383p.
89. GROHMANN, F. Estudo da superfície específica (111-122). In: MONIZ, A. **Elementos de pedologia**. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro, 1975.347p.

90. WERSHAW, R. L. Sizes and shapes of humic substances by scattering techniques. (540-591) In: HAYES, M. H. B., MacCHARTY, P., MALCOLM, R. L., SWIFT, R. S. **Humic Substance II**. John Wiley & Sons, 1999.
91. PIMENTEL-GOMES, F. **A estatística moderna voltada para a pesquisa no ramo agropecuário e ambiental**. 2ª Edição. Piracicaba: Potafos, 2001, 189p.
92. COSTA, G. G. O. **Estatística básica - teoria e prática**. Ed. Atlas. São Paulo, 2011. 220p.
93. AGUDO, E. G. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: EdCetesb. 2008. 162p.
94. CETESB, Companhia Estadual de Tecnologia de Efluentes e Saneamento Ambiental. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. GTZ. 2ª ed., São Paulo, 2001.
95. CTB, Central de Trabalhadores e Trabalhadoras do Brasil. O que são atividade de classe. **Revista classista**. Porto Alegre, março de 2010.
96. SILVA, A. C.; MOURA, E. G. Atributos e especificidades de solos de baixada no trópico úmido (133-160). In: MOURA, E. G. **Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semiárido do Brasil**. Ed.Uema, São Luís. 2008. 312p.
97. SILVA, A. C. El crecimiento del maíz en vertisoles con alto alumínio en la baixada maranhense pre-amazonia, Brasil. **Agrono. MesoAmericana**. 25(2):365-370, 2014.
98. CARRERA, E. G.; SOLÁ, X. G. **Eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales**. Notas Técnicas: Instituto Nacional de Seguridad en el Trabajo. Barcelona, 1991. 4p.
99. SILVA, A. C.; BRINGEL, J. M. M. **Projeto e Ações em Biologia e Química Vol. I**. Compêndio de Pesquisas do Departamento de Química e Biologia. EdUema, São Luís, 2006. 324p.

100. DUX, J. P. **Handbook of quality assurance for the analytical chemistry laboratory**. 2^a Ed. New York: Chapman. 1990. 203p.
101. RODRIGUES F. F, U. P.; PEIXOTO, C. R. M. GUSHIKEM, Y. Utilização do Compósito Celulose-Óxido de Zr (VI) na pré-concentração de Cr⁶⁺ em Análise de Injeção em Fluxo. **Quim. Nova**, 18(4): 337-340.1995.
102. CUNHA, C. J. O processo de gerenciamento de resíduos de laboratórios do departamento de química da Ufpr. **Quim. Nova**. 24(3):424-427, 2001.
103. THORNTON, J. Implementing Green chemistry: an environmental policy. **Pure Appl. Chem.** 73(2):1231-1240, 2001.
104. ANASTAS, P. T.; KIRCHOFF, M. M. Origins, currents status and future challenges of green chemistry. **Acc. Chem. Res.** 35(1):686-693, 2002.
105. UNEP, United Nations Environment Programme. **Persistent organic pollutants**. Acess: 2013. Available: <http://www.unep.org>.
106. CASTRO, C. M. B. Perturbadores endócrinos ambientais: uma questão a ser discutida. **Eng. San. e Amb.**, 7(2):4-6.2002.
107. FIOCRUZ, Fundação Oswaldo Cruz (Orgs). **Políticas e ações de combate e prevenção do câncer no Brasil**. Editora Fiocruz, Rio de Janeiro, 2012.48p.
108. SILVA, A. C.; FRANÇA, N. R.; MOREIRA, E. G. Contaminação ambiental em área costeira. In: ALMEIDA, Z, S. (Org). **Atividades Portuárias**. EdUema. São Luís, 2014. 320p.
109. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas: **Norma NBR 10157**. Critérios para projetos, construção e operações de aterros de resíduos perigosos. Brasília, 1998.
110. IVANISSEVICH, A.; PINTO, A. C. **Química hoje**. Instituto Ciência Hoje. Edich. Rio de Janeiro, 2012. 183p.

Exercícios propostos

Na tentativa de consolidar alguns, dos diversos, conteúdos vistos até aqui, elaboramos alguns exercícios de aprendizagem. Nesse sentido, serão apresentados cento e cinquenta questionamentos contendo informações adicionais da disciplina Química Ambiental; para que você possa lembrar o que aprendeu e, por conseguinte: exercitar. Como esperado, todas as questões foram provenientes de assuntos abordados neste livro, bem como aqueles abordados em sala de aula. As questões foram selecionadas por estarem associadas (direta ou indiretamente) com os dez capítulos. Diante disso, eu convido você a ler os enunciados e resolver esses referidos questionamentos, cujos gabaritos estão dispostos no final. Uma boa atividade !

1ª) Sobre os benefícios econômicos e malefícios ambientais, para a população maranhense, da atividade siderúrgica das chamadas “gusarias” em Açailândia-Ma.

Pode-se inferir que a produção de ferro gusa gera renda:

I. Para todos os moradores, em contrapartida: poluição para toda a população da região

II. Em toda uma cadeia produtiva, em contrapartida: poluição para toda cadeia produtiva

III. Para os moradores qualificados, em contrapartida: poluição para toda a população

IV. Na cadeia produtiva, em contrapartida: poluição para a população local e circunvizinha

- a) somente a I está correta.
- b) somente a II está correta.
- c) somente a III está correta.
- d) somente a IV está correta.
- e) somente a I e II estão corretas.

2ª) Em uma indústria de alumínio, quando o técnico elabora seu laudo para se referir à alumina, pó branco, exportada pela empresa, ele usa o símbolo Al^{3+} , mas quando se refere ao lingote, barra de alumínio, ele usa o símbolo Al^0 . A explicação para essa diferenciação é apresentada na opção:

I. O laudo é diferente porque Al^{3+} se refere ao elemento químico, presente na alumina, enquanto Al^0 se refere a substância pura, ao alumínio;

II. O laudo é diferente porque Al^{3+} se refere a substância pura, isto é ao material alumínio já Al^0 se refere ao elemento químico;

III. O laudo é diferente porque Al^{3+} se refere a contaminação de alumina e Al^0 se refere à contaminação substância pura, isto é ao material alumínio;

IV. O laudo é diferente porque Al^{3+} se refere à contaminação do lingote e Al^0 se refere à contaminação da alumina.

- a) somente a I.
- b) somente a II.
- c) somente a III.
- d) somente a IV.
- e) todas estão incorretas.

3ª) Quando analisamos amostras de água coletadas em rios turbulentos, verificamos que, após calcularmos a média, observamos a presença de altos valores no desvio-padrão. Defina como verdadeira ou falsa as respostas para este referido aumento:

- () o desvio aumenta por que os resultados das amostras são semelhantes.
 - () o desvio aumenta por que os resultados das amostras são discentes.
 - () o desvio aumenta por que os resultados das amostras são muito diferentes.
 - () o desvio aumenta por que os resultados das amostras são discrepantes.
- a) V, V, F, F.
 - b) V, F, V, F.
 - c) V, V, V, F.
 - d) F, F, F, V.
 - e) F, F, V, V.

4ª) O Brasil tem uma matriz energética diversa. Mas acordos internacionais com a Alemanha prevê a construção de mais usinas nucleares. No que tange ao conceito de IA (impacto ambiental) e ao benefício dessa fonte energética:

- a) geram baixo impacto ambiental porque ocupam menor área.
- b) geram impacto ambiental por que são menos poluidoras.
- c) geram impacto sócioambiental por que apresentam baixo custo.
- d) geram baixo impacto sócioambiental por que ocupam pouco espaço.
- e) geram impacto sócioambiental moderado por que ocupa menor área.

5ª) O agente de alta toxidez usado nos campos de concentração pelos nazistas e que tem relação com o incêndio ocorrido na Boite Kiss em Santa MariaRS, causando 242 mortes, foi o gás:

- a) cloreto (Cl⁻).
- b) nitreto (NH⁻).
- c) cianeto (CN⁻).
- d) citreto (CH⁻).
- e) polidreto (PH⁻).

6ª) Uma definição rápida e direta para uma substância considerada como sendo mutagênica e outra considerada como sendo teratogênica, pode ser, respectivamente:

- a) aquela que altera o material genético de células somáticas ou reprodutivas; e aquela que produz alterações no feto durante seu desenvolvimento intrauterino.
- b) aquela que produz alterações no feto durante seu desenvolvimento intrauterino; e aquela que altera o material genético de células somáticas ou reprodutivas.
- c) aquela que pode causar malformações no feto; e aquela que pode alterar o material genético de células somáticas ou reprodutivas.
- d) aquela que pode alterar o material fenótico de células somáticas ou reprodutivas; e aquela que produz doenças no feto durante seu nascimento.
- e) aquela que pode alterar o material fenótico de células somáticas ou reprodutivas; e aquela que produz morte do feto durante seu nascimento.

7ª) Uma análise ambiental feita em amostras de peixes, pode fornecer resultados tanto em peso seco quanto peso úmido. A explicação para isto:

- a) durante a análise o químico pode desidratar ou não a amostra; na maioria das vezes, para evitar problemas de umidade, prefere-se fornecer em peso seco.
- b) o analista pode apresentar seu resultado secando ou não a vidraria; na maioria das vezes, para evitar problemas, prefere-se fornecer em peso úmido.
- c) durante a análise o químico pode hidratar ou não a amostra; na maioria das vezes, para evitar problemas de umidade, prefere-se fornecer em peso úmido.
- d) o analista pode apresentar seu resultado secando ou não a vidraria; na maioria das vezes, para evitar problemas, prefere-se fornecer em peso seco.
- e) durante a análise o químico pode hidratar ou não a amostra; na maioria das vezes, para evitar problemas de umidade, prefere-se fornecer em peso seco.

8ª) Sabe-se que em alguns países não existe frentista, por causa dos vapores que emanam dos combustíveis, principalmente da gasolina, que nossos hermanos latinos chamam de nafta. Marque a opção mais adequada para a nossa gasolina.

- a) a gasolina servida nos postos é na verdade uma substância, ela forma com o álcool, nela contido, uma mistura homogênea.
- b) a gasolina, servida nos postos, por combustão completa produz apenas dois produtos: gás carbônico e água.
- c) a gasolina servida nos postos é na verdade uma mistura formada com o álcool, nela contido, sendo uma mistura heterogênea.
- d) a gasolina servida nos postos é na verdade uma mistura de várias substâncias semelhantes, sendo, portanto, uma mistura.
- e) a gasolina servida nos postos é na verdade uma mistura de algumas substâncias, sendo uma classificada como mistura heterogênea.

9ª) É sabido que muitos, ainda desconhecem algumas terminologias e, por causa disso, acabam misturando “alhos” com “bugalhos”. De acordo com o Chiavenatto (2005) as palavras que mais se relacionam com *Gestão Ambiental* são:

- a) política, planejamento e gerenciamento.
- b) organização, controle e monitoramento.
- c) planejamento, controle e monitoramento.
- d) controle, organização e planejamento.
- e) gerenciamento, organização e planejamento.

10ª) No ar das grandes cidades, são encontrados poluentes que provêm da utilização de utilitários e meios de transporte, como, por exemplo, os tratores, ônibus, caminhões e pick-up, que utilizam diesel e agora o biodiesel. Os compostos orgânicos presentes nesses combustíveis são, respectivamente:

- a) aldeídos e hidrocarbonetos.

- b) hidrocarbonetos e aldeídos.
- c) etanol e metanol.
- d) aldeídos e etanol.
- e) hidrocarbonetos e ésteres.

11ª) Eventos planetários, como foi o caso em 2012 da Rio+20, trazem diversos legados para o nosso desenvolvimento sustentável, como exemplo temos:

- I. Sensibilização das pessoas para o tema do meio ambiente;**
- II. Fortalecimento de ONG's de cunho ambiental;**
- III. Qualificação profissional para mitigação da poluição;**
- IV. Engajamento de todos os países nas discussões.**

- a) somente a I e II.
- b) somente a II e III.
- c) somente a III e IV.
- d) I, II e III.
- e) I, II, III e IV.

