

Apostila de QAM ***Química Ambiental*** ***Água***

Curso Técnico em Química

ETEC Lauro Gomes

Prof^a. Maria Lucia O. Machado (Malu)



PENSAMENTO

“NO QUE SE REFERE AO SUCESSO, AS PESSOAS NÃO SÃO MEDIDAS POR CENTÍMETROS OU QUILOS, PELOS DIPLOMAS ESCOLARES QUE POSSUEM OU PELA LINHAGEM; SÃO AVALIADAS PELO TAMANHO DE SEUS PENSAMENTOS, QUE DETERMINAM O TAMANHO DE SUAS REALIZAÇÕES”.

Franceschini, Válter; Os Caminhos do Sucesso, Editora Scortecci, 1999.

CIÊNCIA E TECNOLOGIA

No ano de 1854, o presidente dos Estados Unidos fez a uma tribo indígena a proposta de comprar grande parte de suas terras, oferecendo, em contrapartida, a concessão de uma outra "reserva". O texto da resposta do Chefe Seattle tem sido considerado, através dos tempos, um dos mais belos e profundos pronunciamentos já feitos a respeito da defesa do meio ambiente.

VIVEMOS NUM ENORME AQUÁRIO

“O nosso planeta é indivisível. Na América do Norte, respiramos oxigênio gerado na floresta tropical brasileira. A chuva ácida das indústrias poluentes no meio-oeste norte-americano destrói florestas canadenses. A radioatividade de um acidente nuclear na Ucrânia compromete a economia e a cultura na Lapônia. A queima de carvão na China aquece a Argentina. Os clorofluorocarbonetos liberados por um ar-condicionado na Terra-Nova ajudam a causar câncer de pele na Nova Zelândia. Doenças se espalham rapidamente até os pontos mais remotos do planeta e requerem um trabalho médico global para serem erradicadas. E, sem dúvida, a guerra nuclear e um impacto de um asteróide representam um perigo para todo o mundo”.

Bilhões e Bilhões – Reflexões sobre Vida e Morte Na Virada do Milênio, Carl Sagan, Ed. Schwarcz, 1997.

NECESSIDADE DE BARREIRAS SANITÁRIAS:
DENGUE – SARS – DOENÇA DA VACA LOUCA – CÓLERA

ÁGUA DOS DINOSSAUROS: 113 BILHÕES DE M³ DE ÁGUA EVAPORANDO, CONDENSANDO, PRECIPITANDO, FILTRANDO NO SOLO HÁ PELO MENOS 10 MIL ANOS (PROCESSO BIOGEOQUÍMICO).

6 BILHÕES DE HABITANTES: 1KG/DIA DE LIXO = 6.000.000 TONELADAS/DIA

EM APENAS 35 ANOS A POPULAÇÃO NA TERRA SALTOU DE 2,5 PARA MAIS DE 5,5 BILHÕES DE HABITANTES.

SOLO, AR (GASES), MINERAIS, MATÉRIA ORGÂNICA: LEI DE LAVOISIER

A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS É SUFICIENTE PARA TODOS ?

SE O SALÁRIO MÍNIMO FOSSE DE R\$ 700,00 HAVERIA ALIMENTO SUFICIENTE PARA TODOS ?

“O QUE É MAIS IMPORTANTE, A SOBREVIVÊNCIA DOS ATUAIS HABITANTES DO NOSSO PLANETA OU A CONSERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DO QUAL A PRODUÇÃO FUTURA DE ALIMENTOS E A VIDA HUMANA DEPENDEM?”.

A ciência é a busca pelo entendimento do mundo natural enquanto tecnologia é o controle do mundo natural em benefício do ser humano. A ciência freqüentemente leva a descobertas tecnológicas da mesma forma que novas tecnologias levam a novas descobertas científicas. A ciência está limitada a tecnologia disponível.

EXEMPLOS

Fórmula I (pneus, combustíveis, freios); Programa Espacial (revestimentos térmicos, fraldas descartáveis, satélites, alimentos, novos materiais); Pesquisa Nuclear (medicina, energia); Crises energéticas (álcool, motores bicombustíveis; energia solar-aquecedores / baterias); Bioengenharia (projeto Genoma; mapeamento doenças); Computação (internet, medicina).

TECNOSFERA: O AMBIENTE ARTIFICIAL

Para sobreviver a doenças e intempéries, o homem teve que desenvolver métodos e técnicas, amoldando o meio ambiente a novas condições e necessidades humanas. Aparecem substâncias contra as pragas da lavoura, que passaram a pertencer ao ambiente. Assim como surgiram métodos e substâncias para a preservação dos alimentos por tempo ilimitado e que se incorporaram ao nosso ecossistema.

Todos esses recursos artificiais utilizados pelo homem foram se tornando indispensáveis e constituem o que chamamos de tecnologia. O ambiente inteiramente artificial resultante da tecnologia recebe a denominação de tecnosfera.

ECOLOGIA = estudo das relações entre organismos e o meio

Quando Lavoisier enunciou o princípio de que "na natureza nada se cria e nada se perde, tudo se transforma", estava falando em ecologia. E é fácil perceber que o cientista estava certo em sua análise do ser vivo e suas atividades básicas.

QUESTÕES

1. A FLORESTA AMAZÔNICA DEVE SER EXPLORADA?
2. QUAIS AS CONSEQÜÊNCIAS DE UMA EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA DOS RECURSOS DA FLORESTA AMAZÔNICA?
3. A CAÇA ÀS BALEIAS DEVE CONTINUAR?
4. OS PROJETOS ESPACIAIS DEVEM CONTINUAR?
5. AS FÁBRICAS DE CIGARROS DEVEM SER FECHADAS?
6. OS LIXÔES DEVEM SER FECHADOS?
7. A INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS É SOLUÇÃO OU PROBLEMA?
8. A PERFURAÇÃO DE POÇOS É ALTERNATIVA PARA ENFRENTAR A FALTA DE ÁGUA?
9. DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO É UMA FALÁCIA?
10. AGRICULTURA ORGÂNICA É FACTÍVEL?
11. OS OCEANOS E MARES CONSTITUEM UMA FONTE INESGOTÁVEL DE ALIMENTO?
12. OS OCEANOS E MARES CONSTITUEM UMA ALTERNATIVA PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA?
13. A QUÍMICA É RESPONSÁVEL PELOS ATUAIS NÍVEIS DE POLUIÇÃO?

Questionário baseado no filme “Uma verdade Inconveniente”

- 1) Quais são os gases que causam o efeito estufa? Onde eles são gerados?
- 2) O que é o efeito estufa?
- 3) Qual é a relação entre chuva ácida e efeito estufa?
- 4) O que é inversão térmica?
- 5) Como se explica a teoria que diz que através do aquecimento global poderíamos chegar a uma nova era glacial?
- 6) Como se explica o fenômeno do volume de CO₂ aumentar e diminuir durante o ano?
- 7) O que acontece quando a temperatura da água dos oceanos aumenta?
- 8) O que acontece quando o sol bate no gelo? E na água do mar?
- 9) O que são correntes marítimas?
- 10) Qual é a água mais densa, a fria ou a quente?
- 11) O que acontece quando a água doce das geleiras derrete e cai no mar?
- 12) Como o aquecimento global afeta o equilíbrio ecológico?
- 13) Qual é a relação do surgimento de novas doenças como a gripe do frango com o aquecimento global?
- 14) Qual é a diferença entre gelo flutuante e gelo de superfície? Qual é o mais perigoso?
- 15) Podemos culpar o avanço tecnológico pelo aquecimento global?
- 16) O que pode ocorrer quando os rios sofrem desvio do seu curso?
- 17) Como podemos evitar o aquecimento global no dia a dia ?
- 18) Quais são os interesses econômicos “escusos” no combate do aquecimento global?
- 19) O que é um carro híbrido?
- 20) Cite alguns tipos de “energias verdes”.
- 21) Faça uma breve análise sobre o filme. Comente quais são os objetivos de Al Gore nele.

