



Rede São Paulo de

Formação Docente

Cursos de Especialização para o quadro do Magistério da SEESP
Ensino Fundamental II e Ensino Médio

São Paulo

2011



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Pró-Reitoria de Pós-Graduação
Rua Quirino de Andrade, 215
CEP 01049-010 – São Paulo – SP
Tel.: (11) 5627-0561
www.unesp.br



**GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO**

Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Estado da Educação
Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas
Gabinete da Coordenadora
Praça da República, 53
CEP 01045-903 – Centro – São Paulo – SP



**SECRETARIA
DA EDUCAÇÃO**

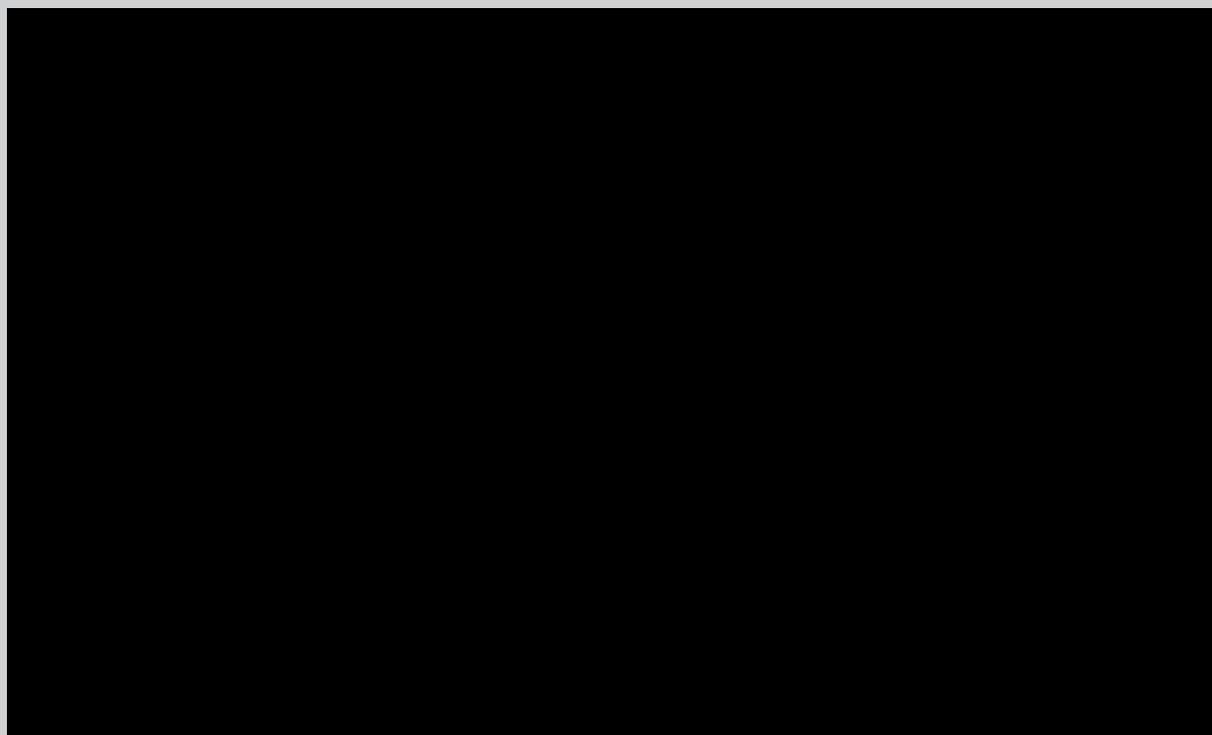


Sumário

Video da Semana	3
Poluição das Águas	3
Contaminação biológica	4
Petróleo	5
Detergentes sintéticos.....	5
Defensivos agrícolas	6
Poluição por fertilizantes agrícolas	6
Poluentes orgânicos biodegradáveis	7
Oxigênio presente na água.....	7
Contaminação por metais tóxicos.....	9
Bioacumulação e biomagnificação	11
Poluição físico-química.....	12
A química da parte sólida da Terra	14
4.1 - O solo	14
4.2 - Formação do solo	17
Clima.....	18
Relevo.....	18
Material de origem	18
Organismos	18

Tempo	18
4.3 - Tipos de rochas:	19
Rochas Ígneas ou magmáticas:	19
Rochas Sedimentares:.....	19
Rochas Metamórficas:	19
4.4 - Intemperismo.....	19
Intemperismo Físico.....	20
Intemperismo Químico	21
4.5 - Composição do solo	23
Material inorgânico:	23
Material orgânico:	23
Material sólido que compões o solo:.....	24
Tipos de Solos	26
Perfil do Solo	27
Características do solo	28
4.6 - pH do solo e potencial redox	29
Potencial Redox	32

Video da Semana



Poluição das Águas

Nessa semana continuaremos com os estudos sobre a Hidrosfera, mas focando nos problemas ambientais iniciando com a Poluição das águas.

Entende-se por poluição das águas a alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências naturais ou provocadas pelo homem que confere à mesma, aspectos indesejados. A poluição deve estar associada ao uso que se faz da água e deve se considerar que mesmo a água com aparência satisfatória pode conter substâncias tóxicas ou microorganismos patogênicos que tornam seu uso inviável enquanto águas com aspecto desagradável podem ter determinadas utilizações.

Os termos poluição e contaminação são às vezes utilizados como sinônimos erroneamente já que são conceitualmente diferentes. A contaminação refere-se à presença na água de substâncias ou microorganismos nocivos a saúde que não causam desequilíbrio ecológico ao ambiente aquático. A poluição refere-se à ocorrência de espécies químicas ou a fatores físicos como calor excessivo nos corpos de água que podem levar a desequilíbrios ecológicos sem que isso signifique necessariamente restrições ao seu consumo pelo homem.

Os poluentes e contaminantes são introduzidos no meio aquático por fontes pontuais ou difusas. As fontes pontuais são localizadas e por isso, facilmente identificadas como, efluentes domésticos e industriais, derramamentos acidentais, atividades de mineração, enchentes, etc.

As fontes difusas são aquelas que não têm um ponto específico de lançamento e ocorrem ao longo das margens dos rios como substâncias provenientes de práticas agrícolas, residências dispersas, deposições atmosféricas, enxurradas em solo, etc. (ROCHA *et al.*, 2009).

Os poluentes são classificados de acordo com sua natureza e com os principais impactos causados pelo seu lançamento no meio aquático originando os diferentes tipos de poluição e contaminação descritos a seguir.

Contaminação biológica

Deve-se a presença de microorganismos patogênicos, especialmente na água potável. Acredita-se que aproximadamente 4 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso à água potável tratada e 2,9 bilhões de pessoas vivem em áreas sem coleta ou tratamento de esgoto. Muitas doenças como a cólera, febre tifóide, diarreia, hepatite A, são transmitidas por microorganismos presentes na água. A presença de bactérias, vírus, larvas, parasitas e coliformes fecais nas águas são resultado da precariedade ou falta de saneamento básico das cidades.

O controle ou a desinfecção é simples e feita por meio da fervura da água ou pela adição de hipoclorito de sódio (NaClO).

Poluentes Orgânicos recalcitrantes ou refratários

Esta classe de poluentes inclui principalmente os compostos orgânicos sintéticos não biodegradáveis ou aqueles que apresentam taxa de biodegradação muito lenta. O impacto introduzido por esses compostos está associado à sua toxicidade. Eles não causam a diminuição do oxigênio dissolvido na água em função da baixa taxa de biodegradação apresentada.

[É importante que vejam o BOX 4 que contém informações importantes para o estudo dos POPs.](#)

Alguns exemplos de compostos orgânicos dessa natureza são:

Petróleo

O petróleo é composto por uma mistura de vários compostos orgânicos que apresentam diferentes taxas de biodegradabilidade e toxicidade para muitos organismos. A poluição por petróleo afeta principalmente os oceanos nas etapas de extração e transporte do mesmo. 600 Mil Toneladas são derramadas em acidentes ou descargas ilegais e nas plataformas de exploração.

Entre os principais impactos causados ao ambiente estão: a formação de uma película de petróleo na superfície da água que dificulta a troca gasosa entre o ar e a água, a vedação dos estômatos das plantas e órgãos respiratórios dos animais e a ação de substâncias tóxicas nele contidas para muitos organismos.

Os oceanos são importantes na manutenção das condições favoráveis para a vida do planeta. Respondem por 16% da oferta de proteína animal do planeta. A fotossíntese realizada por fitoplânctons e por outras plantas marinhas produz oxigênio, $O_2(g)$, que é liberado para a atmosfera, consome gás carbônico, $CO_2(g)$, que é retirado da atmosfera. O $CO_2(g)$ é arrastado por correntes profundas demorando séculos para retornar à atmosfera. Os oceanos são importantes fixadores de gás carbônico, contêm 20 vezes mais $CO_2(g)$ do que o que há em todas as florestas do mundo e em outras biomassas terrestres.