12ª) Durante um monitoramento ambiental na circunvizinhança de uma siderúrgica de ferro, a análise química apresentou nas amostras de solo concentração de Fe em $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Já para amostras de hematita, foi apresentada na unidade dag.kg^{-1} . A mudança na apresentação dessas unidades foi decorrente do fato:

- I. de serem amostras com teores de ferro muito distintos**
- II. de serem amostras com teores de ferro muito semelhantes**
- III. da amostra de solo ter pouco ferro em comparação com hematita**
- IV. da amostra de solo ter muito ferro em comparação com hematita**

- a) somente a I está correta.
- b) somente a II está correta.
- c) somente a III está correta.
- d) somente a IV está correta.
- e) somente a I e III estão corretas.

13ª) São exemplos de técnicas instrumentais de análise para identificação e quantificação de agentes químicos em laboratórios de pesquisa:

- () ressonância magnética nuclear, Microscopia eletrônica e Cromatografia.
- () espectrofotometria de absorção atômica, Raios-X e Infravermelho.
- () espectrofotometria de Emissão, Radiografia e Raios de alta performance
- () cromatografia pastosa, Microscopia eletrônica e Ressonância de visão.

- a) V, V, F, F.
- b) V, F, V, F.
- c) V, V, V, F.
- d) F, F, F, V.
- e) F, F, V, V.

14ª) O soro fisiológico vendido comercialmente é uma solução contendo sal na forma de cloreto de sódio. Sabendo que solução é soluto mais solvente; e que o solvente nesse caso é a água, responda: Uma solução de NaCl a 0,9% contém.

- a) 0,9 mL de NaCl em 100ml de solução.
- b) 9 mols de sal em 1000g de solução.
- c) 0,9 g de sal em 100 mL de solução.
- d) 0,9 g de NaCl em 1000 mL de solução.
- e) 0,9 mol de NaCl em 100g de solução.

15ª) Algumas siglas técnicas vão, com o passar do tempo, se consolidando; como QSMS, que significa:

- a) quantidade, separação, mecanismo e suporte.
- b) qualidade, suporte, mecanismo e saúde.
- c) quantidade, segurança, mecanismo e saúde.
- d) qualidade, segurança, meio ambiente e suporte.
- e) qualidade, segurança, meio ambiente e saúde.

16ª) Podemos definir de forma rápida e direta termos como Quimiometria como sendo:

- a) parte da química que utiliza os métodos instrumentais.
- b) parte da química que utiliza os métodos matemáticos.
- c) parte da química que estuda os métodos instrumentais.
- d) parte da química que estuda os métodos analíticos.
- e) parte da química que estuda os métodos estatísticos.

17ª) Como sabido, conceitos ecológicos são importantes no estudo ambiental. Neste sentido termos que definem mangue e manguezal são respectivamente:

- a) ecossistema e vegetação.
- b) ambiente e nicho ecológico.
- c) nicho ecológico e ambiente.
- d) vegetação e ecossistema.
- e) nicho ecológico e ecossistema.

18ª) O agravamento do efeito estufa pode estar sendo provocado pelo aumento da concentração de certos gases na atmosfera, principalmente do CO₂. Esse gás é liberado nas seguintes reações químicas:

- I. Queima de combustíveis fósseis;**
- II. Processo de fotossíntese;**
- III. Fermentação alcoólica;**
- IV. Saponificação de gorduras.**

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) I e IV.
- d) II e III.
- e) II e IV.

19ª) Em alguns locais, adota-se uma forma cruel de controlar a população de cães abandonados nas ruas: prendem-se os animais em compartimentos vedados, onde se introduz uma mangueira acoplada ao escapamento de um caminhão, cujo motor está funcionando em “ponto morto”. A substância que mata os cães apresenta fórmula molecular:

- a) KCN.
- b) H₂.
- c) CO.
- d) NH₃.
- e) HCN.

20ª) Uma diferença rápida e direta para ambiente contaminado e ambiente poluído, pode ser em relação a:

- a) seu VMP, valor máximo permitido pela legislação.
- b) sua concentração na água.
- c) sua concentração no solo.
- d) sua concentração no ar.
- e) seu VRP, valor referência permitido pela empresa.

21ª) Na agronomia, costuma-se associar o termo Agroquímico como sendo o mesmo que:

- a) agrobusiness, relação da agricultura e agronegócios.
- b) agrotóxico, substâncias usadas na agricultura.
- c) agroverde, relação da agricultura e tecnologias alternativas.
- d) agroecológico, substâncias usadas em diversas formas na agricultura.
- e) agropastoril, relação da agricultura e pastagens.

22ª) Em relação aos conceitos ecológicos: qual seria a diferença entre o termo foz em delta e foz em estuário?

- a) quando um rio desemboca no mar, em um único canal é estuário, quando o deságue ocorre em vários braços-ramificações, formando ilhas, é delta.
- b) quando um rio nasce a montante é estuário, quando nasce a jusante é delta.
- c) quando um rio nasce no desemboque é estuário, quando no deságüe é delta.
- d) quando um rio desemboca no mar, em vários canais é estuário, quando o deságue ocorre em um único braço, sem formação de ilhas, é delta.

e) quando um rio desemboca no mar, sempre em canais é foz, quando o deságüe ocorre em um único braço, sem formação de ilhas, é delta.

23ª) É sabido que a análise de riscos é uma prerrogativa de técnicos de segurança, seja em nível ou em nível superior. Nesse sentido, riscos ambientais incluem, agentes:

- a) de natureza química, física e biológica.
- b) de todas as naturezas ambientais.
- c) de natureza ecológica e biológica.
- d) relacionados com a fauna e flora.
- e) de todo tipo de natureza.

24ª) Existem hoje em dia, diversas metodologias para mitigar os problemas ambientais decorrentes, principalmente, das indústrias. Dentre várias, podemos citar a Bioremediação. A melhor explicação para o uso desta metodologia em projetos ambientais está na frase:

- a) retirada de um contaminante por meio de seres vivos.
- b) diminuição do teor de um contaminante por meio de algas.
- c) retirada de um contaminante por meio de microbiologia.
- d) aumento do teor de um contaminante por meio de agentes vivos.
- e) diminuição de um contaminante por meio de bactérias.

25ª) Sobre o destino de um determinado poluente presente em um ambiente de natureza terrestre, aquática ou aérea; é correto afirmar:

- a) os contaminantes no solo podem chegar ao lençol freático por precipitação.
- b) os contaminantes no ar podem chegar ao solo por quelação.
- c) os contaminantes no solo podem chegar ao lençol freático por lixiviação.
- d) os contaminantes na água podem chegar ao solo por translocação.
- e) os contaminantes no solo podem chegar ao ar por adsorção.

26ª) À medida que a demanda por água aumenta, as reservas desse recurso vão se tornando imprevisíveis. Modelos matemáticos que analisam os efeitos das mudanças climáticas sobre a disponibilidade de água no futuro indicam que haverá escassez em muitas regiões do planeta. São esperadas mudanças nos padrões de precipitação, pois :

- a) o maior aquecimento implica menor formação de nuvens e, conseqüentemente, a eliminação de áreas úmidas e subúmidas do globo.
- b) as chuvas frontais ficarão restritas ao tempo de permanência da frente em uma determinada localidade, o que limitará a produtividade das atividades agrícolas.
- c) as modificações decorrentes do aumento da temperatura do ar diminuirão a umidade e, portanto, aumentarão a aridez em todo o planeta.

- d) a elevação do nível dos mares pelo derretimento das geleiras reduzirá a ocorrência de chuvas, o que implicará a escassez de água para abastecimento.
- e) a chuva está relacionada com a temperatura do ar, sendo que atividades antropogênicas são capazes de provocar interferências em escala local e global.

27ª) O principal resíduo dos processos de tratamento de água ETA é o lodo que em seu estado natural (lodo bruto), é rico em umidade e facilmente putrescível, produzindo odores, além de poder apresentar organismos patogênicos. Em relação ao tratamento da fase sólida, é correto afirmar que:

- a) lodo que sai do decantador secundário, após um sistema de filtração lenta de alta taxa, já está aromatizado.
- b) lodo seco é maior nas lagoas facultativas do que dos reatores anaeróbios de manta isolante.
- c) lodos com teor de umidade de 90% são aceitos nos aterros sanitários, segundo as normas brasileiras.
- d) condicionamento é o processo de melhoria das características de separação das fases sólido-líquidas do lodo.
- e) aromatização é o processo de limpeza da matéria orgânica do lodo, com redução de sólidos voláteis.

28ª) Marque a opção que melhor representa as operações executadas nas estações de tratamento de esgoto ETE:

- a) na flotação por ar induzido, é realizada uma introdução de ar no líquido sob pressão, seguido de uma despressurização na base do flutador.
- b) nas caixas de gordura, a velocidade de decantação é variável, pois as gorduras têm a capacidade de se dissolver.
- c) nas lagoas facultativas, existe uma zona de atividade bêntica sobreposta por uma zona reduzida, que fica mais próxima da superfície.
- d) no fundo dos decantadores secundários e nos adensadores de lodo, ocorre a sedimentação por aeração.
- e) nos subprodutos de reatores anaeróbios, o gás sulfídrico, as mercaptanas e os escatóis apresentam bom cheiro.

29ª) Dentre as importantes diferentes técnicas de processamento empregadas em uma refinaria, uma delas é obter produtos de acordo com o mercado. Com isso, pode-se transformar uma fração de querosene em gasolina. Este processo é o(a):

- a) vidrotreamento.
- b) coqueamento.
- c) rafiamento.
- d) craqueamento.
- e) pisoqueamento.

30ª) O gás natural, como é encontrado na natureza, é uma mistura de diversos compostos cujo componente principal é o metano. Antes da liquefação, é necessário submeter o gás natural bruto a tratamentos que dependem das características originais do gás. Dentre estes tratamentos, inclui-se:

- a) desparafinação com solvente para a eliminação dos compostos.
- b) extração com solvente para a eliminação de compostos aromáticos.
- c) tratamento com peneira molecular para separar o CH_4 dos demais componentes.
- d) tratamento com etileno glicol para a remoção das olefinas.
- e) desidratação e a dessulfurização para a eliminação de água e enxofre.

31ª) A destilação fracionada é útil para separar uma mistura de substâncias em função dos seus pontos de ebulição, sendo uma etapa importante no processo de refino de petróleo. Considerando uma ordem crescente de temperatura média de ebulição, as frações são coletadas, do topo ao fundo da coluna, na seguinte ordem:

- a) óleo combustível, diesel, querosene, gasolina e GLP.
- b) querosene, gasolina, diesel, óleo combustível e asfalto.
- c) gasolina, diesel, óleo combustível, querosene e GLP.
- d) GLP, diesel, gasolina, asfalto e óleo combustível.
- e) GLP, gasolina, querosene, diesel e óleo combustível

32ª) Atividades laborais de trabalhadores em espaços confinados é uma situação de risco. Nesse caso a atmosfera com deficiência de O_2 estará melhor definida nesses ambientes em:

- a) $\text{O}_2 \leq 10,0\%$.
- b) $\text{O}_2 < 12,5\%$.
- c) $\text{O}_2 < 15,0\%$.
- d) $\text{O}_2 \leq 20,0\%$.
- e) $\text{O}_2 \leq 25,0\%$.

33ª) Caso seja convidado para ministrar uma palestra de motivação em uma empresa de venda de automóveis, e um funcionário diga que fica incomodado com sua profissão porque a cidade não suporta mais carros. Em resposta você:

- a) discorda, porque pagamos impostos e a cidade é quem deveria dar condições para o tráfego de veículos.
- b) concorda, mas sua função é vender independente dos problemas da cidade.
- c) concorda, mas carro velho dá muita manutenção; diferente do novo.
- d) discorda, porque carro novo é eficiente, seguro e econômico, devemos recolher os carros velhos sem manutenção.
- e) discorda, por que sua função é vender independente dos problemas da cidade.