Questionário Apresentação sobre a água.

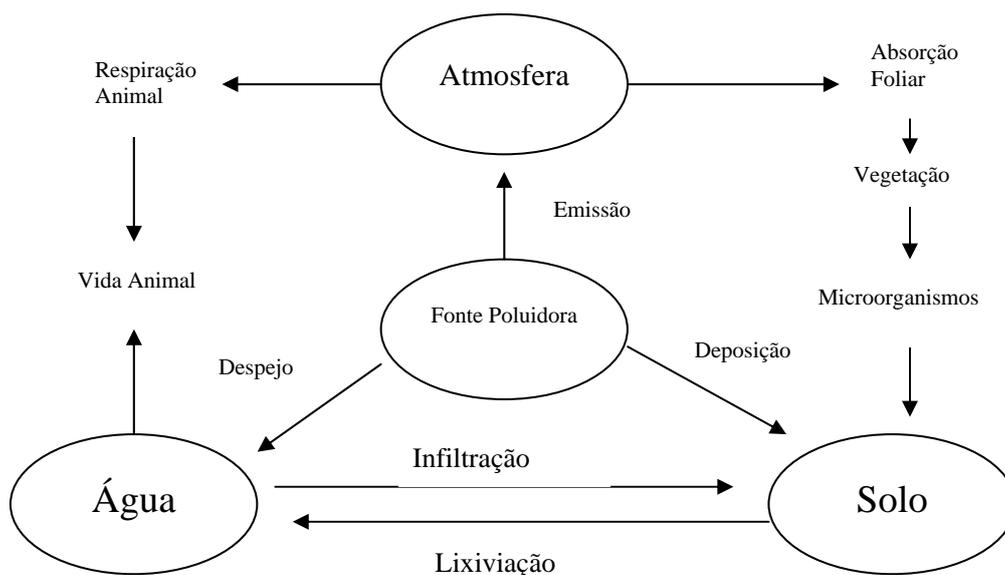
- 1) Por legislação quais são os tipos de poluição existentes?
- 2) Quais os tipos de poluição da água?
- 3) Preencha a tabela:

<i>Poluição</i>	<i>Causa (O que gera)</i>	<i>Efeito (Consequências)</i>
Térmica		
Sedimentar		
Biológica		
Despejo de Substâncias		

- 4) O que é eutrofização ?
- 5) O que são os NPK's? Onde são encontrados?
- 6) Quais são os efeitos do derramamento de petróleo na água?
- 7) Quais são os efeitos da deposição de metais pesados na água?
- 8) Como são os danos causados por acidentes ligados ao derramamento de petróleo e derivados?
- 9) Defina:
 - a) Fitoplancton
 - b) Mutagênico
 - c) Cancerígeno

- d) Teratogênico
- e) COS (dê exemplos)
- f) SNC
- g) Estratosfera
- h) Troposfera
- 10) O que é poluente?
- 11) O ozônio é poluente? Explique
- 12) Qual tratamento pode ser dado a água para eliminar microorganismos patogênicos?
- 13) Quais são as novas tecnologias para tratamento da água?

PROPAGAÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO NO MEIO FÍSICO E NA BIOTA



ANÁLISE DA ÁGUA

As técnicas e, principalmente, o equipamento empregados nas pesquisas hidrobiológicas variam conforme a finalidade do estudo que está sendo realizado, as características ambientais do rio ou lago considerado e, sobretudo, com os recursos disponíveis para a realização do trabalho. Estudos limnológicos com finalidade técnica ou científica requerem, geralmente, aparelhos de grande complexidade e alta precisão. Para trabalhos em áreas reduzidas e análises de rotina, ou quando não se dispõe de grandes recursos financeiros, pode-se empregar equipamento mais modesto, aumentando o número de dados em poucos pontos de coleta, obtendo-se, dessa forma, uma precisão razoável de resultados, com um mínimo de despesas de material e operação.

A obtenção de informações integradas sobre um reservatório depende basicamente do estudo das interações que ocorrem entre os fatores bióticos e abióticos que regem o funcionamento desse ecossistema. Porém, não se pode esquecer que estas interações estão vinculadas a uma escala temporal, refletindo um comportamento dinâmico e imprevisível, intrínseco a cada ambiente. Dessa forma, cabe ao pesquisador promover um levantamento prévio das características ambientais da área a ser estudada, a fim de definir o melhor ponto, horário e época para a realização dos trabalhos.



PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

Variáveis Climatológicas

Os aspectos climatológicos de uma região influencia diretamente o corpo d'água, provocando sensíveis alterações no seu metabolismo. Num período de maior precipitação pode ocorrer um aumento na turbidez em função do grande aporte de material que é carregado pelas chuvas para o corpo d'água em questão. O vento por sua vez pode provocar uma mistura na água, ocasionando uma ressuspensão de nutrientes das partes mais profundas.



As variáveis climatológicas podem ser obtidas através de aparelhos como o pluviômetro (precipitação), termômetro, anemômetro (vento) e luxímetro ou actinógrafo (radiação solar). Uma solução prática na falta deste material é a obtenção dos dados numa estação climatológica próxima ao local de estudo.

Variáveis Hidrológicas



Radiação Solar Subaquática

Da radiação que atinge a superfície da água, parte penetra e parte é refletida, voltando para a atmosfera. A quantidade de radiação refletida depende das condições da superfície da água (plana ou ondulada) e principalmente do ângulo de incidência da radiação sobre esta.

Ao penetrar na coluna d'água, a radiação é submetida a profundas alterações, tanto na sua intensidade quanto na sua qualidade espectral. Estas alterações dependem de vários fatores: quantidade de material dissolvido e quantidade de material em suspensão. A primeira alteração sofrida é a mudança de direção devido à refração provocada pela redução da velocidade ao penetrar no meio líquido. Em seguida, parte da radiação é absorvida e transformada em outras formas de energia, por exemplo, química pela fotossíntese e calorífica pelo aquecimento da água. Outra parte da radiação sofre dispersão devido ao "choque" com partículas suspensas ou dissolvidas na água. Assim, a absorção e a dispersão são os dois fatores principais, responsáveis pela atenuação da radiação com a profundidade nos ecossistemas aquáticos.

A determinação da radiação solar (na superfície e subaquática) pode ser feita através de um aparelho denominado "Quanta-Meter".

Zona Eufótica e Transparência da Água

A transparência da coluna d'água pode variar desde alguns centímetros até dezenas de metros. Essa região da coluna d'água é denominada zona eufótica e sua extensão depende, principalmente, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática. O limite inferior da zona eufótica é geralmente assumido como sendo aquela profundidade onde a intensidade da radiação corresponde a 1% da que atinge a superfície.