Se o fitoplâncton desaparecer dos oceanos por efeito da poluição por petróleo que impede a entrada de luz e a realização da fotossíntese, teremos decréscimo da concentração de $O_2(g)$ na atmosfera, excesso de $CO_2(g)$ na atmosfera e elevação na temperatura do planeta e desequilíbrio nos ecossistemas.

Detergentes sintéticos

Esse poluente causa maior impacto nas águas interiores (dos rios e lagos) do que nas águas oceânicas, sendo em geral mais tóxicos para os peixes do que para o homem. São introduzidos nos corpos de água por esgoto doméstico não tratado. Causam desequilíbrio ambiental uma vez que formam uma camada de moléculas de detergente na interface ar - água, afetando a troca de gases entre o ar e a água diminuindo a tensão superficial da água e afetando a vida de insetos que dependem dessa propriedade para sobreviverem. Além disso, os detergentes contêm em sua composição polifosfatos que contribuem para a eutrofização das águas dos rios e lagos. Podem conter também outras substâncias como enzimas que degradam gorduras que podem afetar a vida dos organismos aquáticos.

Defensivos agrícolas

Os defensivos agrícolas são uma classe de compostos sintéticos e na sua maioria recalcitrantes. A contaminação dos corpos de água por esses compostos são atribuídas às más práticas de aplicação nas lavouras. Parcela considerável do total aplicado nos campos agriculturáveis atinge principalmente, rios e lagos por meio de correntes atmosféricas. Agricultores fazem o despejo de restos de soluções e lavagem dos equipamentos utilizados na aplicação de forma inadequada. Fazem também a aplicação fora das normas sendo que o excesso que permanece no solo é carregado aos rios pela ação erosiva das chuvas. Deve-se destacar que a mata ciliar dos rios desempenha papel importante na retenção desse material carregado pela erosão das chuvas protegendo o aporte dos agroquímicos nas águas por essa via.

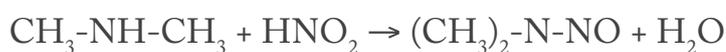
Muitos são resistentes à biodegradação, são estáveis, entram na cadeia alimentar e podem ser mutagênicos, cancerígenos ou teratogênicos.

Poluição por fertilizantes agrícolas

O excesso de fertilizantes agrícolas, a base de sais de nitrogênio e fósforo, aplicados nos campos agrícolas chega aos corpos de água de superfície e subterrânea, principalmente, pela ação das chuvas. O excesso desses nutrientes leva ao crescimento excessivo e acelerado de alguns organismos aquáticos, como as algas macroscópicas, inviabilizando determinados usos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Esse fenômeno conhecido como eutrofização das águas é perceptível pela coloração verde dada pelo excesso de algas na água que causa uma série de desequilíbrios no ambiente aquático. As algas cobrem a superfície prejudicando a difusão do oxigênio atmosférico na água. Impede também a entrada de luz na água diminuindo a atividade fotossintética que leva a um decréscimo na concentração de oxigênio com consequente morte de peixes e putrefação anaeróbica das mesmas liberando substâncias com odor desagradável como o H_2S .

Nitrato em água é também prejudicial à saúde de crianças abaixo de seis meses. Provoca a redução da habilidade da hemoglobina transportar O_2 . A hemoglobina contém $Fe(II)$ que se liga reversivelmente ao O_2 . O trato intestinal de crianças é favorável às bactérias redutoras de nitrato, favorecendo o aumento da concentração de nitrito que faz a oxidação do $Fe(II)$ da hemoglobina a $Fe(III)$ que perde a capacidade de complexar O_2 , doença chamada de meta-hemoglobinemia. A meta-hemoglobina é uma forma de hemoglobina que não se liga ao oxigênio quando o íon ferroso, $Fe(II)$, do grupo heme da molécula de hemoglobina é oxidado ao íon férrico, $Fe(III)$.

Sob condições ácidas do estômago, nitrito pode ser convertido a ácido nitroso que reage com aminas secundárias presente no organismo formando as n-nitrosaminas.



Amina secundária N-nitrosamina

Abundante no mundo Insolúveis em água

biológico carcinogênicas

Poluentes orgânicos biodegradáveis

A origem antrópica desses poluentes é o despejo de esgotos domésticos sem tratamento prévio em corpos de água. A matéria orgânica biodegradável, constituída principalmente por proteínas, carboidratos e gorduras, será degradada pelos microorganismos decompositores aeróbicos ou anaeróbicos. Se houver oxigênio dissolvido no meio há explosão na população de microorganismos que consomem oxigênio, bactérias aeróbicas, com formação de CO_2 , H_2O e os átomos de N e S das proteínas vão a sulfato (SO_4^{-2}) e nitrato (NO_3^-), respectivamente. Se o consumo de oxigênio for maior que a capacidade do meio em repô-lo, haverá seu esgotamento e a inviabilidade da existência de vida para os peixes e outros organismos aeróbicos. Na ausência de oxigênio dissolvido no meio, a decomposição será anaeróbica com formação de gás metano (CH_4), gás sulfídrico (H_2S) e amônia (NH_3) ou íon amônio (NH_4^+) prioritariamente. Aqui tratamos, o impacto devido ao despejo de esgotos domésticos em corpos de água como o responsável pelo decréscimo da concentração do oxigênio dissolvido na água e não pela presença de substância tóxicas nesses despejos.

Oxigênio presente na água.

O O_2 dissolvido é o agente oxidante mais importante em águas naturais, ocorrendo sua redução, passando do estado de oxidação zero a -2 estando o processo representado pelas semi-reações a seguir:



O fornecimento de O_2 se dá, por atividade fotossintética e por difusão para a fase aquosa, do oxigênio presente na atmosfera através da superfície líquida atingindo-se o equilíbrio $O_2(g) \leftrightarrow O_2(aq)$, sendo a constante de equilíbrio a constante da Lei de Henry (K_H) que determina a quantidade de oxigênio dissolvido em função da pressão parcial do oxigênio (P_{O_2}) e da temperatura,

$$[O_2] = K_H \cdot P_{O_2}$$

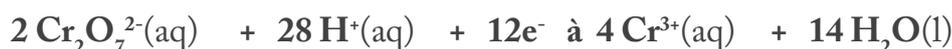
Tendo a Pressão parcial de O_2 no ar seco, $P_{O_2} = 0,21 \text{ atm}$ e K_H em dada temperatura, pode-se calcular a quantidade de oxigênio dissolvido na água naquela temperatura.

Alguns fatores como poluição térmica, presença de matéria orgânica e microorganismos aeróbicos em excesso, diminuem a concentração do oxigênio dissolvido ($O_2(aq)$). No caso de haver um consumo de oxigênio muito rápido, a reposição é lenta e torna-se ineficiente. O déficit de oxigênio é a quantidade de oxigênio em mg/L para se ter a saturação a uma certa temperatura.

Quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, maior será a população de microorganismo e maior portanto, a quantidade de oxigênio de que necessitam. Por isso dizemos que quanto maior for a quantidade de matéria orgânica introduzida na água maior será a quantidade de oxigênio que é dela consumida. Ou seja, a capacidade da matéria orgânica, presente na água, em consumir O_2 é chamada de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) porque se realiza por meio de atividade biológica ou bioquímica da matéria orgânica genérica, indicada por CH_2O , representada pela equação: $CH_2O + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$. Determina-se a quantidade de $O_2(aq)$ antes e após um período de 5 dias em que a amostra fica selada no escuro (DBO_5).

A melhor maneira de quantificar os poluentes orgânicos é fazê-lo pelo oxigênio requerido para sua oxidação. Neste particular, faz-se distinção entre a demanda bioquímica de oxigênio e a Demanda Química de Oxigênio.

A demanda química de oxigênio (DQO) é determinada por meio de uma reação com oxidantes energéticos fortes como o permanganato de potássio ($KMnO_4$) em meio ácido ou o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em solução aquosa acidificada com ácido sulfúrico (H_2SO_4). Frequentemente é utilizado o dicromato de potássio cuja equação de redução do mesmo e da oxidação da matéria orgânica é apresentada a seguir,



Na prática adiciona-se um excesso de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ e a solução resultante é retrotitulada com Fe^{2+} até o ponto final.

Na oxidação por microorganismos aeróbicos, estes utilizam o oxigênio como fonte oxidante: $3 \text{O}_2(\text{g}) + 12 \text{H}^+(\text{aq}) + 12 \text{e}^- \rightarrow 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Para calcular a DQO deve-se considerar que 3 mols de O_2 oxida 3 mols de C enquanto 2 mols de dicromato oxida 3 mols de C. Portanto, o número de mol de O_2 requerido na oxidação é 1,5 vezes (3/2) o número de mol de dicromato utilizado. A vantagem da DQO é de ser um método mais rápido que a DBO.

Águas poluídas com resíduos de animais, alimentos ou esgoto apresentam demanda de O_2 superior à solubilidade de equilíbrio do oxigênio, como resultado há um rápido decréscimo da concentração de $\text{O}_2(\text{aq})$ com a consequente mortandade de peixes e outros organismos aquáticos.