34ª) Analise as afirmativas abaixo, e marque a opção correta:

I. Explosivos são substâncias capazes de rapidamente se transformarem em gases, produzindo calor intenso em pressões elevadas.

II. Os explosivos iniciadores são aqueles que são empregados para excitação de cargas explosivas, sensíveis ao atrito, calor e choque.

III. Existem vários tipos de explosivos, uma dessas classes, é chamada de explosivo de todo grau, que é utilizado para a propulsão

- a) I e III, somente.
- b) I e II, somente.
- c) III, somente.
- d) II, somente.
- e) II e III, somente.

35ª) É chamada de limite de inflamabilidade a quantidade de gás combustível necessário para a queima. Varia para cada produto e é dimensionada através de duas constantes: o Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) e o Limite Superior de Inflamabilidade (LSI). O LII, é a:

- a) mínima concentração de gás que, misturada ao ar, é capaz de provocar a combustão do produto, sem necessitar do contato com uma fonte de ignição.
- b) mínima concentração de gás que, misturada ao ar atmosférico, é capaz de provocar a combustão do produto, a partir do contato com uma fonte de ignição.
- c) máxima concentração de gás que, misturada ao ar atmosférico, é capaz de provocar a combustão do produto, a partir do contato com uma fonte de ignição.
- d) máxima concentração de gás que é capaz de provocar a combustão do produto, sem necessidade do contato com uma fonte de ignição.
- e) máxima concentração de gás que é capaz de provocar a combustão na atmosfera, sem necessidade do contato com uma fonte de ignição.

36ª) Nas coletas de solo e água os analistas ambientais preferem obter amostras compostas, já em outras situações preferem amostras simples. Coloque V (verdadeira) ou F (falsa) para os motivos desta mudança na coleta de amostras.

() a mudança ocorre devido as características do ambiente, se for heterogêneo prefere-se coletar amostras compostas.

() a mudança ocorre devido as características do ambiente, se for homogêneo prefere-se coletar amostras simples.

() a mudança ocorre devido a homogeneidade do ambiente terrestre e aquático, requerendo coletar amostras compostas.

() a mudança ocorre devido a heterogeneidade do ambiente terrestre e aquático, requerendo coletar amostras simples.

- a) V, V, F, F.
- b) V, F, V, F.

- c) V, V, V, F.
- d) F, F, F, V.
- e) F, F, V, V.

37ª) Estudos ambientais são complexos, por essa razão devem ser conduzidos de forma multidisciplinar. Nesse sentido a opção que melhor representa essa afirmativa é:

- a) os profissionais atuam em cooperação.
- b) cada profissional no seu quadrado.
- c) o trabalho deve ser diversificado.
- d) a equipe deve sempre agir em grupo.
- e) os profissionais interagem entre si.

38ª) Na limpeza da água de piscinas usa-se produtos que, por reações de dupla troca, formam coloides. Essas substâncias gelatinosas auxiliam na retirada dos materiais em suspensão. Esse processo denomina-se:

- a) floculação.
- b) aeração.
- c) desinfecção.
- d) filtração.
- e) decantação.

39ª) O conto da caverna que matava cães, relata um caso verídico onde um visitante entrou numa caverna com seu animal, mas depois de um certo tempo o cão morre por asfixia. A explicação deve-se ao fato deste gás permutar com o O_2 . A fórmula molecular e o parâmetro explicativo são, respectivamente:

- a) CO e periculosidade.
- b) CO_2 e densidade.
- c) CO_2 e periculosidade.
- d) CO e solubilidade.
- e) CO_2 e solubilidade.

40ª) No que tange ao termo Química Ambiental e, seguindo as premissas do artigo publicada na *Química Nova* por Mozeto e Jardim (2002), é coerente dizer que estudá-la:

- a) é o mesmo que estudar química e estudar também o meio ambiente.
- b) é quantificar todos os contaminantes presentes na natureza.
- c) é identificar todos os contaminantes presentes na natureza.
- d) é elucidar os mecanismos que definem e controlam a concentração das espécies químicas.
- e) é conhecer a natureza e fazer um controle da monitoração ambiental.

41ª) Na caracterização de ambientes e nas ações de monitoramento ambiental, os conceitos ecológicos são imprescindíveis. Nesse sentido, podemos dizer que a diferença entre o termo habitat e o nicho ecológico reside no fato de:

- a) o primeiro está relacionado com o ambiente natural dos seres vivos e o segundo com as formas de age no território.
- b) o primeiro está relacionado com o local ocupado pelos os seres vivos no sistema ecológico e o segundo com suas formas de ocupação e atuação.
- c) o primeiro está relacionado com a relação homem-animal no sistema e o segundo com as formas de como ele convive com a natureza.
- d) o primeiro está relacionado com a natureza humana no sistema ecológico e o segundo com as formas de ocupação no ambiente.
- e) o primeiro está relacionado com a relação homem e os animais e o segundo com as formas de como ele convive com a natureza.

42ª) Com relação aos efeitos da chuva ácida sobre o ecossistema, marque a opção correta:

I. Podem causar a diminuição do pH da água de um lago, o que acarretaria a morte de algumas espécies, rompendo a cadeia alimentar;

II. Podem causar a acidificação do solo, o que prejudicaria o crescimento de certos vegetais;

III. Os altos valores de pH são decorrente da formação de HNO_3 e HSO_4 ;

IV. O processo de formação é caracterizado por neutralização.

- a) I e II.
- b) II e III.
- c) I, III e IV.
- d) II, III e IV.
- e) I, II e III.

43ª) Uma análise ambiental, por exemplo amostras de peixes, prefere fornecer resultados da amostra seccionada: cabeça, vísceras, tecido e rabo. A explicação para este comportamento é devido:

I. Ser autoexplicativa, porque define o caminho que o contaminante fez no organismo, e onde ele se concentrou.

II. Ser autoexplicativa, porque define a parte que o agente contaminou o organismo, e onde apresentou sintomas.

III. Ser autoexplicativa, porque define o contaminante e a forma que está no organismo.

- a) somente a I está correta.
- b) somente a II está correta.
- c) somente a III está correta.
- d) somente I e III estão corretas.
- e) somente II e III estão corretas.

44ª) No que tange ao uso de substâncias nocivas como aquelas enquadradas como Agrotóxicos: a toxicidade destes produtos ao trabalhador rural que sofre exposição, relaciona-se com quais das afirmativas.

Coloque V ou F para aquelas verdadeiras e falsas, respectivamente:

- () a presença de substâncias tóxicas e, da falta ou do uso inadequado do EPI.
 - () a presença de substâncias atóxicas e, da falta ou do uso inadequado do EPC.
 - () a quantidade de substâncias nocivas e, da falta ou do uso inadequado EPI.
 - () a quantidade de substâncias inócuas e, da falta ou do uso adequado do EPC.
- a) V, F, V, F.
 - b) V, F, F, F.
 - c) V, V, V, F.
 - d) F, F, F, V.
 - e) F, F, V, V.

45ª) É sabido que um empreendimento, mesmo impactante, poderá ser instalado em uma determinada localidade. Mas para que isso ocorra é necessário seguir os procedimentos legais como os instrumentos de gestão ambiental, como por exemplo as Audiências públicas, seguidas pelas licenças ambientais: iniciando por meio de uma LP, depois LI e por fim uma LO. Nesse sentido, o que seriam essas audiências:

- a) uma reunião com representantes do empreendimento e a população.
- b) uma reunião entre os moradores e os representantes do empreendimento.
- c) avisar a todos os moradores da região sobre os danos do empreendimento.
- d) avisar a população em geral sobre os problemas do empreendimento.
- e) socializar sobre o empreendimento aos moradores atingidos e a quem desejar.

46ª) Em relação aos acidentes, sejam estes de âmbito industrial, empresarial ou doméstico, é comum termos várias respostas explicando o ocorrido. As palavras que definem causas de um acidente são:

- a) incompetência, inabilidade; inexperiência.
- b) imprudência; negligência; imperícia.
- c) incompetência; imprudência; inexperiência.
- d) imprudência; incoerência; imperícia.
- e) inabilidade; intolerância; Incompetência.

47ª) No contexto da saúde humana, é importante saber diferenciar termos técnicos como toxicidade aguda e crônica. Pode-se dizer que a diferença entre o termo agudo e crônico é, respectivamente:

- a) concentração e intensidade do agente.
- b) o tipo e forma de substância.
- c) o nível e forma de contaminante.

- d) sintomas imediatos e a longo prazo.
- e) idade e sexo de cada organismo.

48ª) Dentre as opções, aquela que melhor representa a lei comumente chamada de “poluidor - pagador” é:

- a) o mesmo que compensação ambiental.
- b) os custos de um dano ambiental deve ser arcado por aquele que o gerou.
- c) o mesmo que passivo ambiental.
- d) quem gera o resíduo deve tratá-lo por meio de descarte adequado.
- e) a responsabilidade dos problemas é do empreendedor.

49ª) A equação $R = f(D, T, C, O)$ representa matematicamente a resposta (R) de cada indivíduo a exposição de um contaminante. A melhor opção da função (f) para D, T, C e O, respectivamente é:

- a) dose, tempo, concentração e organismo.
- b) resultado de uma pessoa para um contaminante é função de fatores.
- c) densidade, tempo, concentração e organismo.
- d) resultado de uma pessoa para um contaminante é função de parâmetros.
- e) densidade, temperatura, concentração e organelas.

50ª) Na década de 30, John Rockefeller viu sua *Standard Oil* liderar o grupo de petroleiras conhecido como 7 irmãs. A opção que as representa é:

- a) Exxon, Chevron, Texaco, Ipiranga, Gulf, British Petroleum e Shell.
- b) Chevron, Móbil, Texaco, Gulf, Gastron, Exxon, e Shell.
- c) Chevron, Móbil, Texaco, Gulf, British Petroleum, Total e Shell.
- d) Exxon, Chevron, Móbil, Texaco, Gulf, British Petroleum e Shell.
- e) Exxon, Total, Texaco, Gulf, British Petroleum e Shell.

51ª) De acordo com o Instituto de Pesquisa do Câncer, ICR a aplicação de inseticidas domésticos pode induzir na população infantil e idosa (de países tropicais) no aparecimento de tumores. Uma explicação para esse comportamento é:

- a) uso exagerado e incorreto.
- b) uso exagerado e desmedido.
- c) uso discriminado e incorreto.
- d) uso indiscriminado e indevido.
- e) uso desmedido e descontrolado.

52ª) É muito comum o uso de terminologias pela comunidade em geral. Nesse sentido, uma definição para o termo qualidade ambiental, pode ser:

I. O mesmo que qualidade social. II. O mesmo que qualidade humana. III. O mesmo que qualidade de vida.

- a) somente a I está correta.

- b) somente a II está correta.
- c) somente a III está correta.
- d) somente a I e II estão corretas.
- e) todas estão corretas.

53ª) É sabido dos problemas de saúde decorrentes do uso de produtos fitossanitários, como por exemplo os agrotóxicos. Coloque V (verdadeira) ou F (falsa) para a toxicidade destes produtos:

- () está relacionada a pouca presença de substâncias inócuas.
 - () está relacionada com a pouca quantidade de substâncias nocivas.
 - () está relacionada com a grande quantidade de substâncias inócuas.
 - () está relacionada com o uso indiscriminado destes produtos.
- a) V, V, F, F.
 - b) V, F, V, F.
 - c) V, V, V, F.
 - d) F, F, F, V.
 - e) F, F, V, V.

54ª) Uma diferença para aqueles compostos químicos classificados como carcinogênicos e teratogênicos, pode ser:

- a) a primeira causa tumores e a segunda causa malformação do feto.
- b) a primeira causa câncer e a segunda causa doenças degenerativas.
- c) a primeira causa carcinomas e a segunda causa paralisia no feto.
- d) a primeira causa câncer e a segunda causa morte do organismo.
- e) a primeira causa câncer e a segunda causa intoxicação em geral.