Do ponto de vista óptico, a transparência da água pode ser considerada o oposto da turbidez. Sua avaliação de maneira mais simples é feita através de um disco branco de 20 a 30 cm de diâmetro, denominado disco de Secchi. A medida é obtida mergulhando-se o disco branco no lado da sombra do barco, através de uma corda marcada. A profundidade de desaparecimento do disco de Secchi corresponde àquela profundidade **na qual a radiação** refletida

do disco não é mais sensível ao olho humano. A profundidade obtida em metros é denominada transparência de disco de Secchi.

Temperatura da Água

Nos ecossistemas aquáticos continentais, a quase totalidade da propagação do calor ocorre por transporte de massa d'água, sendo a eficiência deste em função da ausência ou presença de camadas de diferentes densidades.

Em lagos que apresentam temperaturas uniformes em toda a coluna, a propagação do calor através de toda a massa líquida pode ocorrer de maneira bastante eficiente, uma vez que a densidade da água nessas condições é praticamente igual em todas as profundidades, sendo o vento o agente fornecedor da energia indispensável para a mistura das massas d'água.

Por outro lado, quando as diferenças de temperatura geram camadas d'água com diferentes densidades, que em si já formam uma barreira física, impedindo que se misturem, e se a energia do vento não for suficiente para misturá-las, o calor não se distribui uniformemente, criando a condição de estabilidade térmica. Quando ocorre este fenômeno, o ecossistema aquático está estratificado termicamente. Os estratos formados freqüentemente estão diferenciados física, química e biologicamente.

Para as medidas de temperatura, podem ser utilizados termômetros simples de mercúrio ou aparelhos mais sofisticados como o "Termistor", que pode registrar diretamente a temperatura das várias profundidades na coluna d'água. Estas medidas devem ser realizadas no próprio local de coleta.

Oxigênio dissolvido

A determinação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica.

Do ponto de vista ecológico, o oxigênio dissolvido é uma variável extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. Geralmente o oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos resíduos industriais, no vinhoto, e outros. Os resíduos orgânicos despejados nos corpos d'água são decompostos por microorganismos que se utilizam do oxigênio na respiração. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microorganismos decompositores e, conseqüentemente, maior o consumo de oxigênio. A morte de peixes em rios poluídos se deve, portanto, à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas.

A determinação do oxigênio dissolvido na água pode ser feita através do método "Winkler" ou eletrométrico.

pH e alcalinidade

O termo pH (potencial hidrogeniônico) é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons de hidrogênio nessa solução. A escala de pH é constituída de uma série de números variando de 0 a 14, os quais denotam vários graus de acidez ou alcalinidade. Valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto valores de 7 a 14 indicam aumento da basicidade.

As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água. Às águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9. As vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre. Em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou até mais. Isso porque as algas, ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais. A determinação do pH é feita através do método eletrométrico, utilizando-se para isso um peagômetro digital.

A alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar (tamponar) ácidos a ele adicionados. Esta capacidade depende de alguns compostos, principalmente bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. A alcalinidade é determinada através da titulação.

Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos. O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc.

A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais frequentes são o H^+ e o OH^- .

A determinação da condutividade pode ser feita através do método eletrométrico, utilizando-se para isso um condutivímetro digital.

Demanda Biológica do Oxigênio (DBO) e Demanda Química do Oxigênio (DQO)

A expressão Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), utilizada para exprimir o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente, corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microorganismos do esgoto ou águas poluídas, na oxidação biológica, quando mantida a uma dada temperatura por um espaço de tempo convencional. Essa demanda pode ser suficientemente grande, para consumir todo o oxigênio dissolvido da água, o que condiciona a morte de todos os organismos aeróbios de respiração subaquática.

O teste de Demanda Química de Oxigênio (DQO) baseia-se no fato de que todos os compostos orgânicos, com poucas exceções, podem ser oxidados pela ação de um agente oxidante forte em meio ácido. Uma das limitações entretanto é o fato de que o teste não diferencia matéria orgânica biodegradável e matéria orgânica não biodegradável, a primeira determinada pelo teste de DBO. A vantagem é o tempo de teste, realizado em poucas horas, enquanto o teste de DBO requer no mínimo 5 dias (período de incubação).

Material em Suspensão

Como o próprio nome já diz, o material em suspensão é o material particulado não dissolvido, encontrado suspenso no corpo d'água, composto por substâncias inorgânicas e orgânicas, incluindo-se aí os organismos planctônicos (fito e zooplâncton). Sua principal influência é na diminuição na transparência da água, impedindo a penetração da luz.

Os valores para o material em suspensão podem ser obtidos através da filtragem da água com a utilização de filtros especiais e posterior análise espectrofotométrica.

Compostos de Nitrogênio e Fósforo

As águas naturais, em geral, contêm nitratos em solução e, além disso, principalmente tratando-se de águas que recebem esgotos, podem conter quantidades variáveis de compostos mais complexos, ou menos oxidados, tais como: compostos orgânicos quaternários, amônia e nitritos. Em geral, a presença destes denuncia a existência de poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água, graças principalmente à presença de bactérias nitrificantes. Por essa razão, constituem um importante índice da presença de despejos orgânicos recentes.

Os compostos de fósforo são um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos organismos aquáticos e a sua economia, em uma massa d'água, é de importância fundamental no controle ecológico das algas. Despejos orgânicos, especialmente esgotos domésticos, bem como alguns tipos de despejos industriais, podem enriquecer as águas com esse elemento.

PARÂMETROS BIOLÓGICOS

Coliformes

O rio é habitado, normalmente, por muitos tipos de bactérias, assim como por várias espécies de algas e de peixes. Essas bactérias são importantíssimas porque, alimentando-se de matérias orgânicas, são elas que consomem toda a carga poluidora que lhe é lançada, sendo assim as principais responsáveis pela auto-depuração, ou seja, limpeza do rio.

Porém, quando o rio recebe esgotos, ele passa a conter outros tipos de bactérias que não são da água e que podem ou não causar doenças às pessoas que beberem dessa água. Um grupo importante, dentre elas, é o grupo das bactérias coliformes.

Bactérias coliformes não causam doenças. Elas, ao contrário, vivem no interior do intestino de todos nós, auxiliando a nossa digestão. É claro que nossas fezes contém um número astronômico dessas bactérias: cerca de 200 bilhões de coliformes são eliminados por cada um de nós, todos os dias. Isso tem uma grande importância para a avaliação da qualidade da água dos rios: suas águas recebem esgotos, fatalmente receberão coliformes.

A presença das bactérias coliformes na água de um rio significa, pois, que esse rio recebeu matérias fecais, ou esgotos. Por outro lado, são as fezes das pessoas doentes que transportam, para as águas ou para o solo, os micróbios causadores de doenças. Assim, se a água recebe fezes, ela pode muito bem estar recebendo micróbios patogênicos. Por isso, a presença de coliformes na água indica a presença de fezes e, portanto, a possível presença de seres patogênicos.

Comunidade planctônica

O conjunto de alterações que ocorrem num reservatório, ao longo de uma escala temporal variada, desencadeiam diferentes respostas por parte da comunidade planctônica, que podem ser utilizadas como parâmetros em estudos limnológicos. A utilização da comunidade fitoplanctônica como bioindicadora de um ecossistema aquático se fundamenta na avaliação da base de uma cadeia alimentar, na qual os efeitos oriundos das alterações ambientais serão refletidos em todos os seus componentes e, conseqüentemente, no bioma como um todo. Mudanças na dinâmica da comunidade fitoplanctônica são reflexos das alterações físicas, químicas e/ou biológicas que ocorrem num corpo d'água.