Sugestão de atividade: Uma amostra de 25 mL de água de rio foi titulada com $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,0010 mol L^{-1} , necessitando de 8,3 mL para atingir o ponto final. Qual é a Demanda Química de Oxigênio, em miligramas de O_2 por litro de amostra?

Contaminação por metais tóxicos

Tão problemáticos quanto os poluentes orgânicos, os poluentes inorgânicos constituem-se basicamente dos metais tóxicos, Cobre (Cu), Zinco (Zn), Cromo (Cr), Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Estanho (Sn), Arsênio (As) e seus derivados. Os metais presentes na litosfera podem ciclar no ambiente tanto como resultado de atividade geológica quanto de atividade humana.

Através dos tempos, muitos sais desses metais têm sido retirados naturalmente das rochas num processo de lixiviação indo se acumular nos lagos, rios e oceanos. Apesar disso a concentração natural dos cátions dos metais tóxicos nesses corpos de água nunca chega a ser tóxica, porque há na água substâncias (ácidos orgânicos) que se combinam com determinadas espécies iônicas desses metais, formando compostos inofensivos chamados quelatos, que acabam por sedimentar-se.

Porém, a intensificação das atividades industriais, nos últimos 50 anos, tem introduzido metais tóxicos nas águas numa quantidade muito maior do que a natural, causando a poluição. A Tabela 8 mostra as principais indústrias que apresentam metais tóxicos, em quantidade significativa, nos seus efluentes líquidos.

A ação prejudicial é muito diversificada. Entre os mais perigosos estão o mercúrio, o cádmio, o chumbo e o arsênio. A toxicidade depende da forma química do elemento, isto é, de sua especiação. As formas insolúveis passam através do corpo humano sem causar grandes danos. As formas mais tóxicas são aquelas que causam doenças imediatas ou morte e aquelas que podem passar através da membrana protetora do cérebro ou da que protege o feto em desenvolvimento.

Tomamos como exemplo o mercúrio. O mercúrio é o mais volátil de todos os metais e seu vapor é altamente tóxico, difunde-se dos pulmões para a corrente sanguínea, penetra no cérebro e o resultado é um grave dano ao sistema nervoso central que se manifesta por dificuldades na coordenação, na visão e no sentido do tato. O íon de mercúrio Hg^{2+} é a espécie menos tóxica, não atravessa as membranas biológicas, pode causar danos ao rim e ao fígado. O metilmercúrio (CH_3Hg^+) é a forma mais tóxica do mercúrio, pois pode atravessar tanto a barreira do cérebro quanto a barreira placentária humana, apresentando duplo risco. A espécie Hg_2^{2+} é a menos tóxica porque forma o sal insolúvel Hg_2Cl_2 no estômago. A Organização Mundial da Saúde (OMS) limita em 0,001mg/L a quantidade máxima de mercúrio na água.

Ramo Industrial	Metal Tóxico							
	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Papel		X	X	X	X	X		X
Petroquímica	X	X		X	X		X	X
Fertilizantes	X	X	X	X	X	X		X
Refinarias de Petróleo	X	X	X		X	X		X
Usinas Siderúrgicas	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabela 8: Indústrias que liberam metais tóxicos nos seus efluentes industriais (Magossi; Bonacella, 1990).

Os metais apresentam-se como poluentes da água e como contaminantes de nossos alimentos. São, em sua maioria, transportados por via aérea, seja como gases ou adsorvidos em material particulado em suspensão e a deposição ocorre por via seca ou úmida por meio das águas das chuvas. Os aterros sanitários também contribuem para a contaminação de águas subterâneas, córregos e riachos; a mineração e o garimpo também poluem rios e mares. Os oceanos recebem aproximadamente 400.000 toneladas de metais tóxicos sendo cerca de 80.000 toneladas só de mercúrio (BAIRD, 2002).

Uma sugestão para fazer com os alunos em sala de aula é uma pesquisa das formas tóxicas do chumbo, arsênio e cádmio.

Embora o vapor de mercúrio seja altamente tóxico, em geral os metais na sua forma de elementos livre condensados não são particularmente tóxicos. Algumas formas catiônicas são tóxicas e também quando ligados a cadeia carbônicas curtas. Do ponto de vista bioquímico, o mecanismo de ação tóxica deriva da forte afinidade dos cátions metálicos pelo enxofre presente nos grupos sulfidrilas presente nas enzimas que controlam a velocidade de reações metabólicas importantes. A ligação metal-enxofre afeta a atividade da enzima que passa a não atuar com normalidade afetando a saúde humana de maneira de favorável e às vezes fatal. A reação dos cátions metálicos M^{2+} , onde M é Hg, Pb ou Cd com os grupos sulfidrilas das enzimas produzem sistemas estáveis como R-S-M-S-R que é análoga a reação do composto inorgânico simples H_2S com os cátions metálicos produzindo o composto insolúvel MS.

Um tratamento comum para o envenenamento agudo causado por metais tóxicos consiste na administração de um composto que forma um complexo mais estável com o metal, ou seja, atrai o metal de maneira mais forte que a enzima, sendo o complexo solubilizado e excretado pelo organismo. Um composto usado no tratamento de envenenamento por mercúrio e chumbo é a Antilewisita Britânica (BAL) cuja fórmula molecular é $CH_2(OH)CH(SH)CH_2(SH)$. Suas moléculas contém dois grupos -SH que capturam conjuntamente o metal. Outro composto utilizado é o sal de cálcio do ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) que extrai e solubiliza a maioria dos íons metálicos (BAIRD, 2002).

Bioacumulação e biomagnificação

Os organismos, principalmente os aquáticos podem apresentar dois tipos de comportamento em relação aos metais e aos orgânicos persistentes. Ou são sensíveis a um metal apresentando uma reação em relação à ação tóxica ou não são sensíveis, mas bioacumulam potencializando seu efeito nocivo ao longo da cadeia alimentar, colocando em risco os organismos situados no topo da cadeia alimentar.

BIO-ACUMULAÇÃO é o processo no qual os organismos (inclusive humanos podem adquirir contaminantes mais rapidamente do que seus corpos podem eliminá-los.

BIOMAGNIFICAÇÃO é definido como o aumento na concentração de um contaminante a cada nível da cadeia alimentar. Esse fenômeno ocorre porque a fonte de alimento para organismos de um nível superior na cadeia alimentar é progressivamente mais concentrada.

Substâncias orgânicas hidrofóbicas como muitos agroquímicos e compostos organometálicos de mercúrio e de chumbo são encontrados em concentrações relativamente altas em tecidos de peixes e outros animais aquáticos. Estes compostos possuem características não polares e, portanto, afinidade por meio apolar. Com isso se solubilizam na gordura não sendo excretados ou possuindo baixa taxa de eliminação, sendo então bioconcentrados nos tecidos dos peixes.

O Hg quando presente na água entra na cadeia alimentar, sendo metabolizado na sua forma mais tóxicas (metil-mercúrio) e, assim, entra na cadeia trófica chegando aos seres humanos. Os peixes e outros organismos aquáticos podem concentrar mercúrio 3000 vezes a mais do que o encontrado nas águas. Portanto, o ideal seria não consumir peixes provenientes de regiões poluídas (BAIRD, 2002).

Poluição físico-química

Vamos verificar como a alteração de parâmetros como a turbidez, presença de substâncias coloridas, aquecimento das águas, alteração do seu valor osmótico e alteração da acidez das águas interferem no equilíbrio da vida naquele ambiente aquático.

A presença de material particulado em suspensão que acarreta aumento de turbidez da água assim como a presença de substâncias coloridas limitam a penetração da luz restringindo a possibilidade de desenvolvimento de algas pelo decréscimo da capacidade fotossintética e diminuindo a oxigenação das águas levando a mortandade de peixes e outros organismos aquáticos. Em ambientes de turbidez muito elevada peixes morrem asfixiados por obstrução de seus órgãos respiratórios, as suas brânquias. Além disso adsorvem e concentram os poluentes biológicos e os poluentes químicos

A diminuição da solubilidade de O_2 em água com o aumento da temperatura é um dos efeitos da poluição térmica de lagos e rios. O efeito é particularmente sério em lagos profundos porque água morna é menos densa que água fria e tende a ficar na superfície impedindo a dissolução de oxigênio nas camadas mais profundas sufocando e levando a morte toda a vida aquática dependente de oxigênio. Para as águas de um rio na temperatura de 10 °C, 19 °C e 35 °C temos que a concentração de oxigênio dissolvido é de 11,3 mg L⁻¹; 9,0 mg L⁻¹ e 7,0 mg L⁻¹, respectivamente.