55ª) Um dos instrumentos de gestão ambiental seria a compensação ambiental, uma forma de remediar financeiramente (por parte do empreendedor) um determinado passivo ambiental. Qual a explicação para esta ferramenta ainda ser tema de discussão?

- a) por que o passivo ambiental pode ser resolvido com recursos.
- b) por que os projetos de remediação ambiental ficam na gaveta.
- c) por que dinheiro não é suficiente para remediar um passivo ambiental.
- d) porque o gestor não conhece os instrumentos de gestão.
- e) porque o passivo ambiental não pode ser resolvido com recursos.

56ª) O termo “ecologia humana” está sendo usado atualmente nas empresas, universidades e em institutos de pesquisa para definir a exposição:

- a) do homem a substâncias químicas potencialmente tóxicas em seu ambiente de trabalho e os riscos para sua saúde.
- b) da comunidade as substâncias químicas físicas e biológicas potencialmente tóxicas para a população.

- c) do ambiente a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para a saúde da população.
- d) do homem a substâncias químicas potencialmente tóxicas em sua dieta e os riscos para a natureza.
- e) da natureza a substâncias químicas potencialmente tóxicas e os riscos para a população.

57ª) Os plásticos são considerados uma classe de materiais extremamente importantes. Em relação a constituição química, os plásticos e suas unidades constituintes são, respectivamente:

- a) peptídeos e hidrocarbonetos.
- b) hidrocarbonetos e peptídeos.
- c) polímeros e monômeros.
- d) proteínas e peptídeos.
- e) polímeros e peptídeos.

58ª) O termo que mais se associa a importância da segurança e gestão de riscos no ambiente de trabalho é:

- a) Satisfação.
- b) Correção.
- c) Socialização.
- d) Prevenção.
- e) Previsão.

59ª) É comum chamarmos Lagoa da Jansen (São Luís-MA), Lagoa Rodrigo de Freitas (Rio de Janeiro-RJ) e Lagoa dos Patos (Rio Grande-RS), estes ambientes são:

- a) lacustres, ambientes aquáticos rodeados por água mas que tem contato com a terra.
- b) lacustres, ambientes aquáticos rodeados por água sem contato com a terra.
- c) lacustres, ambientes de água doce rodeados por terra sem contato com o mar.
- d) lagunar, ambientes aquáticos rodeados por terra mas que tem contato com o mar.
- e) lagunar, ambientes aquáticos rodeados por terra mas sem contato com o mar.

60ª) Sobre a questão ambiental, no Planeta, é correto afirmar que:

- a) os países que se industrializaram ainda no século XIX já conseguiram superar seus problemas de meio ambiente.
- b) a introdução da economia de mercado nos antigos países de economia socialista tem permitido reorganizar o espaço e conservar o meio ambiente.
- c) a pobreza, o crescimento da população e a degradação do meio ambiente estão intimamente ligados e podem explicar vários problemas ecológicos.
- d) caso se confirme o aquecimento climático global, as cidades litorâneas serão as áreas menos afetadas.

e) a emissão de efluentes industriais tem uma pequena relação com a depreciação da qualidade dos rios e mares.

61ª) Uma empresa siderúrgica, situada em Santa Cruz-RJ voltou, em 2014, a contaminar (sujar) uma parte dessa cidade com poeira metálica. Uma das explicações para esse desconforto é a falta de:

- a) controle e monitoramento industrial.
- b) investimento por parte da própria empresa.
- c) fiscalização e controle pela prefeitura.
- d) interesse dos órgãos públicos e privados.
- e) postura mais agressiva dos órgãos competentes.

62ª) A compensação ambiental é uma forma de remediar financeiramente, por parte do empreendedor, um determinado passivo ambiental. A palavra “passivo” na frase significa:

- a) obrigações que exigirão a entrega de ativos ou prestação de serviços em um momento futuro, em decorrência das transações passadas ou presentes e que envolveram a empresa e o meio ambiente.
- b) adequações que exigirão a entrega de recursos ou prestação de serviços em um momento futuro, em decorrência das transações passadas ou presentes e que envolveram a empresa e o meio ambiente.
- c) obrigações que exigirão a entrega de passivos ou prestação de serviços em um momento futuro, em decorrência das transações passadas ou presentes e que envolveram a empresa e o meio ambiente.
- d) adequações que exigirão a entrega de passivos ou prestação de serviços em um momento futuro, em decorrência das transações passadas ou presentes e que envolveram a empresa e o meio ambiente.
- e) obrigações que exigirão a entrega de ativos ou prestação de serviços em um momento presente, em decorrência das transações passadas ou presentes e que envolveram a empresa e o meio ambiente.

63ª) Defina como verdadeira (V) ou falsa (F) as palavras relacionadas com os pictogramas; usados na tentativa de informar o trabalhador durante o manuseio e estocagem de produtos perigosos.

- () desenhos e figuras.
 - () termos técnicos.
 - () materiais laboratoriais.
 - () placas comunicativas.
- a) V, V, F, F.
 - b) V, F, V, F.
 - c) V, V, V, F.
 - d) V, F, F, V.
 - e) F, F, V, V.

64ª) O uso de plásticos é um problema para a sociedade moderna. Nesse sentido usar plásticos biodegradáveis seria uma resposta ambiental?

- a) sim, porque evitaria a contaminação do ambiente, pois os polímeros são nocivos.
- b) sim, porque sua degradação evitaria o acúmulo dos plásticos.
- c) sim, porque a biodegradação é inócua.
- d) não, porque dependendo da matéria-prima a degradação pode trazer transtornos.
- e) não, porque a biodegradação é tóxica.

65ª) No que se refere à manutenção do nível de água e preservação da biodiversidade nas regiões de planalto. Uma medida eficaz a ser tomada pela população local, seria:

- a) a conservação das áreas de nascentes, a preservação da biodiversidade e o controle da erosão.
- b) a proibição do uso da área, principalmente da pesca e da caça, que tanto ameaçam a nossa biodiversidade.
- c) o aumento das pastagens na área da planície, para que a cobertura vegetal, composta de gramíneas, evite a erosão do solo.
- d) a preservação da área e o controle da erosão, principalmente nas nascentes durante o período de cheias.
- e) a construção de barragens, para que o nível das águas dos rios seja mantido, sobretudo na estiagem, sem prejudicar os ecossistemas.

66ª) Seccionar amostras bióticas, como vegetação em raiz, caule e parte aérea, é um procedimento comum. Qual resultado se espera com esta atividade?

- a) verificar em que parte ocorre a contaminação.
- b) avaliar se as amostras estão contaminadas.
- c) verificar nas subamostras a contaminação.
- d) avaliar a concentração do agente nas amostras.
- e) verificar quais são as subamostras.

67ª) Durante uma vistoria de rotina você percebe que um funcionário, mesmo com EPI, tem dificuldade para recolher amostra nas tubulações por ser um líquido bastante tóxico e volátil; ao abrir a válvula ocorre sempre liberação de gases. Em conversa com o responsável pelo setor você poderá sugerir para evitar exposição do funcionário:

- a) usar pressões positivas para evitar contaminação aérea.
- b) aumentar o uso do EPI visando conforto para o funcionário.
- c) usar monitoramento com radioatividade evitando abrir válvulas.
- d) solicitar rodízio de equipamentos evitando contaminação.
- e) mandar o funcionário descansar em casa.

68ª) Características como: desgaste físico e mental, diminuição do rendimento laboral e falta de atenção estão relacionados a doenças profissionais de trabalho. Essas devem ser monitoradas por meio da:

- a) ergonomia do trabalhador.
- b) higiene do trabalho.
- c) psicologia industrial.
- d) vigilância da saúde.
- e) engenharia de segurança.

69ª) A gestão ambiental é uma ferramenta importante para a implementação de ações, porque:

- a) contempla Política, Planejamento e Gerenciamento.
- b) são rápidas e bastante eficientes, evitando perda de tempo.
- c) são construídas com o apoio do governo.
- d) contemplam diversas esferas públicas.
- e) são construídas de forma participativa.

70ª) Relacionando as representações X=ppm, Y=ppb, Z=ppt e W=% com as unidades () ng.L^{-1} () $\mu\text{g.L}^{-1}$ () mg.L^{-1} () dag.Kg^{-1} , teremos como resposta, respectivamente a opção;

- a) Z, Y, X, W.
- b) Z, X, Y, W.
- c) X, Y, Z, W.
- d) X, Z, W, Y.
- e) X, W, Z, Y.

71ª) Os tubos de PVC, material organoclorado sintético, são normalmente utilizados como encanamento na construção civil. Ao final da sua vida útil, uma das formas de descarte desses tubos pode ser a incineração. Nesse processo libera-se HCl(g), cloreto de hidrogênio, dentre outras substâncias. Assim, é necessário um tratamento para evitar o problema de emissão desse poluente. Entre as alternativas possíveis para o tratamento, seria apropriado canalizar e borbulhar os gases provenientes da incineração em:

- a) água pura.
- b) água de cal.
- c) água salobra.
- d) água destilada.
- e) água desmineralizada.

72ª) Em alguns países a água é ponto focal na questão geológica como no USGS, United State Geological Survey e MME, Ministério das Minas e Energias. Isso ocorre porque:

- a) a água é um mineral.

- b) a água é multiusual.
- c) a água é múltipla.
- d) a água é um minério.
- e) a água é multicriterial.

73ª) As siglas SGA, EIA-RIMA, PCA, TAC; expressam, respectivamente:

- a) sistema de gerenciamento animal, Estudo e Relatório de impacto ambiental, Plano de controle ambiental, Tratado ajustamento para conduta.
- b) sistema de gerenciamento ambiental, Estudo e Relatório de impacto ambiental, Plano de controle ambiental, Termo de análise e de conduta.
- c) sistema de gestão ambiental, Estudo e Relatório de impacto ambiental, Plano de controle ambiental, Termo de ajustamento de conduta.
- d) sistema de gestão ambiental, Estudo e Relatório de impacto ambiental, Práticas de controle ambiental, Termo de ajustamento de conduta.
- e) sistema de gerenciamento do ambiente, Estudo e Relatório de impacto ambiental, Práticas de controle ambiental, Tratado de ajustamento de conduta.

74ª) Sabe-se que o oxigênio é um gás vital para a sobrevivência de alguns seres. Sua composição (45%) está presente em praticamente todo o planeta. Nesse sentido, a opção que melhor se relaciona com a essa afirmativa é:

- a) esse percentual se refere ao O_2 no estado sólido, como uma substância simples.
- b) na Crosta ele está presente nos minerais mais abundantes os Silicatos e Óxidos.
- c) no Manto o percentual se refere ao oxigênio no estado sólido.
- d) no Núcleo ele está juntamente com o silício formando os magnésios.
- e) no Núcleo ele está juntamente com o silício formando os lantanídeos.

75ª) Um produto químico é absorvido em doses levemente acima do VMP por um funcionário durante 10 min de trabalho. Outro funcionário recebe o mesmo produto em doses abaixo do permitido, durante sua jornada de trabalho (8 horas). Qual funcionário apresenta maior risco para sua saúde ?

- a) o segundo porque a exposição é maior.
- b) o primeiro porque a exposição é maior.
- c) o segundo porque a exposição é menor.
- d) o primeiro porque não tem exposição.
- e) o segundo porque não tem exposição.

76ª) Uma carga perigosa transportada por uma caminhão, é derramada (devido a um acidente) próximo a um rio de grande importância econômica e social para o município. Qual o primeiro procedimento para mitigar a ação danosa deste produto no rio?

- a) controlar o ambiente.
- b) monitorar o ambiente.
- c) observar o ambiente.

- d) vistoriar o ambiente.
- e) isolar a área afetada.