QUESTIONÁRIO 1

- 1) O que é turbidez?
- 2) O que é precipitação?
- 3) Como a chuva influencia na qualidade da água?
- 4) Como o vento influencia na qualidade da água?
- 5) O que é zona eufótica?
- 6) Como é medida a transparência da água?
- 7) O que acontece com a radiação solar absorvida pela água?
- 8) O que propaga o calor na água?
- 9) O que é água estratificada?
- 10) A quantidade de oxigênio dissolvido na água representa o que?
- 11) O que é pH?
- 12) O que é pOH?
- 13) Qual é o pH das águas superficiais?
- 14) O que faz com que o pH das águas superficiais seja alcalino?
- 15) O que faz com que o pH das águas superficiais seja ácido?

- 16) Quais substâncias agem como tampões na água?
- 17) A condutividade elétrica da água pode indicar o que?
- 18) O que é DBO?
- 19) O que é DQO?
- 20) O que é material em suspensão? O que eles causam na água?
- 21) Quando existe compostos a base de nitrogênio dissolvidos na água, é uma evidência do que? Como eles são eliminados?
- 22) Quem é responsável pela autodepuração de um rio?
- 23) O que é emissão?
- 24) O que é infiltração?
- 25) O que é lixiviação?
- 26) O que é deposição?
- 27) O que é despejo?

Poluentes e seus efeitos

CÁLCIO NA ÁGUA

A expressão “água dura” é usada para qualificar a água rica em íons como cálcio (Ca^{+2}) e Magnésio (Mg^{+2}). A presença desses íons pode ser explicada pelo contato, nos lençóis subterrâneos, como substâncias como o carbonato de cálcio presente no calcário, ou com uma mistura de carbonatos de cálcio e de magnésio presente no mineral dolomita.

Há dois tipos de dureza: a dureza temporária, que é decorrente da presença de carbonatos e bicarbonatos e pode ser eliminada por fervura simples da água, e dureza permanente, consequência da presença de cloretos, nitratos e sulfatos, que não PE eliminada por simples fervura. À união dessas duas propriedades dá-se o nome de “dureza geral” ou “dureza total” da água.

A dureza da água é na maioria das vezes medida em partes por milhão (PPM) de carbonato de cálcio (CaCO_3). Quanto maior a concentração de carbonato de cálcio, mais dura é a água. No Brasil, estabelece-se o limite máximo de 500mg de CaCO_3/L para a água ser classificada como potável.

Os tipos de água podem ser classificados quanto à dureza de acordo com os parâmetros apresentados na seguinte tabela:

Concentração de CaCO_3 (ppm em massa x volume)	Classificação quanto à dureza
0 – 70 ppm	Mole
70 – 135 ppm	Mole (branda)
135 – 200 ppm	Média dureza
200 – 350 ppm	Dura
Mais de 350 ppm	Muito dura

Nos combates a incêndios, irrigação de jardins e lavagem de ruas, pequenas alterações de dureza na água não chegam a causar problemas. Porém, para os demais usos domésticos ou industriais a água dura pode causar alguns inconvenientes. O principal é a formação de incrustações nas tubulações de água devido ao acúmulo de calcificações.

Uma maneira simples de identificar a dureza da água é o teste da espuma. Se o sabão ou sabonete, pasta de dentes, xampu ou outro tipo de cosmético fizerem muita espuma na água é porque ela é mole. Caso contrário, a água é dura. Por isso, para o uso em atividades como tomar banho, lavar louças e roupas, fazer a barba, lavar o carro e muitos outros empregos, a água dura não é tão eficiente como a mole. Calcula-se que 10 mg/L de CaCO_3 provocam o desperdício de 190 gramas de sabão puro, por cada metro cúbico de água.

Alguns produtos químicos presentes na água dura, tais como os carbonatos, porém, são inibidores de corrosão, e podem prevenir danos em canalizações ou contaminações por produtos de corrosão potencialmente tóxicos.

Os métodos mais comumente empregados para a determinação de cálcio são o titulométrico do EDTA, o titulométrico do permanganato e o espectrofotométrico da absorção atômica. Métodos instrumentais em geral são os mais indicados porque não requerem separações trabalhosas.

FERRO NA ÁGUA

É um elemento persistentemente presente em quase todas as águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3mg/L. Suas fontes são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios. Em

virtude de afinidades geoquímicas quase sempre é acompanhado pelo Manganês. O ferro no estado ferroso (Fe^{2+}) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o Fe^{2+} passa a Fe^{3+} dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Desta forma, águas com alto conteúdo de Fe, ao saírem do poço são incolores, mas ao entrarem em contato com o oxigênio do ar ficam amareladas, o que lhes confere uma aparência nada agradável. Apesar do organismo humano necessitar de até 19mg de ferro por dia, os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse os 0,3mg/L. Este limite é estabelecido em função de problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água e do sabor ruim que o ferro lhe confere. O ferro, assim como o manganês, ao se oxidarem se precipitam sobre as louças sanitárias, azulejos, roupas, manchando-as. Águas ferruginosas são aeradas antes da filtração para eliminar o ferro. Outra forma de evitar os inconvenientes da precipitação de sais deste elemento químico é usar substâncias complexantes, à base de fosfato, que encapsulam as moléculas dos sais de Fe e Mn, formando compostos estáveis, não oxidáveis nem através de forte cloração, e desta forma mantendo-as permanentemente em solução.

O inconveniente deste processo é que ele não elimina o ferro e o manganês presentes na água, e ainda adiciona mais produto químico (fosfatos) à mesma. Estas substâncias complexantes são também usadas para evitar a precipitação de sais de Ca e Mg em águas duras, evitando as indesejáveis incrustações, e diminuindo o consumo de sabão.

A precipitação de ferro presente nas águas é a principal responsável pela perda da capacidade específica de poços profundos. Estas incrustações são produtos da atividade das ferro-bactérias. O uso de substâncias orgânicas emulsificantes e polifosfatos nos processos de perfuração e desenvolvimento dos poços criam condições para que as ferro-bactérias, naturalmente ocorrente nos aquíferos, proliferem com mais facilidade, fazendo-se necessário uma boa limpeza no processo de completação do poço.

2.DEFINIÇÕES

2.1. Ferro total

É a quantidade total de ferro presente na amostra, nas forma solúvel ou insolúvel, nos estados bivalente ou trivalente.

2.2. Ferro solúvel

É a porção de ferro presente na amostra após filtração por membrana de 0,45 μm .

2.3. Ferro ferroso

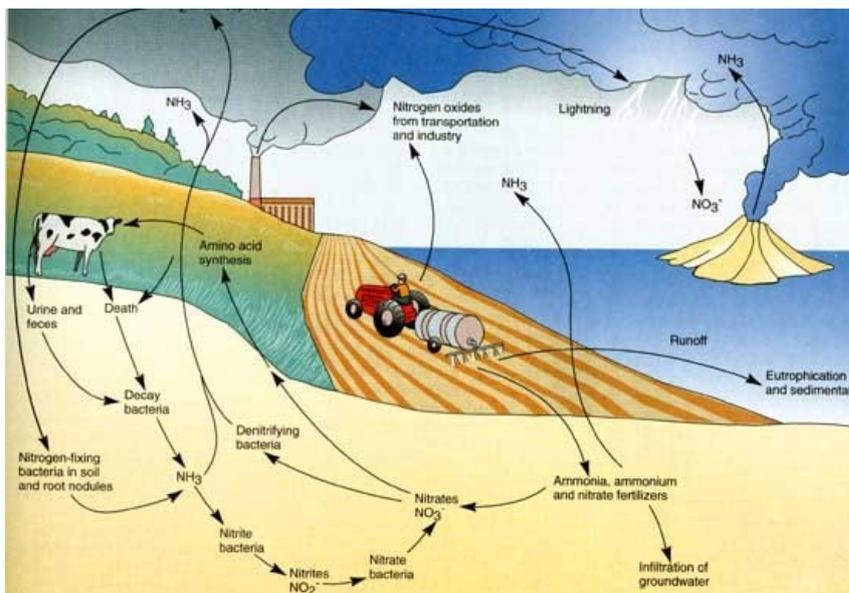
É a porção de ferro presente na amostra no estado bivalente.