As membranas em sistemas biológicos e substâncias sintéticas como o celofane, são semipermeáveis. Quando em contato com uma solução eles permitem que determinadas moléculas passem através de seus poros bloqueando moléculas e íons maiores do soluto. Colocando a membrana entre duas soluções de diferentes concentrações as moléculas do solvente movimentam-se em ambos os sentidos pela membrana. Entretanto, a concentração do solvente é maior na solução contendo menos soluto, logo a taxa na qual o solvente passa da solução menos concentrada para a mais concentrada é maior que a taxa no sentido oposto. Esse processo onde há um movimento das moléculas de solvente da solução menos concentrada para a mais concentrada é chamado de osmose. A osmose tem papel importante nos seres vivos. Colocando uma célula em um meio com concentração salina superior à do interior celular (solução hipertônica) a água se move para fora provocando o murchamento e morte da célula, assim como se o meio extracelular for uma solução mais diluída, ou hipotônica, que o meio intracelular o fluxo natural de solvente ocorre para o interior da célula até a equalização da pressão osmótica, provocando ruptura e morte celular por um processo chamado hemólise. Portanto, para manter a integridade das células do sangue, soluções injetadas no fluxo sanguíneo nas transfusões e alimentação intravenosa devem ser isotônicas com o sangue, o que significa dizer que devem ter a mesma pressão osmótica do sangue. A osmose também constitui a base da diálise.

O aumento da salinidade da água de um rio, provocado por despejos industriais, esgotos, pode destruir grande número de seres principalmente microscópicos. Um animal de água doce, a concentração de sal no interior das células é superior à da água e há tendência da água entrar na célula continuamente existindo também um mecanismo de expulsão sistemática do excesso de água do interior da célula. Esse equilíbrio entre a entrada e saída de água da célula é afetado quando se altera a concentração salina do meio.

A acidez da água também é outro fator que pode afetar a vida dos organismos aquáticos que são adaptados, em geral, a condições próximas da neutralidade. O pH da maior parte das águas naturais contendo organismos vivos está entre 6,5 e 8,5. Para níveis de pH abaixo de 4,0, todos os vertebrados, a maioria dos invertebrados e muitos microorganismos são destruídos. A fonte primária da acidez natural das águas é o $\text{CO}_2(\text{g})$ que reage com a água para formar ácido carbônico (H_2CO_3) e a de alcalinidade natural é o carbonato, proveniente de rochas. A causa provável de variações de acidez e alcalinidade natural é a poluição industrial.

Como verificado no item II.4 as moléculas da superfície da água estão sujeitas a uma atração unilateral, pois a atração pelas moléculas do líquido que estão abaixo é muito maior que a atração pelas moléculas de ar. As moléculas da película superficial são mais coesas entre si

originando o fenômeno da tensão superficial. A vida de grande número de seres aquáticos depende dessa película. Os detergentes quando adicionados a água formam uma película superficial reduzindo a força de coesão entre as moléculas de água diminuindo a tensão superficial da mesma. As moléculas de água passam a ter maior poder de difusão ou penetração, e penetram melhor nos tecidos das roupas e solubilizam óleos e gorduras. Os besouros aquáticos perdem suas bolhas de ar e os patos mergulham perecendo afogados. Os detergentes, também, aumentam a permeabilidade da membrana celular, fazendo com que as células mais expostas à água, como as brânquias dos peixes, percam muitos dos seus constituintes essenciais, por dissolução no meio levando a morte dos mesmos.

A química da parte sólida da Terra

Após o estudo da Hidrosfera começamos a abordagem sobre a Litosfera, que em termos ambientais está ligada tanto ao ar quanto à água.

A Terra pode ser dividida em atmosfera, hidrosfera e litosfera, vamos estudar cada uma das partes separadas, mas lembrando-se que tudo está envolvido, pois como discutimos antes a química ambiental é dinâmica.

Considerando a Terra temos o núcleo, o manto e crosta terrestre. A crosta terrestre, por sua vez pode ser dividida em três camadas: rocha matriz, subsolo e solo. Do ponto de vista ambiental concentraremos a atenção somente no solo e aspectos relevantes da sua manutenção para a sobrevivência humana.

4.1 - O solo

O solo é uma mistura de matéria orgânica oriundas de restos de animais e vegetais, seres vivos e seus detritos em decomposição, fragmentos de rocha partículas minerais água e ar em diversas proporções variadas, dependendo do local onde retiramos a amostra.

Para a floresta é importante, pois contribui com a formação de um planeta verde, para a agricultura é importante, pois através dele obtemos o nosso alimento. Este também funciona como um filtro para a água e dá suporte para o crescimento de plantas, tornando-se assim um dos principais determinantes da composição da atmosfera do clima da Terra. É o ponto de partida para extração de diversos minerais, pois é a partir dele que encontramos inúmeras jazidas. Também é o principal local para depósito e descarte de resíduos sólidos.

A densidade do solo reflete o conteúdo de minerais, de matéria orgânica, água e ar da sua composição.. A matéria orgânica atua como agente de cimentação e desempenha um papel muito importante no desenvolvimento da estrutura do solo. Estrutura é um termo usado para descrever a maneira pela qual as partículas individuais são agregadas para formar unidades maiores

Em qualquer determinado volume de solo mineral, existe uma proporção aproximadamente igual de sólidos e poros

A composição química do solo não é nada homogênea Em termos médios de ordem de grandeza, os componentes do solo estão na seguinte proporção:

~ 45% de elementos minerais;

~ 25% de ar;

~ 25% de água;

~ 5% de matéria orgânica.

Essa proporção de cada um dos componentes varia de um solo para outro e mesmo em determinado local pode ocorrer variação sazonais como em períodos de maior ou menor precipitação de chuva.

A partir da composição média do solo podemos afirmar que o solo é constituído por 3 fases:

- **Fase sólida:** formado de substâncias provenientes de animais mortos, e de produtos da degradação biológica feita por fungos e bactérias e predominantemente oriundas de rochas desagregadas por ações físicas ou químicas no local ou trazidas pelo ar ou água
- **Fase líquida:** A parte líquida é proveniente principalmente por água oriunda de precipitações como chuvas, sereno, neblina, orvalho e degelo, etc. Nessa fase estão presentes substâncias das fases sólida e gasosa. A água do solo pode conter inúmeros materiais orgânicos e inorgânicos. Esta se infiltra, preenchendo os espaços existentes entre as partículas do solo. A quantidade de água absorvida depende da permeabilidade do solo.
- **Fase Gasosa:** A parte gasosa é proveniente do ar existente na superfície e apresenta os mesmos componentes presentes no ar atmosférico com proporções diferentes devido

à decomposição de matéria orgânica e as reações ocorridas no solo, em biodegradação aeróbia, por exemplo, predomina o dióxido de carbono (CO_2), em biodegradação anaeróbia predomina outros gases como o metano (CH_4)

Exemplo: Trabalhando com a presença de água e ar no solo e com a densidade do solo. Uma amostra de solo em forma de cilindro, de 5 cm de diâmetro e 8 cm de altura, contém 257 g de massa fresca de solo. Após a secagem do solo a 110°C , a massa obtida foi de 196 g. Calcular

- (i) o teor de água gravimétrico do solo,
- (ii) o volume de água contido no solo,
- (iii) a densidade do solo, antes e depois da secagem,
- (iv) a porcentagem de espaço poroso,
- (v) a porcentagem de poros preenchidos com a água, e
- (vi) a porcentagem de espaço poroso preenchido de ar.

Densidade da água: $1,0 \text{ g/cm}^3$ ou 1 g/mL

Densidade média das partículas no solo: $2,6 \text{ g/cm}^3$ ou $2,6 \text{ g/mL}$

Volume da amostra de solo:

Diâmetro = 5 cm raio (r) = 2,5 cm

Altura da amostra (h) = 8 cm

Volume da amostra cilíndrica = área da base circular x altura = $\pi \cdot r^2 \cdot h = 3,14 \cdot (2,5)^2 \cdot 8 = 157 \text{ cm}^3$ ou 157 mL

(i) o teor de água gravimétrico do solo:

$$[(257 - 196 \text{ g}) / 257 \text{ g}] \cdot 100 = 24\%$$

(ii) o volume de água no solo conteúdo:

$$(257 - 196 \text{ g}) / (1,0 \text{ g/mL} \cdot 157 \text{ mL}) \cdot 100 = 39\%$$

(iii) densidade do solo:

$$257 \text{ g} / 157 \text{ mL} = 1,63 \text{ g/mL} \quad \text{solo úmido}$$

$$196 \text{ g} / 157 \text{ mL} = 1,25 \text{ g/mL} \quad \text{solo seco}$$

(iv) a porcentagem de espaço poroso:

Da densidade de partículas do solo, o volume de partículas na amostra de solo:

$$196 \text{ g} / 2,6 \text{ g/mL} = 75,4 \text{ mL}$$

$$\text{Portanto: } [(157 \text{ mL} - 75,4 \text{ mL}) / 157 \text{ mL}] \cdot 100 = 52\%$$

(v) a porcentagem de poros preenchidos com a água: 39%

(vi) a porcentagem de espaço poroso preenchido de ar:

$$52\% - 39\% = 13\%$$

Considerando os dados acima, qual é a massa de solo em uma área de 1 ha e uma profundidade de 20 cm?