77ª) Um solo foi contaminado por uma substância orgânica. A possibilidade dessa substância contaminar o lençol freático é maior se o agente for:

- a) físico é de natureza metálica.
- b) químico é de natureza iônica.
- c) químico é de natureza covalente.
- d) químico é de natureza polar.
- e) físico é de natureza anfótera.

78ª) Sobre a conservação e manutenção do equilíbrio ambiental, pode-se inferir que:

- a) os regimes climáticos da Terra são desprovidos de padrões que os caracterizem.
- b) as intervenções humanas nas regiões polares são mais intensas que em outras partes do globo.
- c) o processo de aquecimento global será detido com a eliminação das queimadas.
- d) a destruição das florestas tropicais é uma das causas do aumento da temperatura em locais distantes como os polos.
- e) os parâmetros climáticos modificados pelo homem afetam todo o planeta, mas os processos naturais têm alcance regional.

79ª) O lixo orgânico de casa, é constituído de restos de verduras, frutas, legumes, cascas de ovo, aparas de grama, entre outros. Se for depositado nos lixões, pode contaminar o ambiente. Entretanto, sua reciclagem gera um excelente adubo orgânico, que pode ser usado no cultivo de hortaliças, frutíferas e plantas ornamentais. A produção do adubo se dá por meio da compostagem, um processo simples que requer alguns cuidados especiais. O material, que é acumulado diariamente em recipientes próprios, deve ser revirado com auxílio de ferramentas adequadas, semanalmente, de forma a homogeneizá-lo. É preciso também umedecê-lo periodicamente. O material de restos de capina pode ser intercalado entre uma camada e outra de lixo da cozinha. Por meio desse método, o adubo orgânico estará pronto em aproximadamente dois a três meses. Para fazer seu próprio adubo uma pessoa, seguiu o procedimento descrito; exceto no que se refere ao umedecimento. Nessa situação:

- a) o processo de compostagem iria produzir intenso mau cheiro.
- b) o adubo formado seria pobre em matéria orgânica que não foi transformada em composto.
- c) a falta de água no composto vai impedir que os microrganismos decomponham a matéria orgânica.
- d) a falta de água no composto iria elevar a temperatura da mistura, o que resultaria na perda de nutrientes essenciais.

e) apenas microrganismos, que independem de O_2 poderiam agir sobre a matéria orgânica e transformá-la em adubo.

80ª) O cultivo de camarões de água salgada vem se desenvolvendo muito nos últimos anos no Nordeste do Brasil e, em algumas localidades, passou a ser a principal atividade econômica. Uma das grandes preocupações dos impactos negativos dessa atividade está relacionada à descarga, sem nenhum tipo de tratamento, dos efluentes dos viveiros diretamente no ambiente marinho. Entre as perturbações ambientais causadas pela inserção da carcinicultura, espera-se que:

- a) a atividade microbiana se torne responsável pela reciclagem do fósforo inorgânico excedente no ambiente marinho.
- b) a relativa instabilidade das condições marinhas torne as alterações de fatores físico-geológicas pouco críticas à vida no mar.
- c) a amônia excedente seja convertida em nitrito, por meio do processo de nitrilação, em nitrato, formado como produto intermediário dessa operação.
- d) os efluentes promovam morte de espécies aquáticas devido à alta diversidade de espécies vegetais permanentes no manguezal.
- e) o impedimento da penetração da luz pelas partículas em suspensão venha a comprometer a produtividade primária do ambiente marinho.

81ª) Uma das soluções tecnológicas com boa aplicação no caso do tratamento das águas residuárias é o reator anaeróbio de manta de lodo. Esse reator tem fluxo ascendente e contém zonas de aeração, de sedimentação e de coleta de gases. Acerca desse reator e de suas partes constituintes, é correta :

- a) o separador de fases é responsável pela separação de sólidos, líquidos e gases.
- b) a zona de sedimentação antecede a zona de reação oxidativa.
- c) a zona de coleta de gases evita que eles aumentem a biomassa ativa.
- d) o reator é muito utilizado para remoção de coliformes fecais em pós-tratamento
- e) o rendimento do reator será tanto maior quanto mais concentrada for a biomassa.

82ª) Uma amostra de sangue, de uma paciente com sintomas de “hipoglicemia”, não apresentou coerência no resultado que deveria ser menor que 80 mg.dL^{-1} . A presença de glicose na amostra pode ser explicada devido:

- a) a amostra ter sido mal administrada.
- b) a coleta não foi realizada após 12h em jejum.
- c) a quantidade de amostra foi inadequada.
- d) o tempo de coleta foi inadequado.
- e) o tratamento da amostra foi inadequado.

83ª) Resíduos de pesticidas são contaminantes tóxicos aos seres vivos e, geralmente, com grande persistência ambiental. A busca por novas formas de eliminação desses resíduos tem aumentado nos últimos anos, uma vez que as técnicas são dispendiosas e paliativas. A remediação utilizando xenobióticos tem se mostrado promissora porque é capaz de:

- a) transferir o contaminante do solo para a água.
- b) depurar o contaminante sem alterá-lo quimicamente.
- c) apresentar alta taxa de mutação ao longo das gerações.
- d) estimular o sistema imunológico do homem contra o contaminante.
- e) metabolizar o contaminante, liberando subprodutos menos tóxicos ou atóxicos.

84ª) Para diminuir o desperdício de materiais de valor econômico e, assim, reduzir a exploração de recursos naturais, adotou-se, em escala internacional, a política dos três Rs: Redução, Reutilização e Reciclagem. Um exemplo de reciclagem é a utilização de:

- a) garrafas de vidro retornáveis para cerveja ou refrigerante.
- b) latas de alumínio como material para fabricação de lingotes.
- c) sacos plásticos de supermercado como acondicionantes de lixo caseiro.
- d) embalagens plásticas vazias e limpas para acondicionar outros alimentos.
- e) garrafas PET recortadas em tiras para fabricação de cerdas de vassouras.

85ª) Suponha que você seja um consultor e foi contratado para assessorar a implantação de uma matriz energética em um pequeno país com as seguintes características: região plana, chuvosa e com ventos constantes, dispondo de poucos recursos hídricos e sem reservatórios de combustíveis fósseis. De acordo com as características desse país, a matriz energética de menor impacto e risco ambientais é a baseada na energia :

- a) dos biocombustíveis, pois tem menor impacto ambiental e maior disponibilidade.
- b) Solar, pelo seu baixo custo e pelas características do país favoráveis à sua implantação.
- c) Nuclear, por ter menor risco ambiental e ser adequada a locais com menor extensão territorial.
- d) Hidráulica, devido ao relevo, à extensão territorial do país e aos recursos naturais disponíveis.
- e) Eólica, pelas características do país e por não gerar gases do efeito estufa nem resíduos de operação.

86ª) As concentrações de chumbo (Pb) em amostras de sangue são reportadas com frequência em unidades de microgramas de Pb por decilitro ou por micromols. O valor da concentração nas mesmas unidades para amostra de sangue que contém 60 ppm de Pb, considerando que a densidade do sangue é de 1 g.mL⁻¹. Dado massa molar do chumbo 207.

- a) 2 µg.dL⁻¹ e 0,79 µmols.L⁻¹.

- b) $4 \mu\text{g}\cdot\text{dL}^{-1}$ e $0,59 \mu\text{mols}\cdot\text{L}^{-1}$.
- c) $6 \mu\text{g}\cdot\text{dL}^{-1}$ e $0,29 \mu\text{mols}\cdot\text{L}^{-1}$.
- d) $8 \mu\text{g}\cdot\text{dL}^{-1}$ e $0,59 \mu\text{mols}\cdot\text{L}^{-1}$.
- e) $9 \mu\text{g}\cdot\text{dL}^{-1}$ e $0,79 \mu\text{mols}\cdot\text{L}^{-1}$.

87ª) O arsênio, na forma de arseniato (AsO_4^{3-}), pode ser removido da água por meio de tratamento com cloreto férrico, que faz precipitar o íon arseniato. A equação balanceada para essa reação, que também produz íon cloreto é melhor representada em:

- a) $\text{FeCl}_2 + \text{AsO}_4^{3-} \leftrightarrow \text{FeAsO}_2 + 3\text{Cl}^-$.
- b) $\text{FeCl}_3 + \text{AsO}_4^{3-} \leftrightarrow \text{FeAsO}_2 + 3\text{Cl}^-$.
- c) $\text{FeCl}_3 + \text{AsO}_4^{3-} \leftrightarrow \text{FeAsO}_4 + 3\text{Cl}^-$.
- d) $\text{FeCl}_4 + \text{AsO}_4^{3-} \leftrightarrow \text{FeAsO}_8 + 3\text{Cl}^-$.
- e) $\text{FeCl}_2 + \text{AsO}_4^{3-} \leftrightarrow \text{FeAsO}_4 + 3\text{Cl}^-$.

88ª) Se uma dose de alguns décimos de micrograma de uma substância é suficiente para matar um camundongo, aproximadamente que massa da substância seria letal para uma pessoa adulta de 80 kg:

- a) cerca de $90 \mu\text{g}$.
- b) cerca de $80 \mu\text{g}$.
- c) cerca de $70 \mu\text{g}$.
- d) cerca de $60 \mu\text{g}$.
- e) cerca de $40 \mu\text{g}$.

89ª) Que nível médio da substância, na questão anterior, deveria estar presente na água que bebemos diariamente (2 L), para recebermos uma dose fatal durante uma semana:

- a) cerca de 9 ppb.
- b) cerca de 7 ppb.
- c) cerca de 5 ppb.
- d) cerca de 3 ppb.
- e) cerca de 1 ppb.

90ª) Os coeficientes dos reagentes e dos produtos na equação balanceada por meio da qual a matéria orgânica, de fórmula empírica CH_2O , se decompõe por via anaeróbia para produzir CO_2 e CH_4 , é:

- a) sete.
- b) seis.
- c) cinco.
- d) quatro.
- e) três.

91ª) De acordo com a resolução Conama No 5, no seu Artigo 2º, especifica: Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos sobre Qualidade do Ar:

- a) padrões preocupantes são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.
- b) padrões primários são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê efeito adverso sobre a população.
- c) padrões alarmantes são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.
- d) padrões primários são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.
- e) padrões inquietantes são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

92ª) São consideradas como classes de solos brasileiros a opção que apresenta os exemplos:

- a) Latossolos, Nitossolos, Vertissolos.
- b) Latossolos, Netossolos, Vertissolos.
- c) Latossolos, Nitossolos, Vartissolos.
- d) Latossolos, Litossolos e Valissolo.
- e) Latossolos, Nitossolos, Valissolos.

93ª) O inseticida DDT foi chamado de milagroso por ser efetivo contra os mosquitos transmissores da malária e da febre amarela, mas infelizmente começou a ser usado em excesso pelos agricultores, e posteriormente banido, sendo chamado de Elixir da Morte. A representação desta substância está corretamente apresentada na opção:

- a) para-diclorodimetiltriclorometano.
- b) meta-diclorodimetiltricloroetano.
- c) para-diclorodifeniltriclorometano.
- d) meta-diclorodiferiltricloroetano.
- e) para-diclorodifeniltricloroetano.

94ª) A entrada de esgoto doméstico em uma lagoa ou laguna pode acarretar inicialmente um aumento da DBO do ambiente. Caso os níveis de esgotos se tornem mais agressivos com o passar do tempo, pode-se evidenciar nesse ambiente como comportamento:

- a) aumento da acidez.
- b) aumento da basicidade.
- c) aumento da contaminação.
- d) aumento da temperatura.
- e) aumento da oxidação.

95ª) São exemplos corretos de resíduos perigosos aqueles apresentados na opção:

- a) inflamáveis, corrosivos, reativos e radioativos.
- b) inflamáveis, agressivos, reativos e radioativos.
- c) inflamáveis, corrosivos, relativos e radioativos.
- d) inflamáveis, agressivos, pirofóricos e radioativos.
- e) inflamáveis, corrosivos, pirofóricos e radioativos.