2.4. Ferro férrico

É a porção de ferro presente na amostra no estado trivalente.

NITRATOS NA ÁGUA

O nitrogênio perfaz cerca de 80 por cento do ar que respiramos. Como um componente essencial das proteínas ele é encontrado nas células de todos os organismos vivos. Nitrogênio inorgânico pode existir no estado livre como gás, nitrito, nitrato e amônia. Com exceção de algumas ocorrências como sais evaporíticos, o nitrogênio e seus compostos não são encontrados nas rochas da crosta terrestre. O nitrogênio é continuamente reciclado pelas plantas e animais. Nas águas subterrâneas os nitratos ocorrem em teores em geral abaixo de 5mg/L. Nitritos e amônia são ausentes, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Pequeno teor de nitrito e amônia é sinal de poluição orgânica recente. Segundo o padrão de potabilidade da OMS, uma água não deve ter mais do que 10mg/L de NO_3^- .



Ciclo do Nitrogênio

No sistema digestivo o nitrato é transformado em nitrosaminas, que são substâncias carcinógenas. Crianças com menos de três meses de idade possuem, em seu aparelho digestivo, bactérias que reduzem o nitrato a nitrito. Este se liga muito fortemente a moléculas de hemoglobina, impedindo-as de transportarem oxigênio para as células do organismo. A deficiência em oxigênio leva a danos neurológicos permanentes, dificuldade de respiração (falta de ar) e em casos mais sérios à morte por asfixia. Aos seis meses de idade a concentração de ácido hidrocloreto aumenta no estômago, matando as bactérias reductoras de nitrato.

Pesquisa realizada pela USEPA (U. S. Environmental Protection Agency) no decorrer do ano de 1992, em todo território norte-americano, constatou que cerca de 75 000 crianças com menos de dez meses de idade estavam expostas ao consumo de água com mais de 10 mg/L de nitrato. No Brasil, não se tem idéia da extensão do problema. Aparentemente, aqui o problema está mais associado a poços poluídos por esgotos domésticos do que ao uso intensivo de fertilizante.

Das formas bioquimicamente interconvertíveis do ciclo do nitrogênio, as que têm maior interesse no estudo de águas e de águas residuárias são o nitrito, o nitrito, a amônia e o nitrogênio orgânico.

O nitrato ocorre em quantidades pequenas em águas superficiais, e pode atingir níveis elevados em águas subterrâneas. Nas águas residuárias em geral é encontrado pouco nitrato, exceção feita aos efluentes do tratamento biológico, em que se encontra até 50 mg/L de nitrato. Águas de abastecimento contendo quantidades excessivas de nitrato podem

ser causadoras de metahemoglobinemia nas crianças, por isso o limite estabelecido para nitratos neste tipo de água é de 45 mg/L sob forma de NO_3 , ou 10 mg/L sob forma de nitrogênio.

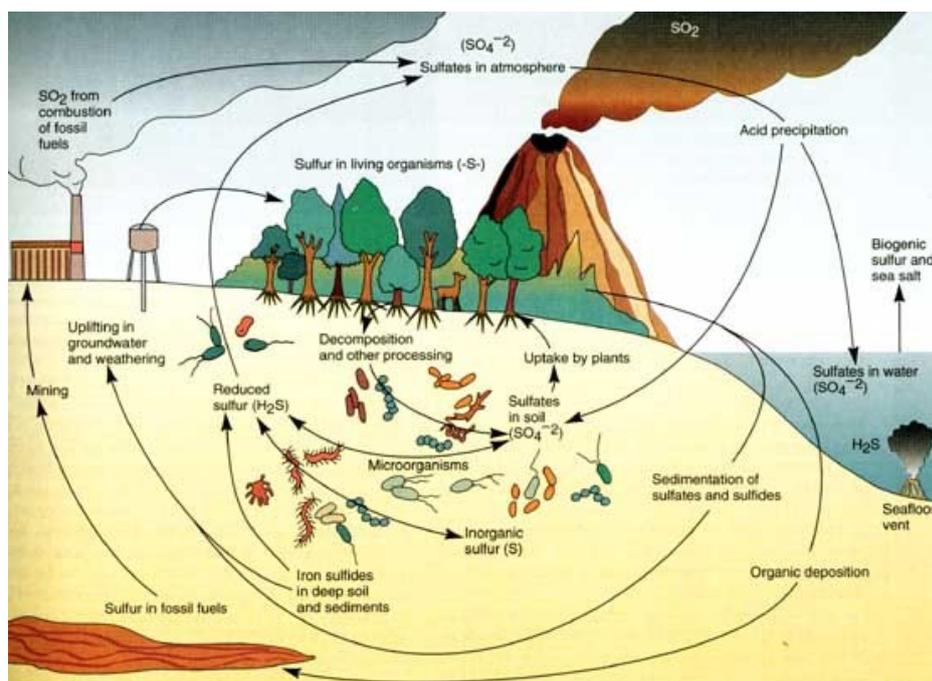
Antes do desenvolvimento das análises bacteriológicas, as determinações das várias formas de nitrogênio eram feitas para verificar a qualidade sanitária das águas, em conjunto com a determinação de cloretos. Concentrações elevadas de nitrogênio orgânico e de amônia são indicativas de poluição recente, enquanto que concentração elevada de nitrato considera-se devida à poluição mais antiga.

O conhecimento da concentração de nitratos, bem como das outras formas de nitrogênio é empregado na verificação do grau de oxidação em rios e estuários e na avaliação dos níveis de purificação obtidos em processos biológicos de tratamento.

Analiticamente os nitratos podem ser determinados pelo método do eletrodo ou por métodos espectrofotométricos, como por exemplo, o espectrofotométrico no ultravioleta, redução prévia com zinco, redução prévia com cádmio, brucina, ácido cromotrópico e ácido fenoldissulfônico. O método do eletrodo e o método espectrofotométrico no ultravioleta em geral são empregados para estimar a quantidade de nitratos e escolher o método mais adequado.

Sulfeto é encontrado em águas subterrâneas e ocorre freqüentemente em águas residuárias, oriundo de despejos industriais, da decomposição de matéria orgânica ou da redução de sulfatos. Mesmo em concentrações muito baixas já causa odores na água e no ar. É muito tóxico, ataca metais diretamente e corrói tubulações de concreto porque é oxidado biologicamente a ácido sulfúrico nas paredes das tubulações.