1 ha = 10.000 m², portanto, volume de solo a 20 cm:

$$10.000 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \text{ m} = 2000 \text{ m}^3$$

$$\text{Densidade do solo } 1,63 \text{ g/cm}^3 = 1,63 \text{ kg/m}^3$$

$$2000 \text{ m}^3 \cdot 1,63 \text{ kg/m}^3 = 3260 \text{ kg de solo úmido ou}$$

$$2000 \text{ m}^3 \cdot 1,25 \text{ kg/m}^3 = 2500 \text{ kg de solo seco.}$$

4.2 - Formação do solo

O solo é formado a partir dos três grupos de rochas e também a partir de depósitos deixados por geleiras ou outras formas de transporte de matéria para locais como vales, encostas ou áreas mais baixas de montanhas e serras.

Ao conjunto de processos que proporcionam a degradação e também decomposição das rochas dá-se o nome de Intemperismo. A formação dos solos é resultado da ação combinada de cinco fatores, que determinam as transformações de minerais e produtos orgânicos nesse processo, são eles:

Clima

Em geral as variáveis climáticas mais importantes são as precipitações pluviométricas, que condiciona uma maior disponibilidade de água, facilitando a solubilização e remoção dos constituintes solúveis do solo e facilitando as reações químicas, a temperatura que afeta diretamente a cinética das reações, o vento que aumenta o processo de evaporação e também auxilia no transporte de material de um ponto a outro, e etc.

Relevo

Influencia de forma indireta o intemperismo dos minerais, pois condiciona a formação do solo em função do tipo de paisagem. Dependendo do local pode haver maior quantidade de água infiltrada no solo e aumentando a lixiviação da parte solúvel, pode provocar um maior escoamento da água e aumento da erosão com exposição de novas superfícies. A altitude tem uma influencia direta na presença de matéria orgânica na composição, quanto mais alto menor a quantidade de matéria orgânica.

Material de origem

É o material a partir do qual o solo começa a se formar, ou seja, é o ponto inicial. Nesse estado inicial ele pode ser constituído por material de origem orgânica como produtos de decomposição de restos vegetais e animais e origina solos orgânicos, e pode ser constituído de material de origem mineral como rochas e sedimentos.

Organismos

São os mais diversos e podem ser exemplificados como a vegetação, micro-organismos decompositores, animais, entre outros, ou seja, a flora e a fauna do solo. Estes organismos podem provocar diversos tipos de reações para o seu desenvolvimento, como reações de oxidação de ferro II a ferro III que estão presentes em diversos minerais. Mesmo depois da formação, o sistema entra em equilíbrio e a ação desses organismos é contínua.

Tempo

É a duração da ação dos processos de formação.

4.3 - Tipos de rochas:

As rochas são formadas por dois ou mais minerais agrupados. Um mineral pode ser definido como uma substância inorgânica de composição química bem definida e que toma parte na composição das rochas, são conhecidos aproximadamente 2000 tipos de minerais. As rochas que podem originar os solos são classificadas de acordo com a sua formação:

Rochas Ígneas ou magmáticas:

Procedentes da solidificação do magma expelido por vulcões e podem ser subdivididas em dois tipos: intrusivas e extrusivas. As Rochas magmáticas intrusivas são a formadas por solidificação do magma em grandes profundidades, como por exemplo, o granito. As rochas magmáticas extrusivas são formadas pela solidificação do magma na superfície, como por exemplo, o basalto.

Rochas Sedimentares:

Procedem da acumulação, compactação e sedimentação de materiais que derivam de outras rochas existentes ou de materiais orgânicos assim como da precipitação de substâncias dissolvidas. São a maioria das rochas da superfície dos continentes. Podem ser divididas em três tipos: Clásticas (ou detríticas), orgânicas e químicas. A rochas sedimentares clásticas são formadas a partir de detritos de outras rochas antigas, como o arenito. Rochas sedimentares orgânicas são formadas por restos de animais e vegetais mortos, como o calcário. Rochas sedimentares químicas são formadas quando os sedimentos de rocha dispersos ou dissolvidos em água atingem a saturação, são exemplos calcita e dolomita.

Rochas Metamórficas:

Procedentes da transformação de outras rochas por efeito de alterações na sua estrutura em decorrência das modificações a que estão sujeitas como aumento da temperatura e da pressão, como o mármore.

4.4 - Intemperismo

O ambiente ou as condições em que a maioria das rochas são formadas é muito diferente do ambiente ou das condições encontradas na superfície do planeta. A maior parte das rochas são formadas em ambientes com elevadas temperatura e pressão, sob ausência de luz, da presença de organismos, entre outros. Quando estas rochas são expostas na superfície do planeta,

encontram condições como temperaturas e pressões menores e com grande variação ao longo do ciclo dia e noite e das estações do ano, encontram a presença de uma grande variedade de organismos, variação de umidade, presença de luz, e etc. O conjunto destes fatores que leva à degradação e decomposição das rochas é denominado de **INTEMPÉRIES**, e sua ação é chamada intemperismo.

Os processos de degradação e decomposição das rochas estão relacionados com dois fatores o primeiro e a natureza da rocha ou o tipo de rocha e a segunda são as condições do ambiente. Podemos dividir o intemperismo em físico e químico. Na natureza os processos ocorrem juntos e simultaneamente sendo impossível separar o intemperismo físico do intemperismo químico.

Intemperismo Físico

O intemperismo físico é o conjunto de processos que levam a fragmentação da rocha, sem modificação significativa da sua estrutura química. Estas fragmentações podem ocorrer por vários processos, como citados abaixo:

a) Variação de temperatura: as rochas são compostas por diversos minerais que possuem coeficientes de dilatação e contração térmica diferentes, ou seja, estes minerais se dilatam e contraem de maneira diferente. Quando vários minerais estão presentes e unidos em uma única massa da rocha e são submetidos à variações de temperatura, cada mineral irá se dilatar e contrair e em intensidades e direções diferentes. Este fenômeno cria tensões no corpo da rocha, o que ocasiona as fraturas.

b) Gelo: a água acumulada em fendas nas rochas ocupam um determinado volume, com o abaixamento da temperatura e a formação de gelo este volume aumenta, pois o gelo tem uma densidade menor que a água líquida e conseqüentemente leva a fratura das rochas.

c) Precipitação de sais: ocorre de maneira semelhante ao acúmulo de água, a água acumulada nas fendas das rochas contem sais dissolvidos, com a evaporação da água há um aumento na concentração de sais, quando estes começam a cristalizar ocorre a fratura da rocha.

d) Crescimento de raízes: é exemplo típico desta força os danos causados pelas raízes de algumas árvores ao calçamento em várias cidades e locais. As espécies pioneiras arbustivas e arbóreas com o crescimento das raízes exercem grandes pressões sobre as rochas, principalmente com o crescimento das raízes entre as fendas.

Todos os processos físicos fragmentam as rochas e com isso a um aumento de Área Superficial Específica, esse fenômeno é a **maior** contribuição do intemperismo físico a partir dessa etapa ocorre o intemperismo químico.

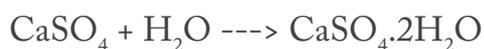
Intemperismo Químico

O intemperismo químico é o conjunto de reações que levam à modificação da estrutura dos minerais que compõem a rocha. O intemperismo químico aumenta com o aumento do intemperismo físico, devido ao aumento de área superficial dos minerais.

Assim como o intemperismo físico, o intemperismo químico ocorre porque o ambiente ou as condições na superfície da crosta são muito diferentes daquelas nas quais as rochas se formaram. O intemperismo químico ocorre a uma velocidade muito lenta do ponto de vista humano. As principais reações são:

a) Hidratação:

É o primeiro passo para o intemperismo químico. Essa reação com a água ocorre sem mudança na estrutura cristalina do mineral, mas é importante, pois é o primeiro passo para iniciar o processo de hidrólise. Um exemplo de reação é



(anidrita) (gipsita)

b) Hidrólise:

Com a autoionização da água e formação de H^+ e OH^- ocorre uma reação com os minerais, rompendo ligações e alterando a sua estrutura. Como o H^+ substitui o metal na estrutura esta alteração pode fragmentar a rocha. É uma reação muito importante para silicatos e carbonatos e a intensidade dessa reação é usada como indicador do grau de intemperismo sofrido pelo solo. Esse tipo de reação é intensificado com a chuva ácida. Um exemplo de reação é mostrado abaixo:



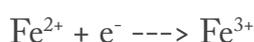
Ortoclásio

Caulinita

ácido silícico

c) Oxidação e redução:

È uma reação em que ocorre o processo de transferência de elétrons, e o íon ou espécie receptora de elétrons é reduzida e a espécie doadora de elétron é oxidada. Esse processo é importante em solos que possuem principalmente Ferro e Manganês e no processo de fixação do Nitrogênio. Com o descarte de resíduos em solos, outros elementos podem se tornar importantes, como por exemplo, o Crômio. O exemplo disso é a oxidação do íon ferroso (Fe^{2+}) para íon férrico (Fe^{3+}) na biotita ou mica ferro, que é um silicato hidratado de alumínio, ferro e magnésio podendo conter ainda manganês e titânio e com formula geral $(\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{OH},\text{F})_2(\text{Al},\text{Fe})\text{Si}_3\text{O}_{10})$.