96ª) Hoje em dia, nossos hábitos, relacionam-se principalmente com o nosso consumo de energia e geração de lixo. A opção que representa V, para verdadeiro e F, para falso é:

- () alguns automóveis produzem monóxido de carbono, que é um gás tóxico.
 - () todos os automóveis produzem monóxido de carbono, que é um gás atóxico.
 - () nem todos geram lixo, alguns já fazem reciclagem em suas casas.
 - () nem todos geram lixo, alguns já fazem reutilização em suas casas.
- a) V, V, F, F.
 - b) V, F, V, F.
 - c) V, F, F, V.
 - d) V, V, V, F.
 - e) F, F, V, V.

97ª) Gás carbônico pode ser produzido pela combustão do carbono e pela respiração dos animais. Industrialmente, é obtido em grandes quantidades em processos de fermentação e, também, na produção de cal virgem, a partir de calcário, pela decomposição térmica. É empregado na gaseificação de bebidas, como refrigerantes, na forma de gelo seco, nos extintores de incêndio, dentre outros. Com relação ao CO₂, analise as afirmativas e marque a opção correta:

- a) a molécula é tetraédrica.
- b) a molécula é romboédrica.
- c) a molécula é trigonal.
- d) a molécula é linear.
- e) a molécula é hexagonal.

98ª) O ácido cianídrico é o gás de ação venenosa mais rápido que se conhece. A fórmula molecular desse gás é apresentada na opção:

- a) HCON.
- b) HOCN.
- c) HCSN.
- d) HSCN.
- e) HCN.

99ª) Um dos problemas ambientais decorrentes da industrialização é a poluição aérea. Chaminés altas lançam ao ar, entre outros materiais, o dióxido de enxofre, que pode ser transportado por longas distâncias em poucos dias. Dessa forma, podem ocorrer precipitações agressivas, causando vários danos ao ambiente e a monumentos. A ação dessas precipitações pode ocorrer em:

I. Monumento Itamarati (mármore); DF.

II. Escultura de Aleijadinho (pedra-sabão); MG.

III. Ponte metálica (ferro); SC.

- a) I apenas.
- b) I e II.
- c) I e III.
- d) II e III.
- e) I, II e III.

100ª) O gás natural é usado como combustível (automotivo, industrial, dentre outros). Apresenta a vantagem de ser menos poluente que a gasolina e o óleo diesel. O principal componente desse gás é:

- a) metano.
- b) etano.
- c) butano.
- d) propano.
- e) octano.

101ª) No Japão, um movimento nacional para a promoção da luta contra o aquecimento global leva o slogan: 1 pessoa, 1 dia, 1 Kg de CO₂ a menos! A ideia é cada pessoa reduzir em 1 Kg a quantidade de CO₂ emitida todo dia, por meio de pequenos gestos ecológicos, como diminuir a queima de gás de cozinha. Considerando um processo de combustão completa de um gás de cozinha composto exclusivamente por butano (C₄H₁₀), a mínima quantidade desse gás que um japonês deve deixar de queimar para atender à meta diária, apenas com esse gesto, é de:

Dados: CO₂ (44 g/mol); C₄H₁₀ (58 g/mol)

- a) 250 g.
- b) 0,33 kg.
- c) 150 g.
- d) 0,25 kg.
- e) 380 g.

102ª) O agente VX e o gás Sarin, são de fabricação proibida pela Convenção de Armas Químicas da ONU por ser de destruição em massa. Conhecido como “gás nervoso”, de nome químico Etil-S-2-diisopropilaminoetilmetilfosfonotiolato, o agente VX pode matar em questão de minutos, até mesmo em quantidades muito pequenas. A opção que não se relaciona com a referida afirmativa é:

- a) pode ser inalado, ingerido ou absorvido pelos olhos, pois é incolor.

- b) a substância é considerada de massa, por que tem efeito letal.
- c) atua no SNC causando convulsões e dificultando a respiração.
- d) as vítimas morrem sem suspeitar, daí reside seu baixo grau de risco.
- e) é um gás de alta dispersão e moderada dissipação.

103ª) Alguns acidentes foram premissas para conhecimento de agentes químicos; situações que levaram a documentários como no caso de CSI e arquivos do FBI. Citando o exemplo do crômio: esse elemento, por sua dualidade (Cr^{3+} benéfico; Cr^{6+} maléfico) ficou por muito tempo sendo uma incógnita. Essas contrastantes espécies químicas do crômio são devido, principalmente, ao fato de:

- a) cátions de alta carga serem muito pequenos, permeáveis a diversas membranas.
- b) cátions de baixa carga serem muito pequenos, permeáveis a diversas membranas.
- c) elementos químicos com carga diferente tendem, na maioria das vezes, a serem inócuos.
- c) elementos químicos com carga diferente tendem, na maioria das vezes, a serem nocivos.
- e) íons metálicos, em geral, são elementos altamente nocivos para a saúde humana.

104ª) Os principais problemas de intoxicação por agrotóxicos são devido: I Não observação das instruções contidas nas bulas e rótulos dos produtos; II Não utilização dos equipamentos de segurança adequados; III Não se preparar para trabalhar na empresa. São consideradas causas incorretas:

- a) somente I.
- b) somente II.
- c) somente III.
- d) somente I e III.
- e) I, II e III.

105ª) O benzeno foi banido por sua elevada nocividade, muito embora esteja presente; por exemplo nas Térmicas a carvão, que geram energia por meio da queima, dispersando esse agente via poluição aérea. Diante do exposto, a nocividade química desse composto é devido sua?

- a) carga de nocividade e periculosidade.
- b) multagenicidade e periculosidade.
- c) molécula e covalência eletrônica.
- d) estrutura molecular orto-vibracional.
- e) estrutura em barco e presença de ressonância.

106ª) Infelizmente a poluição atmosférica em áreas portuárias é um entrave, não somente pelo volume contínuo de poluentes gerados, mas também pela sua nocividade. No caso particular da esteira transportadora do terminal de cobre situado no Porto do Itaquí em São Luís-Ma; a opção que não se relaciona com o contexto apresentado; seria a opção:

- a) quantificação de cobre na localidade tem tanto um viés ambiental quanto econômico.
- b) é sabido que, na tabela periódica, o cobre é da mesma família da prata e do ouro.
- c) até o momento se desconhece a quantidade de carga aérea que está presente na região.
- d) não existe, praticamente, diferença significativa entre exportação de cobre e de ferro.
- e) diferente da esteira transportadora de minério de ferro que é aberta, a de cobre é fechada.

107ª) Análises de BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno) são consideradas de rotina nos laboratórios de controle e monitoramento ambiental; geralmente realizada em decorrência de:

- a) derramamento-vazamento de combustíveis.
- b) emissões de gases provenientes de gasodutos.
- c) dispersões dos compostos orgânicos.
- d) rompimento de minerodutos.
- e) acidentes com estocagem de produtos.

108ª) Como pode ser visto no Anexo 13 da NR15, carvão e crômio são considerados de “grau” máximo. Uma explicação para este comportamento seria possivelmente à presença de:

- a) benzeno no carvão e Cr^{6+} no crômio.
- b) tolueno no carvão e Cr^{6+} no crômio.
- c) xileno no carvão e Cr^{3+} no crômio.
- d) tolueno no carvão e Cr^{3+} no crômio.
- e) benzeno no carvão e Cr^{3+} no crômio.

109ª) Quando discutimos a exposição aos agentes via exposição humana potencial em ratos, sigla HERP, em inglês; foi apresentado o seguinte questionamento: Se alguns decigramas são suficientes para matar um camundongo; qual a massa necessária para matar um adulto ?

- a) 35 g.
- b) 350 mg.
- c) 300 a 400 g.
- d) 35 kg.
- e) 400 mg.

110ª) Um frentista atua em atividades com produtos inflamáveis e explosivos, estando em condições de risco. Nesta situação nos termos da CLT esse funcionário exerce seu trabalho e atividade considerada:

- a) perigosa, sendo assegurado um adicional de 30% sobre o salário base.
- b) penosa, sendo assegurado um adicional de 40% sobre o salário base.
- c) perigosa, sendo assegurado um adicional de 40% sobre o salário base.
- d) penosa, sendo assegurado um adicional de 30% sobre o salário base.
- e) perigosa, sendo assegurado um adicional de 20% sobre o salário base.

111ª) O trabalho em condições de periculosidade é assegurado um adicional sobre o salário sem acréscimos resultantes de gratificação, prêmios ou participação em lucros da empresa. O percentual desse adicional seguindo o Art. 193 da Consolidação das Leis Trabalhistas, CLT, deverá ser de:

- a) Insalubridade valor mínimo de 10% e valor médio de 20%.
- b) Periculosidade valor fixo de 30%.
- a) Insalubridade valor médio de 20% e valor máximo de 40%.
- c) Penosidade, valor relativo, depende da atividade laboral.
- e) Insalubridade e penosidade, diferente de periculosidade, varia o valor.

112ª) Em algumas situações um funcionário trabalha numa jornada de 8 h, em condições salubres para um determinado agente que tem Valor Teto, pela NR15, de 1,5 mg.m⁻³. Diante do exposto é incorreto:

- a) esse valor deve ser igual ao “limite de tolerância”, *Threshold Limit Value*, em inglês.
- b) esse valor nunca poderá ser ultrapassado, em nenhum momento, durante a jornada de trabalho.
- c) esse valor pode ser, excepcionalmente, ultrapassado em algum momento da jornada de trabalho.
- d) esse valor deve ser dividido ao meio se quisermos descobrir o “nível de ação” do referido agente.
- e) esse valor as vezes poderá ser ultrapassado, em algum momento, em parte da jornada de trabalho.

113ª) Ainda sobre a questão anterior: suponha que um funcionário em sua atividade laboral esteja em um ambiente cuja concentração do agente é de 1,4 mg.m⁻³ para uma jornada de 8 h. Como sabido, o ambiente é considerado salubre porque o VMP para esse agente é de 1,5 mg.m⁻³. É correto dizer:

- a) embora o valor esteja abaixo, esse funcionário terá distúrbios e problemas em sua saúde.
- b) cabe ao higienista ocupacional, sugerir a permuta sazonal desse funcionário.
- c) como o VMP nunca foi ultrapassado, durante a jornada de trabalho, nada temos a fazer.

- d) cabe ao higienista ocupacional, sugerir a permanência desse funcionário em seu local de trabalho.
- e) como o valor está abaixo, dificilmente esse funcionário terá distúrbios e problemas em sua saúde.

114ª) É sabido que substâncias como o Diborano, Pentaborano e o Decaborano são agentes químicos perigosos e listados no Anexo 11 da NR 15. Diante do exposto podemos dizer que:

- a) a ordem decrescente de nocividade é: di, penta e decaborano.
- b) suas nocividades dependem da quantidade de Boro.
- c) a ordem de letalidade é: di, penta e decaborano.
- d) a ordem crescente de nocividade é: di, penta e decaborano.
- e) suas nocividades independem da quantidade de Boro.

115ª) Algumas empresas de mineração de ferrosos costumam banalizar seus desastres ambientais. A principal explicação é o fato do Ferro ser um “nutriente”. Esse argumento usado pelos empresários é:

- a) verdadeiro, o Ferro independente de sua forma é sempre um nutriente para a saúde humana.
- b) verdadeiro, a água residuária com Ferro pode até ser “bebida” sem nenhum problema para a saúde.
- c) falso, pesquisas (Jornal International Cancer, 1988) revelam que o Fe pode ser carcinogênico.
- d) falso, o Ferro presente nesses resíduos não é considerado como nutriente para a saúde humana.
- e) as vezes verdadeiro, pois é sabido por todos que o elemento Fe sempre foi essencial para todos.

116ª) Ainda observando o Anexo 11, podemos verificar que elementos como Hélio e Argônio são classificados como “asfixiantes”. Mas essa classificação, embora aceita por diversos profissionais, gera controvérsias para os químicos. Uma possível explicação para essa situação é devido:

- a) serem classificados como gases nobres e portanto substâncias inertes.
- b) serem classificados como gases nobres e portanto substâncias inócuas.
- c) são gases inofensivos, mas se trocarem de posição com o O₂ do Ar, causam asfixia.
- d) são gases de moderada a alta nocividade pois trocam de posição com o O₂ do ambiente.
- e) as letras “a”, “b” e “c” estão corretas.