Os métodos mais comuns de determinação das várias formas de sulfeto são o iodométrico e o espectrofotométrico do azul de metileno



O CICLO DO ENXOFRE

Questionário 3

1) Preencha a tabela abaixo

Poluente	Origem	Conseqüências
Cálcio		
Ferro		
Nitratos		

- 2) O que é dureza da água?
- 3) Qual é o perigo da utilização de água dura nas indústrias?
- 4) Qual é a diferença entre ferro total e ferro solúvel?
- 5) Qual é a diferença entre ferroso e férrico?
- 6) O que representa a presença de Nitrogênio na água?

Prática 1 Água dura I

Materiais:

- 3 frascos de refrigerantes de 2L
- 5 tubos de ensaio com suporte
- 1 copo Becker
- 1 pinça de madeira
- 1 conta-gotas

Reagentes:

- 4 L de água destilada
- água de torneira
- cal virgem (CaO) ou qualquer sal solúvel de cálcio
- pedaço de sabão
- sabão

Experimento 1

Dissolver em um copo contendo água (de preferência destilada) até a metade, aproximadamente 1 g (uma colher de café) de cal virgem (óxido de cálcio) ou de um sal solúvel de cálcio.

Transferir para um frasco de 2 L, completar volume com água e rotular: ÁGUA DURA;

Encher outro frasco de 2 L com água destilada e rotular: ÁGUA MOLE;

Encher um terceiro frasco de 2 L com água de torneira e rotular: AMOSTRA;

Umedecer as mãos com água dura e ensaboar.

Umedecer as mãos com água de torneira e ensaboar.

Umedecer as mãos com água destilada e ensaboar.

Compare as espumas formadas.

Observar a quantidade de água gasta e comparar com o item anterior.

Como você classificaria a água que sai da torneira de sua casa (ou escola)?

Experimento 2

Enumere três tubos de ensaio;

Adicione ao tubo 1 um terço de seu volume de água destilada; ao tubo 2 o mesmo volume de solução "água dura"; e ao tubo 3 igual volume de água da torneira ("amostra");

Coloque um pedaço de sabão (aproximadamente 1 cm³) em um copo com água (100 mL) e dissolva completamente. Aqueça para dissolver e trabalhe com essa solução ainda morna ou logo após esfriar;

Adicione, gota a gota, a solução de sabão ao tubo 1 e determine quantas gotas são necessárias para produzir espuma;

Repita o procedimento para o tubo 2 e depois para o tubo 3;

Observe e explique os resultados.

Experimento 3

Coloque 3mL de "água dura" em um tubo de ensaio, mais 3mL em outro tubo, reserve-o.

Aqueça um o tubo com água dura até a ebulição. Deixe esfriar, filtre e compare com a água do tubo reservado.

Anote o que você observou.

Experimento 4

Coloque em um tubo "água dura", num outro água destilada.

Acrescente aos dois tubos 2 gotas de fenolftaleína.

Observe e conclua.

Experimento 5

Enumere 3 tubos de ensaio.

No primeiro adicione 3 mL de água destilada.

No segundo adicione 3mL de água de torneira.

No terceiro adicione 3mL de água dura.

Pinge em cada um dos tubos de ensaio 3 gotas da solução de sabão.

Agite os tubos e compare o volume de espuma formado nos três.

Questões - Água dura

Questão 1 : Como você classificaria a água de sua torneira (de sua casa ou escola)?

Questão 2 : Qual problema terá uma lavanderia situada numa região de solo rico em calcário?

Questão 3 : Como você classificaria a água de um região em que são depositadas crostas brancas nas banheiras e nas vasilhas de ferver água?

Questão 4 : Para que são utilizados o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e o Na_2CO_3

Questão 5 : Defina: a) água dura e b) água mole

Questão 6 : O que causa a dureza na água?

Questão 7 : Como a água dura pode ser abrandada?

Prática2 Água dura II

Objetivo: Verificar a propriedade de alguns sais insolúveis em provocar dureza na água, dificultando a ação de sabões e a formação de espumas.

Materiais e Reagentes:

- Solução de cloreto de sódio
- Solução de cloreto de cálcio
- Solução de cloreto de magnésio
- Solução de nitrato de potássio
- Solução de sulfato de sódio
- Solução de sulfato ferroso
- Solução de sulfato de magnésio
- Água destilada
- Solução de sabão ou sabonete, feita com 1 g de sabão em 100 mL de água
- Tubos de ensaio

Procedimento:

- 1) Colocar em cada um dos tubos de ensaio cerca de 2 mL da solução de sabão.
- 2) Numerar os tubos de 1 a 7.
- 3) Adicionar em cada tubo 1mL das soluções citadas acima.
- 4) Agitar cada tubo até dissolver bem as amostras de cada tubo.
- 5) Verificar se há ou não formação permanente de espuma.
- 6) Determinar quais sais e íons são responsáveis pela não formação de espuma.

SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

1 - Mananciais, Captações e Aduções

Mananciais: São fontes de onde se tira o suprimento de água, que pode ser, por exemplo, um rio, um lago, uma nascente ou um poço.

Os mananciais podem ser agrupados da seguinte maneiras:

- a) Águas meteóricas ou atmosféricas: chuva e neve;
- b) Águas superficiais: rios, córregos, lagos, represas, mares, etc;
- c) Águas subterrâneas: poço artesiano e poço freático.

Na escolha de um manancial para abastecimento de uma cidade deve ser considerado tanto a disponibilidade (quantidade) como a qualidade.

Captações: É o conjunto de estruturas e equipamentos construídos ou montados junto a um manancial para tomada de água destinada ao Sistema de Abastecimento. As obras de captação devem ser projetadas e construídas de forma que em qualquer época do ano, sejam observadas condições de fácil entrada de água. A captação pode ser por gravidade, isto é, sem utilização de bombas ou por recalque, com a utilização de bombas.

Aduções: É a parte do sistema constituída de tubulação, sem derivação, que liga a captação ao tratamento, ou o tratamento ao reservatório de distribuição. Pode ser por gravidade, por recalque ou mista.

2 - Tratamento

A finalidade do tratamento de água é remover impurezas existentes na água, bem como eliminar microorganismos que causam mal à saúde, tornando-a própria ao consumo humano.

O sistema de tratamento denominado clássico é constituído das seguintes fases:

a) Medidor de vazão: Serve para sabermos a quantidade de água que está entrando na estação para tratamento.

b) Mistura rápida: onde se efetua a adição e homogeneização dos coagulantes (produtos químicos tais como cloreto férrico, cal hidratada, polímeros e outros) com toda a massa líquida. Este processo deverá estar concluído em intervalo de tempo menor que o tempo de reação dos coagulantes.

c) Floculação: Ao adicionarmos os coagulantes na água inicia-se uma reação que dará origem a um material floculento e gelatinoso, o qual se formará em maior intensidade nas câmaras de floculação que são geralmente tanques de concreto provido de agitadores de baixa rotação.

Estes flocos formados tem a propriedade de agrupar as partículas que estão em suspensão na água e parte também da matéria que está na forma coloidal (microorganismos, corantes, argila, matéria orgânica).

d) Decantação: A água floculada é conduzida a grandes tanques, chamados decantadores e com uma velocidade muito baixa a água floculada entra nesses tanques e no seu caminho até a saída, os flocos vão sedimentando (afundando) ficando a água no final deste processo, praticamente limpa.