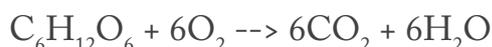
O mineral contém Fe^{2+} como um dos constituintes na estrutura cristalina mineral, o qual é o principal responsável pela coloração escura, com a oxidação a Fe^{3+} forma-se $\text{Fe}(\text{OH})_3$, esse mineral com o intemperismo dá origem a argila.

As reações de Nitrificação e desnitrificação também são exemplos de reações de oxidação e redução e são realizadas por micro-organismos presentes do solo.

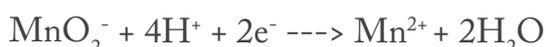
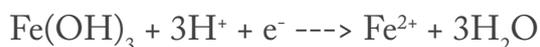


Micro-organismos

Nesse exemplo o O_2 é reduzido e forma a água. E em última instância há a formação de CO_2 e H_2O



Na ausência de O_2 , outras substâncias podem ser oxidadas ou reduzidas.



Com outras substâncias como aceptores de elétrons a reação de oxidação é incompleta e vários compostos orgânicos podem ser produzidos, como metano e ácido acético.

d) Complexação:

Complexação se refere a ligação entre um íon metálico e um composto orgânico. A ligação do composto orgânico ao metal ocorre pontos específicos quando esta molécula possui pares de elétrons a serem usados na ligação. Normalmente em reações de complexação a estabilidade do composto é maior quando forma-se um anel, de 5 ou 6 membros, a este tipo de composto dá-se o nome de quelato. Os compostos orgânicos que resultam do metabolismo anaeróbico são as moléculas mais comuns a formarem os quelatos, favorecendo a saída da de metais no ambiente.

Em muitos casos a quelação contribui substancialmente para o intemperismo químico, pois este tipo de reação pode aumentar a solubilidade do metal. A solubilidade do alumínio e do ferro presentes em silicatos em forma não complexada é pequena, mas aumenta consideravelmente a sua solubilidade devido à formação de complexos. Como exemplo, temos a reação com o íon oxalato como abaixo:



4.5 - Composição do solo

A partir da formação o material sólido que faz parte do solo é muito diversificado e pode ser dividido em duas classes: material orgânico e material inorgânico.

Material inorgânico:

O material inorgânico é constituído de: partículas coloidais, provenientes da erosão das rochas são compostas de minerais de argila. Minerais: Os principais são silicatos e quartzo. Óxidos, principalmente óxidos de ferro e em menor grau óxidos de magnésio, titânio, alumínio e zinco. Carbonatos: principalmente carbonato cálcio.

Material orgânico:

O material orgânico consiste de uma mistura de biomassa, plantas parcialmente degradadas, organismos microscópicos e húmus. O húmus é o resíduo causado pela ação de fungos e bactérias em plantas e é composta de uma fração solúvel e uma fração insolúvel, a humina. O húmus desempenha um papel importante nos processos físicos e químicos que ocorrem

no solo. Possui cor escura e partículas pequenas e é fofo, arejado e permeável água bem como retém grande parte desta. Responsável pela fertilidade do solo, fornecendo vários nutrientes para o desenvolvimento das plantas.

Material sólido que compões o solo:

Considerando todos os processos de formação e todos os principais componentes pode-se afirmar que o solo é formado basicamente por 4 componentes o húmus, a argila, a areia e calcário, em quantidades muito variáveis.

Exemplo: Determinando o teor de carbono proveniente da matéria orgânica no solo. O conteúdo de carbono orgânico do solo pode ser medido pela oxidação com uma solução ácida de dicromato.

Princípio do método:



O excesso de dicromato é medido por titulação com uma solução de sulfato ferroso.



Na determinação do carbono orgânico, uma amostra de solo fresco de 0,200 g foi tratada com um volume de 20,0 mL de uma solução de dicromato em meio de ácido sulfúrico de concentração 0,167 mol/L. O excesso de dicromato foi determinado por titulação volumétrica com uma solução de sulfato ferroso de concentração 0,500 mol/L. Uma solução em branco foi usada como controle para determinar a perda de dicromato por decomposição térmica. Os volumes obtidos foram 17,5 mL para amostra de solo e 39,0 mL para o branco. Qual o teor de carbono nessa amostra de solo?

Considerando a reação temos:



$$6.M1.V1 \quad = \quad 1.M2.V2$$

Da titulação do branco temos:

Volume da solução de dicromato = 20 mL

Volume de solução de Ferro (II) consumido = 39,0 mL

Concentração inicial da solução de dicromato = 0,167 mol/L

Concentração inicial da solução de Ferro (II) = 0,500 mol/L

Calculando a concentração da solução de dicromato que irá reagir:

$$6 \cdot M_1 \cdot 20,0 \text{ mL} = 1 \cdot 39,0 \text{ mL} \cdot 0,500 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0,163 \text{ mol/L}$$

Nessa reação foram consumidos por decomposição térmica

$$[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]_{\text{decomposta}} = 0,0045 \text{ mol/L}$$

Da titulação do excesso de dicromato temos:

Volume da solução de dicromato = 20 mL

Volume de solução de Ferro (II) consumido = 17,5 mL

Concentração da solução de dicromato = 0,163 mol/L

Concentração inicial da solução de Ferro (II) = 0,500 mol/L

Calculando a concentração da solução de dicromato que não reagiu:

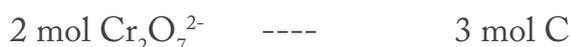
$$6 \cdot M_1 \cdot 20,0 \text{ mL} = 1 \cdot 17,5 \text{ mL} \cdot 0,500 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0,0729 \text{ mol/L}$$

Nessa reação foram consumidos pela carbono da matéria orgânica

$$[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]_{\text{decomposta}} = 0,0901 \text{ mol/L}$$

Considerando a reação temos:



$$3 \cdot M_1 \cdot V_1 \quad = \quad 2 \cdot n \text{ (quantidade de matéria)}$$

Da titulação da solução de solo:

Volume da solução de dicromato = 20 mL

Concentração da solução de dicromato que reagiu = 0,0901 mol/L

Massa inicial de amostra de solo = 0,20 g

Massa molar do carbono = 12,011 g/mol

Calculando a massa de carbono que reage com a solução de dicromato:

$$3 \cdot 0,0901 \text{ mol/L} \cdot 20,0 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 2 \cdot m \cdot (1/12,011 \text{ g/mol})$$

$$\text{Massa de carbono} = 0,0325 \text{ g}$$

Calculando o teor de carbono presente na amostra

$$(0,0325 \text{ g de C} / 0,20 \text{ g de amostra}) \cdot 100\% = 16,2 \%$$

16,2% de carbono presente no solo

Tipos de Solos

O solo recebe o nome do componente que se apresenta em maior proporção. Segundo esse critério podemos classificar os solos em vários tipos.

- a) **Solos argilosos:** São solos que possuem mais de 30% de sua composição em argila, são úmidos e muito bem compactados, não permitindo o transporte de calor, ar e água. Quando estão secos pode-se observar a formação de inúmeras rachaduras na sua superfície. Poucas plantas se desenvolvem adequadamente neste tipo de solo.
- b) **Solos Arenosos:** São os solos que contém em sua composição mais de 70% em areia, são solos muito secos, pois a areia retém pouca umidade, e possuem pouca vegetação.
- c) **Solos Calcários:** São solos que possuem em sua composição mais de 30 % de calcário. Este tipo de solo é mais permeável à água do que os solos argilosos, mas são solos secos e também possuem pouca vegetação.

d) **Solos Humíferos:** Possuem em sua composição mais de 10 % de húmus. O húmus é responsável pela retenção de água da chuva e sais minerais, que são essenciais ao crescimento de diversas plantas. São solos úmidos e muito férteis.

e) **Solos mistos:** A composição dos solos é sempre uma mistura de argila, areia, calcário e húmus, a maioria dos solos se enquadra nessa categoria, a composição adequada desses quatro constituintes resulta em um solo adequado ao uso agrícola.

Perfil do Solo

Na distribuição dos materiais por determinada área para formação do solo o terreno vai evoluindo e as alterações da superfície do solo começam a se tornar cada vez mais profunda e destacam-se sucessivos extratos de cor, textura e estrutura diferente, chamado de horizontes. Todos estes horizontes constituem o perfil do solo e geralmente são identificados por letras, de acordo com suas características. Nem sempre todos estão presentes e são facilmente identificáveis.

Quando o solo atinge está evoluído esses horizontes se apresentam de forma mais evidente e são identificáveis em maior número.

As principais características que um solo pode conter são as seguintes:

Horizonte O – Restos orgânicos com matéria orgânica fresca (O1) ou em decomposição (O2). Em condições de má drenagem é denominado horizonte H.

Horizonte A – Resultante do acúmulo de material orgânico misturado com material mineral. Geralmente apresenta coloração mais escura, devido ao material orgânico humificado.