117ª) Qual o valor máximo permitido para um trabalhador num ambiente com presença de hidrazina e de formol. Sabe-se que o limite de tolerância da hidrazina é 0,08 mg.m⁻³ e o formol tem valor teto.

- a) 240 µg.m⁻³ e 80 µg.m⁻³, respectivamente.
- b) 0,24 mg.m⁻³ e 0,80 mg.m⁻³, respectivamente.
- c) 24 µg.m⁻³ e 8 µg.m⁻³, respectivamente.
- d) 0,08 mg.m⁻³ e 240 µg.m⁻³, respectivamente.
- e) 80 µg.m⁻³ e 240 µg.m⁻³, respectivamente.

118ª) Um técnico de segurança realizou estudos sobre contaminação por BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno) verificando, por meio de 3 medições que o teor do composto químico Xileno foi 100, 60 e 80 ppm, para um tempo de exposição de 4, 2 e 2 horas, respectivamente. Sabendo que seu limite de tolerância é 78 e que não tem valor teto. A opção que apresenta corretamente a CM, concentração média e o VM, valor máximo, respectivamente é:

- a) 85 e 117 ppm.
- b) 95 e 117 ppm.
- c) 100 e 200 ppm.
- d) 110 e 220 ppm.
- e) 120 e 230 ppm.

119ª) Nas condições da questão anterior: o referido funcionário trabalha em um ambiente salubre ou insalubre? Marque a opção que melhor explica essa situação.

- a) o ambiente é insalubre, pois o limite de tolerância é 78 e a CM está abaixo desse valor.
- b) o ambiente é salubre, pois o limite de tolerância é 78 e a CM está acima desse valor.
- c) o ambiente é insalubre, pois o limite de tolerância é 78 e a CM independe desse valor.
- d) o ambiente é salubre, pois o limite de tolerância é 78 e a CM está abaixo desse valor.
- e) o ambiente é insalubre, pois o limite de tolerância é 78 e a CM está acima desse valor.

120ª) No artigo Quantificação foliar de metais pesados em área de aterro (Rev. Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 5:144-148, 2010); os autores revelam que a parte aérea das plantas são capazes de imobilizar contaminantes. A opção que não se relaciona com essa afirmativa é:

- a) a fitoremediação é uma alternativa para recuperar áreas contaminadas.
- b) um maior gargalo (cut off) da presença de agentes químicos em folhas é a contaminação de animais.

- c) formas corretas de disposição de plantas contaminadas são imprescindíveis para o equilíbrio ambiental.
- d) a presença de contaminantes inorgânicos nas folhas das plantas não apresenta problema para a natureza.
- e) embora a fitoremediação seja eficaz deve-se dispor corretamente essas plantas para evitar contaminações.

121ª) O chamado “adicional” de insalubridade (Anexo 13 da NR15) deve ser pago ao trabalhador se, somente se, for caracterizado a não salubridade do seu local laboral. O adicional, em percentual, a ser pago a um frentista; bem como o agente gerador, estão melhor relacionados na letra:

- a) até 40% para hidrocarbonetos.
- b) até 30% para hidrocarbonetos.
- c) até 20% para hidrocarbonetos.
- d) até 10% para hidrocarbonetos.
- e) até 05% para hidrocarbonetos.

122ª) Eventos de alto risco como a produção, transporte e manuseio de substâncias explosivas estão diretamente relacionados às suas propriedades. A opção relacionada com essa afirmativa está na letra:

- a) uma preocupação é BLEVE, explosão de vapores líquidos expandidos quando confinados, em inglês.
- b) transporte de caminhões contendo gases liquefeitos devem ter pressão e temperatura constante.
- c) engenharia de completação, por causa da injeção de água e gás, é uma atividade risco moderado.
- d) materiais contendo magnésio são sempre explosivos quando em contato com água.
- e) as refinarias de petróleo por serem de alto risco apresentam seus cilindros de gases condensados.

123ª) No que diz respeito as siglas referentes às concentrações dos agentes químicos perigosos é correto:

- a) dose máxima tolerável (MTD) é o valor em que sintomas de toxidez aguda aparecem.
- b) nível de ação (LA) é o valor que devemos agir para que não ultrapassar o limite de tolerância (ET).
- c) o nível de ação (LA) é aquele em que a metade do valor do limite de tolerância (ET) é percebido.
- d) a lista de produtos químicos da NR15, embora usual, infelizmente, não é completa.
- e) todas as respostas anteriores.

124ª) Devido os agrotóxicos serem inodoros, insípidos, incolores deve-se adicionar compostos de enxofre, na tentativa de serem percebidos pela população (Lei 7802); evitando assim, a absorção desses agentes químicos pelo organismo (NR 9). Mas alguns inseticidas domésticos não seguem essa prerrogativa, uma explicação pode ser o fato de:

- a) algumas leis não são cumpridas.
- b) usam de subterfúgios.
- c) burlam a legislação ambiental.
- d) alguns decretos permitem.
- e) os decretos não são cumpridos.

125ª) Pesquisas feitas pela Abrasco, Associação Brasileira de Saúde Coletiva revelam casos de ex-funcionários de fazendas de soja, que trabalharam anos e anos com agrotóxicos, serem diagnosticados com Parkinson ou com Alzheimer. A explicação para este fato foi?

- a) a medicina do trabalho ainda carece de recursos humanos qualificados para responder algumas anamneses.
- b) os sintomas de contaminação por agrotóxicos, tremores e demência são semelhantes a essas duas doenças.
- c) os agrotóxicos agem sempre no sistema nervoso central, induzindo a falhas no diagnóstico do paciente.
- d) a medicina do trabalho ainda carece de recursos humanos qualificados para responder alguns diagnósticos.
- e) os sintomas de contaminação por agrotóxicos, tremores e demência são diferentes nessas duas doenças.

126ª) Nitrosaminas, furanos, dioxinas. São compostos orgânicos conhecidamente nocivos para a saúde da população que convive nesta sociedade moderna. Essas substâncias são, na verdade, exemplos de:

- a) poluente orgânicos voláteis.
- b) compostos orgânicos dissolvidos.
- c) subprodutos de degradação.
- d) hexa cloro benzenos.
- e) Bifelina policloradas.

127ª) Uma empresa fornece diversas análises para serem avaliadas. Em um determinado dia você recebe dois grupos de resultados contrastantes (A= $3,5 \pm 0,2$ e B= $3,5 \pm 2,8$). Percebe-se que o último resultado, matematicamente, deveria ser descartado. E, ambientalmente; esse resultado poderia ser aproveitado?

- a) não, se ele foi descartado por erros matemáticos, não pode ser aproveitado.
- b) talvez sim, caso o erro matemático não seja grosseiro.

- c) sim, vai depender do número e da heterogeneidade das amostras.
- d) talvez não, caso o erro matemático não seja grosseiro.
- e) não, se ele for descartado por erros matemáticos, poderá ser aproveitado.

128ª) Muitos dos Carbamatos, devido sua carcinogenicidade, tiveram sua venda proibida pela Anvisa; como por exemplo o Aldicarb (vulgo chumbinho). A opção que melhor explica a presença desse produto no mercado brasileiro pode ser apresentada na letra:

- a) alguns ainda estão sendo produzidos no Brasil.
- b) os carbamatos foram banidos em alguns estados.
- c) são autorizados pela agência de vigilância sanitária.
- d) os carbamatos não foram banidos no Brasil.
- e) alguns são contrabandeados de países vizinhos.

129ª) É sabido que algumas substâncias diferentes não se misturam. Por exemplo as polares, como a água; não se misturam com aquelas apolares, como o petróleo. Nesse sentido como se explica o impacto ambiental dos “Spill Oil” por meio da dissolução do petróleo em águas equatoriais.

- a) a geometria da água é linear, e sua vibração aumenta com a temperatura, facilitando a dissolução.
- b) por que a água mais fria contém mais energia para dissolução do petróleo.
- c) a geometria da água é angular, e sua vibração aumenta com a temperatura, facilitando a dissolução.
- d) por que o petróleo é solúvel em ambientes polares, o que facilita a sua miscibilidade na água.
- e) por que a água mais fria contém, portanto menor energia para dissolução do petróleo.

130ª) É sabido que o problema da contaminação ambiental pelos chamados “metais pesados” é um desconforto que convivemos e que não teremos soluções a curto prazo, pois estão presentes em praticamente todos os processos industriais. Já foram inclusive tema de livros e filmes. Uma explicação, em ambiente contaminado, seria sua biomagnificação, que está melhor associada a:

- a) peixes de final de cadeia como Atum e Salmão tendem a uma maior contaminação.
- b) águas que percorrem a jusante tendem a uma maior contaminação.
- c) águas que percorrem a montante tendem a uma maior contaminação.
- d) águas que percorrem a montante tendem a uma menor contaminação.
- e) peixes de final de cadeia como Atum e Salmão tendem a uma menor contaminação.

131^a) Intoxicação por repelentes ainda é muito comum na população, principalmente na tentativa de evitar doenças como Febre amarela, Zika, Chikungunya e Dengue. Uma causa para essa intoxicação seria o erro da mídia ao fomentar o uso excessivo desses produtos como sendo panacéia, pois:

- a) resolvem o problema pois matam os mosquitos embora, sejam nocivos.
- b) resolvem mas são eficazes se somente se, forem espalhados por toda a pele.
- c) esquecem que, para serem eficientes, devem ser passados inclusive nos pés e nas mãos.
- d) esquecem que, devido ao Halo de ação não precisam ser espalhados por toda a pele.
- e) esquecem que, devido a presença do Halo de ação precisam ser espalhados pela epiderme.

132^a) A especiação química do mercúrio (Hg) é uma ferramenta imprescindível para entender a contaminação ou poluição de um determinado ambiente. Isso ocorre por que:

- a) o mercúrio é um contaminante volátil.
- b) formas como metil-Hg são mais preocupantes.
- c) formas como íon mercurioso são nocivas.
- d) formas como metil-Hg são menos preocupantes.
- e) o mercúrio é um contaminante líquido.

133^a) A técnica do “samples clipping” é usado por químicos e biólogos que trabalham com amostras de peixes contaminados. Sua principal função na análise e avaliação das referidas amostras é:

- a) ter certeza se o peixe está mesmo contaminado.
- b) especificar qual a área está contaminada.
- c) caracterizar a espécie do peixe em estudo.
- d) quantificar a área que está contaminada.
- e) saber em qual parte do peixe está o contaminante.

134^a) O ramo de atuação profissional que define e autoriza o uso de EPIs e que define se um determinado funcionário vai ter ou não um afastamento do trabalho por causa de estar exposto a um determinado risco é, respectivamente:

- a) Higiene industrial e Engenharia laboral.
- b) Engenharia de segurança e Medicina ocupacional.
- c) Medicina do trabalho e Engenharia laboral.
- d) Engenharia laboral e Medicina ocupacional.
- e) Medicina do trabalho e Higiene industrial.

135ª) Uma definição rápida para um termo usado em nível internacional como “Rating”, pode ser:

- a) quantificação do risco.
- b) identificação do risco.
- c) definição do risco.
- d) especificação do risco.
- e) caracterização de risco.

136ª) O funcionário, mesmo no ambiente rural, está sujeito a sanções trabalhistas. Em casos de ambientes considerados como insalubres e perigosos, pode até ser demitido por justa causa se:

- a) o funcionário não tiver o EPI.
- b) a empresa fornecer EPI.
- c) o funcionário não souber usar EPI.
- d) o funcionário não usar EPI.
- e) a empresa não tiver EPI.