O tempo que a água fica retida nesta etapa do tratamento é chamado tempo de detenção, que geralmente é em torno de 3 horas.

e) Filtração: Após a decantação a água é conduzida aos filtros, que são tanques que possuem uma camada de areia fina, sustentada por camadas sucessivas de areia grossa, pedrisco e pedregulho. A água atravessa estas camadas de cima para baixo, isto é da areia para o pedregulho ficando retidos neste processo os flocos que passaram pelo decantador. Depois de várias horas de filtração, como é natural, a superfície filtrante, vai perdendo a eficiência e a rapidez de filtração devido ao acúmulo de impurezas ali retidas. Ao chegar neste ponto, para-se o filtro e procede-se a sua lavagem, que é feita, injetando água limpa em contra corrente, isto é, de baixo para cima. Dessa maneira, na lavagem a água entra através dos pedregulhos e sai pela areia fina, deslocando os flocos ali retidos. Após lavado o filtro volta novamente a operação normal de filtração.

f) Dosagem de produtos químicos: Após a filtração a água recebe ainda os seguintes produtos químicos:

Cloro - tem a finalidade de eliminar os microorganismos que ainda possam existir na água, evitando desta maneira, várias doenças que poderiam ser transmitidas à população.

Cal - tem a finalidade de corrigir o pH final da água (que sai da ETA), para evitar problemas de corrosão nas redes de distribuição.

Flúor - tem a finalidade de diminuir a incidência de cáries dentárias. Todos estes produtos devem ser corretamente utilizados para que produzam os efeitos desejados.



Questionário 3

- 1) O que é água:
 - a) Meteórica
 - b) Magmática
 - c) Congênita
 - d) Potável
 - e) Destilada
 - f) Mineral
 - g) Acídula
 - h) Alcalina
 - i) Magnesiana
 - j) Pesada
 - k) Oxigenada
 - l) Dura
- 2) Quando aumentamos a pressão a TE da água aumenta ou diminui?
- 3) Quais são as etapas do tratamento de água para consumo humano?
- 4) Quais são as substâncias utilizadas na sedimentação
- 5) Qual é a função da adição de cloro na água?
- 6) Cite 3 fontes geradoras de metais pesados?
- 7) Quais são os ciclos da água na natureza?
- 8) O que são mananciais?
- 9) Quais são os tipos de mananciais?
- 10) O que é captação?
- 11) O que é adução?
- 12) Qual é a finalidade do tratamento de água?
- 13) Como é feita a floculação?
- 14) Qual é a finalidade da adição dos seguintes produtos na água:
 - a) Cloro
 - b) Flúor
 - c) Cal

Prática 3 Depuração

Material necessário:

- Garrafa de água de plástico (1,5 litros)
- jarro com água
- x-acto ou tesoura
- areia terra
- areão de aquário
- algodão
- copo de vidro transparente
- recipiente de vidro transparente
- pequeno funil
- pedra
- saco de plástico
- corante alimentar

Contextualização: No decurso do ciclo da água, a natureza providencia uma grande variedade de mecanismos de depuração, ou de “limpeza” da água. O fenómeno da evaporação, por exemplo, é um processo de limpeza natural da água. Quando a água evapora, deixa para trás a maioria das substâncias dissolvidas. A infiltração da água no solo também é um processo de limpeza natural, que ajuda a remover alguns dos componentes que podem ser encontrados numa água. Para além destes fenómenos, existem ainda organismos microscópicos que ajudam a eliminar a sujidade. No entanto, os processos naturais não resolvem as situações mais graves, muitas vezes irreversíveis, ou que implicam medidas de “limpeza” muito caras.

Procedimento:

Parte 1

1. Cortar metade de uma garrafa de plástico de 1,5l.
2. Num recipiente de vidro, misturar água com alguma areia e terra de forma a obter uma “água suja”. Observar a qualidade da água.
3. Colocar a metade de cima da garrafa sobre a metade de baixo, com a boca virada para baixo.
4. Adicionar CaO na amostra de água suja e agitar. Acrescentar gotas de FeCl_3 (evitar o excesso, pois pode amarelar a água)
5. Aguardar a decantação da sujeira
6. Na metade de cima colocar uma camada de algodão, seguida de uma camada de areão e finalmente uma camada de areia. O filtro está construído.
7. Lentamente, verter somente a água suja sobre o filtro.
8. Comparar o aspecto da água antes e depois de ser filtrada.

Esquema:



Parte 2

1. Colocar um copo de vidro transparente no meio de um recipiente de vidro.
2. Colocar um pequeno funil sobre o copo.
3. Introduzir, no recipiente de vidro, água (quente) misturada com areia e terra.
4. Tapar o recipiente com um plástico e colocar um pequeno peso por cima, de forma a criar uma depressão sobre o funil. Observar que se trata de um sistema fechado. Não há água nova a entrar, nem água a sair.
5. Submeter o conjunto a uma fonte de luz artificial intensa.
6. Passado algum tempo, comparar a água do recipiente com a água recolhida no copo de vidro. Observar que a água que aparece no copo é a água que estava no recipiente. A água evapora e depois condensa, sendo recolhida no copo de vidro.
7. Repetir este procedimento depois de adicionar algumas gotas de corante alimentar à água do recipiente.
8. Concluir que estes processos de limpeza não removem todos os poluentes.

Prática 4

Determinação da Acidez da água

Acidez total representa o teor de dióxido de carbono livre, de ácidos minerais, de ácidos orgânicos e sais de ácidos orgânicos e sais de ácidos fortes, os quais na hidrólise produzem íons de hidrogênio para a solução.

As águas naturais, em geral, têm uma reação alcalina, porém, acidez não é necessariamente indesejável. A importância brusca pode caracterizar o lançamento de algum resíduo industrial.

Como já citado, a maioria das águas é considerada alcalina, embora possa conter gás carbônico, ou seja, a água pode apresentar ao mesmo tempo acidez e alcalinidade.

Materiais:

- erlenmeyer de 250 mL
- Proveta graduada de 100 mL
- Béquer de 50 mL
- Pisseta
- Suporte universal
- Bureta

Reagente

- Hidróxido de sódio 0,01N
- Fenolftaleína

Procedimento

- Colocar no erlenmeyer (de 250 mL) 100 mL da amostra de água, medidos em uma proveta.
- Juntar 3 a 4 gotas de fenolftaleína
- Titular com hidróxido de sódio 0,01N até viragem ao róseo, permanente por 30 segundos no mínimo.
- Se a água ficar rósea ao adicionar a Fenolftaleína sua acidez nula.

Prática 5

Determinação da Alcalinidade da água

A alcalinidade da água é representada pela presença dos íons hidróxido, carbonato e bicarbonato.

A importância do conhecimento das concentrações destes íons permite a definição de dosagens de agentes flocculantes, fornece informações sobre as características corrosivas ou incrustantes da água analisada.

Todos os íons causadores da alcalinidade têm característica básica, sendo assim, reagem quimicamente com soluções ácidas, ocorrendo a reação de neutralização.

Ressalta-se que a neutralização do carbonato não é completa, passando primeiro a bicarbonato, sendo necessário levar em conta este aspecto nos cálculos estequiométricos.

- Fenolftaleína, sua faixa de pH de atuação é de 8,3 a 9,9 e viragem na cor rosa.
- Metil Orange, cuja faixa de pH de atuação varia de 3,1 a 4,6 viragem na cor laranja.
- Vermelho de metila: faixa de pH de atuação varia de 4,4 a 6,2 viragem na cor vermelha.