Horizonte B – Caracterizado pelo acúmulo de argila, ferro, alumínio e pouca matéria orgânica. É denominado de horizonte de acúmulo ou iluvial. O conjunto de horizontes A e B caracterizam a parte do solo que sofre a influência das plantas e animais.

Horizonte C – Camada de material não-consolidado, com pouca influência de organismos, geralmente apresentando composição química, física e mineralógica similar a do material em que se desenvolve o solo.

Rocha (R) – Rocha inalterada, que poderá ser, ou não, a rocha matriz a partir da qual o solo se desenvolveu.

Características do solo

As características do solo podem ser físicas e químicas e são dependentes da composição e da origem do solo, as mais importantes são. cor, textura, agregação, porosidade, capacidade de troca iônica e pH.

a) **Cor:** Os solos possuem uma vasta gama de cores. Na superfície dos horizontes do solo, uma coloração escura normalmente indica a presença de matéria orgânica. Solos com conteúdo de material orgânico significativo apresentam-se com cor marrom escuro ou preto. As cores mais comuns dos solos estão entre o vermelho ao amarelo, obtendo essa coloração de minerais de óxido de ferro que cobrem as partículas do solo.

b) **Textura:** A textura ou granulometria depende do conteúdo dos três principais componentes, argila, silte e areia, e refere-se à proporção entre eles ou a proporção entre os diferentes tamanhos de partículas. A textura é a percentagem relativa de cada tamanho de partícula dentro do solo. É a propriedade física do solo que menos sofre alteração ao longo do tempo.

c) **Estado de Agregação:** As partículas individuais da terra tendem a se unir formando unidades maiores chamadas agregados ou solo agrupado. Os agregados ocorrem como resultado de forças químicas e a matéria orgânica presente no solo age como um fixador das partículas que se unem. Solos agrupados variam de tamanho muito fino – menos que 1mm – para muito grosso – mais do que 10 mm.

d) **Porosidade:** O solo é composto de poros de vários tamanhos e espessura. A porosidade do solo é definida pelo tamanho, número, e arranjo dos poros o que afeta muito o movimento de água e a troca de gases. Os Solos mais agregados possuem muitos poros que são importantes para os organismos que vivem no solo e requerem água e oxigênio para sobreviver. A porosidade influencia nas condições de mobilidade dos compostos solúveis e voláteis, que podem ser nutrientes e contaminantes. Por exemplo, em períodos chuvosos existe uma maior penetração e mobilidade da água por entre o solo.

e) **Conteúdo Iônico:** No solo existem diversos tipos de materiais que contêm íons metálicos em sua composição. Estes íons podem ser trocados e essa característica é dada como o número de íons de um determinado metal contido em uma determinada quantidade de solo e que é passível de trocar. Estas trocas iônicas são de importância vital, pois somente assim os íons metálicos podem ser absorvidos pelas plantas para

seu desenvolvimento. Assim, a capacidade de troca catiônica de um solo é uma medida importante da sua fertilidade.

f) **pH:** Outra medida química importante é o pH do solo que depende da acidez ou alcalinidade do solo. O pH do solo irá frequentemente determinar se certas plantas podem crescer com sucesso

4.6 - pH do solo e potencial redox

A acidez do solo ou pH do solo é uma medida da concentração de íons H^+ presente na solução do solo e é um dos indicadores da fertilidade. A faixa de pH que os nutrientes ficam mais disponíveis às plantas e ideal para a agricultura está na faixa entre 5,5 e 6,5.

A acidez do solo acontece durante o processo de decomposição de matéria orgânica quando ocorre a formação de ácidos orgânicos e inorgânicos. A acidez do solo surge quando ocorre o contato de ácidos presentes no solo com a água: Ácidos inorgânicos fortes como ácido sulfúrico e ácido nítrico são alguns dos ácidos que fornecem íons H^+ ao solo.

A acidez do solo pode ser dividida em acidez ativa e acidez potencial que pode ser acidez trocável e acidez não trocável.

a) - Acidez ativa é resultado do H^+ ionizado e encontrado em solução de solo (água + solo).

b) - A acidez trocável refere-se aos íons H^+ e Al^{3+} que foram detidos na superfície dos colóides pelas forças eletrostáticas, sendo que é a mais prejudicial para o crescimento de grande parte das plantas

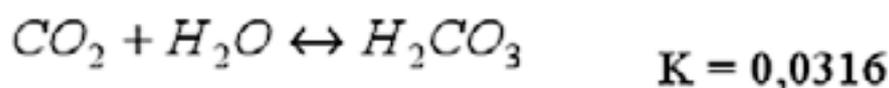
c) - Na acidez não trocável, o H^+ está em ligação covalente com as frações minerais e orgânicas do solo, difícil de ser rompida.

d) - A acidez potencial é o somatório da acidez trocável e da não trocável.

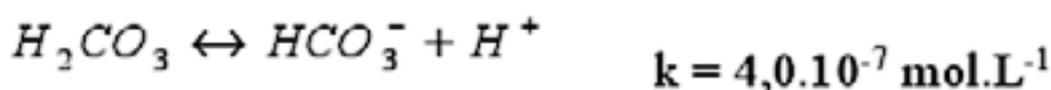
O ácido mais simples, encontrado em maior abundância, é o ácido carbônico que resulta da combinação do óxido carbônico com a água. Mesmo como ácido, por ser um ácido fraco não pode ser responsabilizado pelos baixos valores de pH do solo.

Exemplo - calculando o pH do solo

O dióxido de carbono se dissolve na água formando o ácido carbônico que é um ácido fraco. Esse ácido carbônico pode ionizar e produzir os íons hidrogênio e bicarbonato. Considerando a quantidade de dióxido de carbono presente na atmosfera (0,000316 atm), calcule o pH do solo.



$$[H_2CO_3] / pCO_2 = 0,0316 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$$



$$\frac{[HCO_3^-][H^+]}{[H_2CO_3]} = 4,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

Considerando $[HCO_3^-] = [H^+] = [x]$

$$[x]^2 = 4,0 \cdot 10^{-7} \cdot [H_2CO_3] = 4,0 \cdot 10^{-7} \cdot 3,16 \cdot 10^{-2} \cdot pCO_2$$

pCO_2 na atmosfera 0,00316 atm

$$[x]^2 = 4,0 \cdot 10^{-7} \cdot [H_2CO_3] = 4,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1} \cdot 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot 3,16 \cdot 10^{-4} \cdot \text{atm}^{-1}$$

$$[x] = [H^+] = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH = 5,7$$

30

Considerando a atmosfera do solo, qual o valor do pH se a pressão parcial do dióxido de carbono for 10 vezes maior do que a da atmosfera?

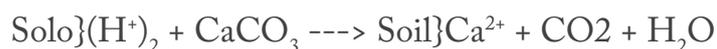
$$[x]^2 = 4,0 \cdot 10^{-7} \cdot [H_2CO_3] = 4,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1} \cdot 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot 3,16 \cdot 10^{-3} \cdot \text{atm}^{-1}$$

$$[x] = [H^+] = 6,32 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

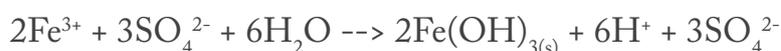
$$pH = 5,2$$

Ajuste da acidez do solo

Para o crescimento de plantas o pH necessário está próximo da neutralidade, mas se o solo se torna mais ácido, este deve ser corrigido para que a maior parte das plantas tenham um melhor crescimento, pois é próximo da neutralidade que a planta absorve melhor os diversos nutrientes, a correção pode ser realizada com a utilização de carbonato de cálcio.



Em áreas de baixa precipitação pluviométrica os solos podem se tornar mais básico (alcalino) devido à presença de sais básicos, como Na_2CO_3 . Solos alcalinos podem ser tratados com alumínio ou sulfato de ferro, que nas reações de hidrólise liberam ácido:



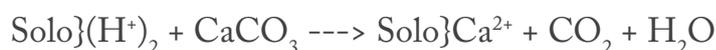
Enxofre também pode ser adicionado ao solo alcalino, este é oxidado por bactérias com a formação de ácido sulfúrico:



Grandes quantidades de enxofre são removidas de combustíveis fósseis para evitar a poluição do ar por dióxido de enxofre e pode ser usado para fazer o tratamento de solos alcalinos o que é economicamente vantajoso.

Exemplo – Tampão e calagem do solo

Para elevar o pH de 5 g do solo para 6,5 foi necessário 4,0 mL de uma solução 0,005 mol/L de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Qual a quantidade de carbonato de cálcio necessário para corrigir o pH de 1 ha (massa de solo de 2500 kg/ha)? (Massa molar $\text{CaCO}_3 = 100 \text{ g/mol}$).