137ª) No que tange aos riscos ambientais, pode-se dizer que a ilha do Maranhão, que inclui cidades como São Luís, Paço do Lumiar e São José de Ribamar, é considerada uma receptora potencial de contaminantes químicos; mesmo que a fonte poluidora esteja cerca de 250 km de distância. A explicação para esse comportamento seria o fato dessa ilha:

- a) ser uma bacia sedimentar plana, arenosa e ecologicamente frágil.
- b) ficar no estuário de diversos rios que acabam trazendo os contaminantes.
- c) ser formada por diversos parâmetros de reentrâncias e de meandros.
- d) ficar na nascente de diversos rios que acabam trazendo os contaminantes.
- e) ficar na foz de diversos rios que, pela rede de drenagem, trazem os contaminantes.

138ª) No que tange ao profissional da tanalogia (...) Quando um perito da área criminal inicia seu plantão em um laboratório, as condicionantes que não se relacionam com essa situação; está na opção:

- a) análise de amostra advindo de um cadáver carbonizado significa trabalho *full time*.
- b) as atividades *post mortem* de um perito no laboratório, são dependes do cadáver.
- c) análises forenses de urina e sangue; são bem mais rápidas que amostras de cabelo.
- d) as atividades *post mortem* de um perito no laboratório, não são dependes do cadáver.
- e) estudos em um cadáver “fresco” significa, em geral, um menor labor para o legista.

139ª) Ainda sobre a questão, é correto afirmar que:

- a) forense serve para elucidar, não somente crimes, mas outros assuntos legais (civil, penal, administrativo).
- b) tanalogia é o estudo de cadáveres, visando elucidação da *post mortem*.
- c) forense é um tipo de análise que serve para elucidar crimes, sempre quando fomentados pela justiça.
- d) tanalogia é o estudo de defuntos, visando elucidação da *post mortem*.
- e) forense é um tipo de estudo criminal feito por peritos e fomentados exclusivamente pela justiça.

140ª) É comum aos profissionais da segurança estacionarem seus carros “sempre de ré”. Mas este comportamento deve ser repensado, pois em algumas situações pode trazer contaminações para sua família via escapamento do carro; principalmente quando a garagem da casa fica situada em frente de salas e-ou de cozinhas. A opção que se relaciona com essa situação está melhor apresentada na letra:

- a) não é verdade, toda vez por segurança devemos estacionar de ré.
- b) sim, este comportamento existe; mas sempre devemos estacionar de ré.
- c) não é verdade, toda vez por segurança devemos saber como nos posicionar.
- d) não é verdade, por questões de saúde devemos saber como nos posicionar.
- e) sim, devemos repensar pois existe dicotomia entre saúde e segurança.

141ª) Algumas substâncias químicas consideradas perigosas deveriam dar direito ao funcionário do adicional de insalubridade, mas a lista da NR15 não estabelecem quais são os produtos que dão direito; apenas relacionam aqueles que fazem jus ao referido adicional. Essa afirmativa é:

- a) correta, no caso de agrotóxicos como piretróides, sua manipulação é perigosa, mas não está na lista.
- b) incorreta, todos os agrotóxicos cuja manipulação é perigosa, estão especificados na lista.
- c) correta, no caso de agrotóxicos cuja manipulação é perigosa, todos estão especificados na lista.
- d) incorreta, alguns agrotóxicos cuja manipulação é perigosa, estão especificados na lista.
- e) as vezes correta, as vezes incorreta, depende da situação e se a substância está ou não na lista.

142ª) Um levantamento revelou que metade dos moradores de ambientes rurais próximo a garimpos consumiam água contaminada por chumbo. Para um consumo normal (2 L), qual a quantidade de Pb ingerida diariamente. Dado Valor Máximo de Pb em águas, 10 ppb.

- a) $2 \cdot 10^{-5}$ mg/dia.
- b) $2 \cdot 10^{-3}$ g/dia.

- c) $2 \cdot 10^{-5}$ g/dia.
- d) $2 \cdot 10^{-4}$ mg/dia.
- e) $2 \cdot 10^{-3}$ mg/dia.

143ª) Conjunto de medidas técnicas, administrativas, educacionais, médicas e psicológicas, empregadas para prevenir acidentes em ambientes biotecnológicos, seria de forma clara e direta:

- a) a definição de biossegurança.
- b) a atividade de um técnico de segurança.
- c) os objetivos de um higienista ocupacional.
- d) a atuação de um engenheiro de segurança.
- e) o conceito de biossegurança.

144ª) Foi comentado em sala de aula que não existe “laboratório de avaliações clínicas” e sim de “análises clínicas”. Uma diferença rápida e direta entre Análise e Avaliação seria:

- a) a primeira é o laudo e a segunda, sua discussão.
- b) a primeira é o resultado e a segunda é uma coletânea de dados.
- c) a primeira é uma discussão e a segunda o laudo propriamente dito.
- d) a primeira é o resultado e a segunda é o laudo propriamente dito.
- e) a primeira é o laudo e a segunda é o resultado propriamente dito.

145ª) Em Primavera Silenciosa, Raquel Carson comenta que o uso excessivo de herbicidas acabou “silenciando” os pássaros. A explicação para essas substâncias químicas afetarem tanto plantas quanto pássaros é que:

- a) além de não serem seletivas essas substâncias ainda podem contaminar o ambiente.
- b) essas substâncias evitam proliferação de pragas e pássaros na lavoura.
- c) além de serem seletivas essas substâncias ainda podem contaminar o solo, água e ar.
- d) essas substâncias são usadas em excesso acima do valor permitido pela legislação.
- e) além de serem seletivas essas substâncias ainda podem contaminar o ambiente.

146ª) Suponha que um funcionário em sua atividade laboral esteja em um ambiente cuja concentração de um agente químico é $1,4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ para uma jornada de 8 h. Como esse ambiente é considerado salubre (pois o Valor Máximo é 1,5) outras considerações são pertinentes, como por exemplo:

- a) se Valor Máximo for ultrapassado, o técnico de segurança terá que suspender essa atividade.
- b) embora salubre, cabe ao higienista ocupacional, sugerir a permuta sazonal desse funcionário.
- c) como o Valor Máximo não foi ultrapassado, durante a jornada de trabalho, nada temos a fazer.
- d) cabe ao higienista ocupacional, sugerir a permanência desse funcionário em seu local de trabalho.

e) embora o valor esteja abaixo, esse funcionário terá distúrbios e problemas em sua saúde.

147ª) Sobre as neoplasias, advindas de agentes químicos, relatadas na Portaria 1339 do Ministério da Saúde, que lista as principais doenças relacionadas com o trabalhador; é correto afirmar:

- a) alguns tumores (câncer) já são considerados como doença ocupacional.
- b) a lista é decorrente de atividades laborais, por isso não é completa.
- c) o câncer ainda não é considerado como uma doença ocupacional.
- d) a lista é decorrente de todas as atividades laborais, por isso é completa.
- e) o câncer não é considerado como uma doença ocupacional.

148ª) As máscaras N95, chamadas de PFF ou Peças Faciais Filtrantes, são os EPIs responsáveis pela proteção respiratória, tendo eficiência de 95%. De maneira geral, a opção que melhor representa suas classificações seria:

- a) PFF A, protegem de poeiras finas e PFF B, protegem de poeiras grossas.
- b) PFF1, protegem de particulados tóxicos; PFF2, de aerossóis; PFF3, de poeiras finas.
- c) PFF A, protegem de poeiras grossas e PFF B, protegem de poeiras finas.
- d) PFF1, protegem de poeiras finas; PFF2, de aerossóis; PFF3, de particulados tóxicos.
- e) as letras a e b estão corretas.

149ª) Em geral quando um químico ambiental quantifica uma contaminação inorgânica de elementos como Zinco e Níquel, é comum solicitar quantificação dos metais Cádmio e Paládio, respectivamente. A explicação para esta solicitação reside no fato de:

- a) a mobilidade desses metais pesados são muito semelhantes.
- b) estudar níquel, é estudar paládio, pois ambos são metais.
- c) Zn-Cd e Ni-Pd, serem elementos situados na mesma família da tabela periódica.
- d) estudar os metais pesados significa estudar elementos quimicamente semelhantes.
- e) a biologia de metais como Ni e Pd, são relativamente similares.

150ª) No artigo Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim (Rev. Escola de Minas, 54:64-67, 2001); os autores comentam sobre os riscos químicos provenientes do processo de branqueamento do papel. A opção que não se relaciona com a situação:

- a) a argila caulim, *kaoling* do inglês, é a forma mais usual e cotidiana para branquear o papel.
- b) se pudéssemos usar o papel ao natural, de cor amarelada, seria benéfico para o ambiente.
- c) ao comprar uma resma de papel, não imaginamos o quanto poluímos o ambiente para branqueá-lo.
- d) o branqueamento do papel, infelizmente, ainda é um processo que contamina o ambiente.
- e) a argila caulim é usada como carga, preenchendo os “vazios” da estrutura *cross-link* da celulose.

GABARITO

01° D, 02° A, 03° E, 04° A, 05° C, 06° A, 07° A, 08° B, 09° A, 10° E,
11° E, 12° E, 13° A, 14° C, 15° E, 16° E, 17° D, 18° B, 19° C, 20° A,
21° B, 22° A, 23° A, 24° A, 25° C, 26° E, 27° D, 28° A, 29° D, 30° E,
31° E, 32° D, 33° D, 34° B, 35° B, 36° A, 37° B, 38° A, 39° B, 40° D,
41° B, 42° A, 43° A, 44° A, 45° E, 46° B, 47° D, 48° B, 49° A, 50° D,
51° A, 52° C, 53° D, 54° A, 55° C, 56° A, 57° C, 58° D, 59° D, 60° C,
61° E, 62° A, 63° D, 64° D, 65° A, 66° A, 67° C, 68° E, 69° A, 70° A,
71° B, 72° A, 73° C, 74° B, 75° A, 76° E, 77° D, 78° D, 79° C, 80° E,
81° E, 82° B, 83° E, 84° B, 85° E, 86° C, 87° C, 88° E, 89° D, 90° D,
91° D, 92° A, 93° E, 94° A, 95° A, 96° C, 97° D, 98° E, 99° E, 100° A.
101° B, 102° D, 103° A, 104° C, 105° E, 106° D, 107° A, 108° B, 109° C, 110° A,
111° B, 112° C, 113° B, 114° E, 115° C, 116° E, 117° A, 118° A, 119° E, 120° D,
121° A, 122° A, 123° E, 124° C, 125° B, 126° C, 127° C, 128° E, 129° C, 130° A,
131° D, 132° B, 123° E, 134° B, 135° A, 136° D, 137° E, 138° D, 139° A, 140° E,
141° A, 142° C, 143° E, 144° A, 145° A, 146° B, 147° A, 148° D, 149° C, 150° A.

É triste, mas a humanidade investe mais na morte do que na vida. Os gastos com a tecnologia de armamentos, nem se comparam com investimentos para melhorar as condições humanas. A questão do meio ambiente impõe uma retomada no papel do homem neste planeta. Por isto, a discussão deve ir muito além do seu bairro, da sua cidade, região, ou de seu país. O equilíbrio da vida dependerá do relacionamento mútuo e harmonioso entre Homem e o seu Meio. A pesca predatória, o crescimento desordenado das cidades, produção insana de alimento, manejo inadequado do solo e da água contribuem para a depreciação do ambiente seja urbano ou rural.

Alessandro Costa da SILVA

Realizado o Depósito Legal na Biblioteca Nacional,
conforme Lei n. 10.994, de 14 de dezembro de 2004.

1ª Edição [2014] Quarta Reimpressão, 2020.

Formato: 15 x 21,5 cm

Tipologia: Times New Roman (12/16,4;)

Papel Pólen Soft 80g/m2 (miolo)

Papel cartão supremo 250g/m2 (capa)

Tiragem: 1000 exemplares



A marca fsc® é a garantia de que a madeira utilizada na fabricação do papel deste livro provém de florestas que foram gerenciadas de maneira ambientalmente correta, socialmente justa e economicamente viável, além de outras fontes de origem controlada.