4,0 mL de solução 0,005 mol/L resulta em 0,02 mmol de Ca^{2+}

para 5 g de solo são gastos 0,02 mmol de Ca^{2+} ou CaCO_3

ou 0,004 mmol CaCO_3 / g de solo

convertendo para massa

$$0,004 \text{ mmol } \text{CaCO}_3 = 0,4 \text{ g } \text{CaCO}_3$$

0,4 g CaCO₃ / g de solo

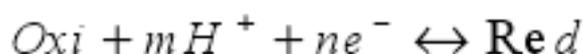
como existem 2.500 kg/ha

0,4 g CaCO₃/g de solo . 2.500.000g de solo = 1.000.000 g CaCO₃

ou 1000 kg CaCO₃

Potencial Redox

Potencial redox é a medida do estado de oxidação-redução de um solo, e é determinado por reações redox que envolve a transferência de elétrons de uma espécie química para outra. Uma reação redox de forma geral pode ser escrita como



onde 'Oxi' e 'Red' são as espécies oxidada e reduzida, respectivamente.

Note também que os íons H estão envolvidos na reação, e assim o pH afeta o potencial redox.

O potencial envolvido é uma consequência da relação entre a espécie oxidada e a espécie reduzida e é expresso pela equação de Nernst

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Red}]}{[\text{Oxi}]}$$

onde

E = potencial em volts

E⁰ = potencial padrão do eletrodo

R = constante universal dos gases (8,314 J/mol.K)

T = temperatura absoluta em K

n = o número de elétrons envolvidos na reação

F = constante de Faraday 96487 C/mol (a carga quando 1 mol de [Oxi] é reduzida).

Considerando a temperatura de 25°C (298 K), os valores das constantes R e F e a conversão de logaritmo natural para \log_{10} , a equação torna-se

$$E = E^0 - \frac{0,0591}{n} \log \frac{[Red]}{[Oxi]}$$

Potencial redox é medido utilizando um eletrodo de platina inerte, que mede o potencial elétrico (E_H) do solo, quando em contato com este ou como uma suspensão do solo. Esse potencial é medido em relação a um eletrodo de referência com um potencial conhecido, como o eletrodo de calomelano (E_{CAL}), que possui potencial de 0,248 V a 25°C. Este potencial deve ser adicionado ao valor medido

$$E_H = E_{CAL} + 0,248 \text{ V}$$

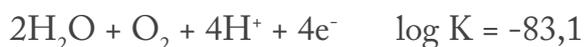
E_H é medido no pH da amostra, mas pode ser corrigido para pH 7, também pode ser expressa como pe, que é o logaritmo negativo da atividade do elétron (análogo ao pH). Este tipo de abordagem considera o elétron como um reagente ou como um produto da reação. A relação entre os dois é dada por:

$$E_H \text{ (em volts)} = 0,0591 \text{ pe}$$

Exemplo – Calculando os limites de potencial para uma reação no solo.

Os limites de potencial redox para um sistema aquoso é determinado pela oxidação e redução da água

Oxidação da água



$$\log K = \log p\text{O}_2 + 4\log\text{H}^+ + 4\log e^-$$

$$-83,1 = \log p\text{O}_2 + 4\log\text{H}^+ + 4\log e^-$$

$$83,1 = -\log p\text{O}_2 + 4\text{pH} + 4\text{pe}$$

Para $p\text{O}_2 = 1\text{atm}$; $\log p\text{O}_2 = 0$

$$83,1 = 4\text{pH} + 4\text{pe}$$

$$pe = 20,8 - pH$$

$$E_H = 0,0591 \cdot pe = 0,81 \text{ V}$$

Redução da água



$$pK = \log p_{H_2} - 2pH - 2pe$$

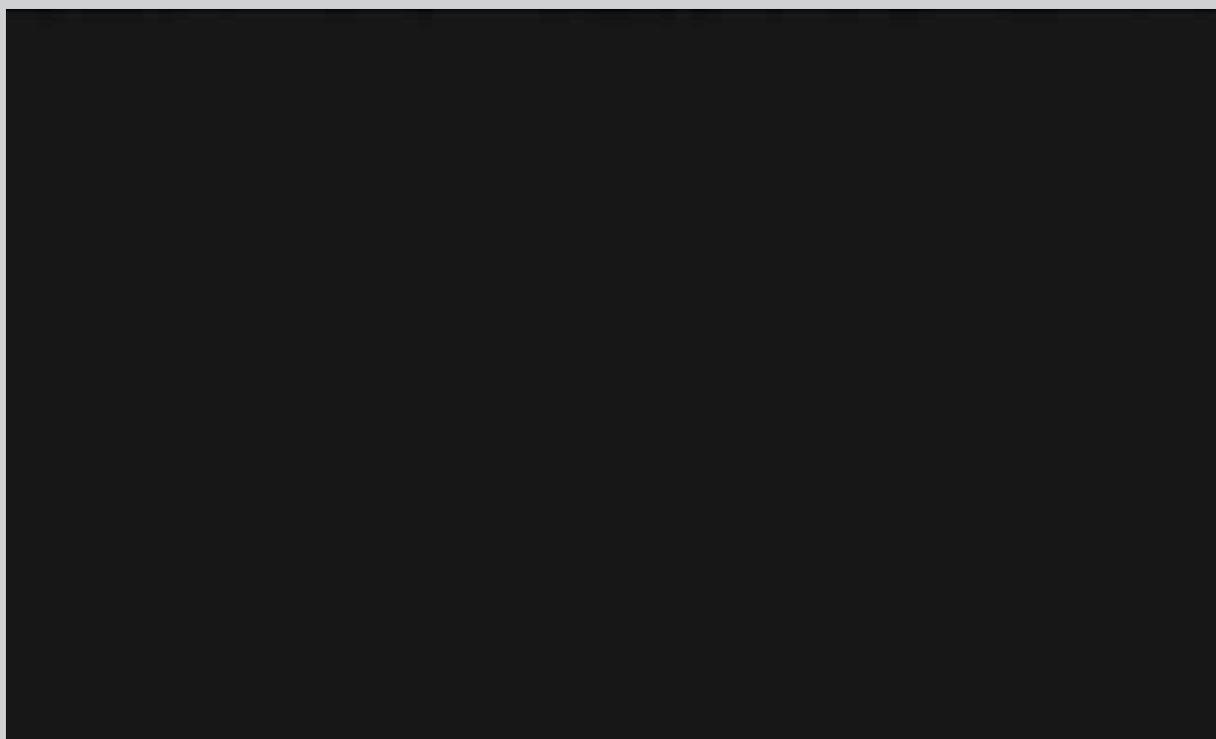
Para $p_{H_2} = 1 \text{ atm}$; $\log p_{H_2} = 0$

$$pe = -pH$$

$$E_H = 0,0591 \cdot pe = -0,41 \text{ V}$$

No pH 7, os valores teóricos limites para o solo é +0,81 V para oxidação e -0,41 V para redução. Na prática o solo não contém 1 atm de pressão de oxigênio ou hidrogênio

Ficha da Disciplina:
A Química da Biosfera



Iêda Aparecida Pastre



Rosebelly Nunes Marques



Estrutura da Disciplina

Semana	Temas
1/ago a 7/ago	Resumo Introdução 1. Atmosfera - Importância da Qualidade do Ar para a Manutenção da Vida no Planeta
8/ago a 14/ago	2. A Hidrosfera - “Água” que Líquido é Esse? Por Que Devemos Cuidar?
15/ago a 21/ago	3. Poluição das Águas 4. Litosfera: A Química da Parte Sólida da Terra
22/ago a 28/ago	5. Poluentes do Solo
29/ago a 4/set	6. Relevância da Química para uma Sociedade Sustentável

Pró-Reitora de Pós-graduação

Marilza Vieira Cunha Rudge

Equipe Coordenadora

Elisa Tomoe Moriya Schlünzen

Coordenadora Pedagógica

Ana Maria Martins da Costa Santos

Cláudio José de França e Silva

Rogério Luiz Buccelli

Coordenadores dos Cursos

Arte: Rejane Galvão Coutinho (IA/Unesp)

Filosofia: Lúcio Lourenço Prado (FFC/Marília)

Geografia: Raul Borges Guimarães (FCT/Presidente Prudente)

Antônio Cezar Leal (FCT/Presidente Prudente) - *sub-coordenador*

Inglês: Mariangela Braga Norte (FFC/Marília)

Química: Olga Maria Mascarenhas de Faria Oliveira (IQ Araraquara)

Equipe Técnica - Sistema de Controle Acadêmico

Ari Araldo Xavier de Camargo

Valentim Aparecido Paris

Rosemar Rosa de Carvalho Brena

Secretaria/Administração

Márcio Antônio Teixeira de Carvalho

NEaD – Núcleo de Educação a Distância

(equipe Redefor)

Klaus Schlünzen Junior

Coordenador Geral

Tecnologia e Infraestrutura

Pierre Archag Iskenderian

Coordenador de Grupo

André Luís Rodrigues Ferreira

Guilherme de Andrade Lemeszenski

Marcos Roberto Greiner

Pedro Cássio Bissetti

Rodolfo Mac Kay Martinez Parente

Produção, veiculação e Gestão de material

Elisandra André Maranhe

João Castro Barbosa de Souza

Lia Tiemi Hiratomi

Lilium Lungarezi de Oliveira

Marcos Leonel de Souza

Pamela Gouveia

Rafael Canoletti

Valter Rodrigues da Silva