Material

erlenmeyer de 250 mL

Proveta de 100 mL

Bureta

Suporte universal com garra para bureta

Béquer de 50 mL

Reagentes

Ácido sulfúrico 0,02N

Solução indicadora de fenolftaleína

Solução indicadora de metilorange

Procedimento

Usando uma proveta, meça 100 mL de água a ser analisada, coloque num erlenmeyer de 250 mL e junte 3 gts de fenolftaleína.

Faça uma prova em branco, colocando em outro erlenmeyer 100 mL de água destilada e 3 gotas de fenolftaleína.

Caso a primeira amostra se tornar rósea, titule-a com ácido sulfúrico 0,02N até o descoramento do indicador.

Adicione em cada frasco 3 gotas de metilorange, à prova em branco e na amostra e prossiga a titulação até viragem de amarelado para levemente alaranjada, anote o volume gasto em cada um.

Cálculo:

ppm ou mg/L de CaCO_3 = $[V(\text{mL}) \text{ amostra} - V(\text{mL}) \text{ branco}] \cdot N \cdot \text{fc} \cdot E \cdot 1000/100$

DBO

Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO

Conceito

Em águas de despejo há o metabolismo dos microrganismos heterotróficos, em que os compostos orgânicos biodegradáveis são transformados em produtos finais estáveis ou mineralizados, tais como água, gás carbônico, sulfatos, fosfatos, amônia, nitratos, etc.. Nesse processo há consumo de oxigênio da água e liberação da energia contida nas ligações químicas das moléculas decompostas. Os microrganismos desempenham este importante papel no tratamento de esgotos pois necessitam desta energia liberada, além de outros nutrientes que porventura não estejam presentes em quantidades suficientes nos despejos, para exercer suas funções celulares tais como reprodução e locomoção, o que genericamente se denomina síntese celular. Quando passa a ocorrer insuficiência de nutrientes no meio, os microrganismos sobreviventes passam a se alimentar do material das células que têm a membrana celular rompida. Este processo se denomina respiração endógena. Finalmente, há neste circuito, compostos para os quais os microrganismos são incapazes de produzir enzimas que possam romper suas ligações químicas, permanecendo inalterados. Ao conjunto destes compostos dá-se o nome de resíduo não biodegradável ou recalcitrante.

Importância nos estudos de controle de qualidade das águas

A DBO é o parâmetro fundamental para o controle da poluição das águas por matéria orgânica. Nas águas naturais a DBO representa a demanda potencial de oxigênio dissolvido que poderá ocorrer devido à estabilização dos compostos orgânicos biodegradáveis, o que poderá trazer os níveis de oxigênio nas águas abaixo dos exigidos pelos peixes, levando-os à morte. É, portanto, importante padrão de classificação das águas naturais. Nas classes que correspondem às águas menos poluídas, exigem-se baixos valores máximos de DBO e elevados limites mínimos de oxigênio dissolvido. Na legislação federal, a Resolução nº 20 DO CONAMA, são impostos os limites máximos de DBO de 3, 5, 10, 5, 10 e 5 mg/L para as águas de classe 1, 2, 3, 5, 6 e 7 e os limites mínimos de oxigênio dissolvido de 6, 5, 4, 2, 6, 4, 5 e 3 mg/L, para as águas classe 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 respectivamente. A DBO é também uma ferramenta imprescindível nos estudos de auto-depuração dos cursos d'água. Além disso, a DBO constitui-se em importante parâmetro na composição dos índices de qualidade das águas.

No campo do tratamento de esgotos, a DBO é um parâmetro importante no controle da eficiência das estações, tanto de tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios, bem como físico-químicos (embora de fato ocorra demanda de oxigênio apenas nos processos aeróbios, a demanda "potencial" pode ser medida à entrada e à saída de qualquer tipo de tratamento). Na legislação do Estado de São Paulo, o Decreto Estadual nº 8468, a DBO₅ de cinco dias é padrão de emissão de esgotos diretamente nos corpos d'água, sendo exigidos ou uma DBO₅ máxima de 60 mg/L ou uma eficiência global mínima do processo de tratamento na remoção de DBO₅ igual a 80%. Este último critério favorece aos efluentes industriais concentrados, que podem ser lançados com valores de DBO ainda altos, mesmo removida acima de 80%.

Entenda melhor:

É definida como a quantidade de oxigênio dissolvido na água necessária para a oxidação bioquímica das substâncias orgânicas presentes na água durante um certo período de tempo. Pode ser definida, também, como a quantidade de oxigênio requerida pelas bactérias para estabilizar a matéria orgânica "decomponível" sob condições aeróbicas. É essencialmente um bioensaio envolvendo a medida de oxigênio consumido por organismos vivos (principalmente bactérias) enquanto utilizam a matéria orgânica presente no despejo, sobre condições tão similares quanto possível aquelas que ocorrem na natureza.

As reações oxidativas envolvidas nos testes de DBO são resultado de atividades biológicas e a taxa pela qual as reações processam-se é governada pelo número populacional e temperatura que é conduzida a 20°C, que é mais ou menos, um valor médio da maioria dos corpos de água.

A velocidade dos processos metabólicos a 20°C e as condições do teste é tal que o tempo deve medido em dias. Teoricamente um tempo infinito é requerido para a oxidação completa da matéria orgânica, mas para propósitos práticos, a reação deve ser considerada completa em 20 dias. Porém é adotado um período de incubação de 5 dias, quando já ocorreu de 70 a 80% da oxidação.

A análise da DBO é, atualmente, realizada por laboratório externo licenciado.

Relações entre DQO e DBO

Não é possível estabelecer relações fixas entre as medidas de DBO e DQO, até que uma determinada amostra seja caracterizada por ambos os parâmetros.

- Se a amostra é constituída de compostos que são oxidados por ambos processos (DBO e DQO) a DQO pode substituir a DBO ou a DQO pode ser usada como indicação da diluição necessária para análise da DBO.
- Se a amostra é caracterizada pela predominância de material oxidável quimicamente, porém não bioquimicamente a DQO será maior que a DBO.
- Por outro lado, despejos de destilarias e refinarias têm alta DBO e baixa DQO.

A DBO e a DQO medem a oxidação da matéria orgânica sob condições diferentes, fornecendo, freqüentemente resultados finais distintos. Os resultados da DBO indicam o consumo de oxigênio por meio de organismos. As interferências são numerosas, a oxidação é incompleta, mas se a matéria orgânica é oxidável num curso de água ou numa estação de tratamento, também pode ser sob condições da DBO (em laboratório)

Os resultados da DQO, se referem a substâncias oxidáveis pelo dicromato de potássio em meio ácido em refluxo por duas horas.

A oxidação determinada pela DQO e DBO diferem qualitativamente e quantitativamente.

Prática 6

Determinação da matéria orgânica

Este ensaio deve ser realizado em até 24 horas da coleta.

Reagentes

- Solução de Ácido oxálico de 0,0125N
Pesar 0,0788g de ácido oxálico p.a. e dissolver em 100mL de água destilada. Cada 1mL desta solução reduz 0,1mg de oxigênio. A solução só tem 1 mês de validade por ser muito instável.
- Solução de permanganato de potássio 0,0125N. Diluir 42mL de solução 0,3M permanganato de potássio a um litro (em balão volumétrico) com água destilada.

Padronização

Transferir para um erlenmeyer de 250mL, 10 mL de solução de ácido oxálico 0,0125N, 100mL de água destilada e 10mL de ácido sulfúrico diluído (1:3), aquecer entre 60 e 80°C e titular com a solução de

permanganato de potássio até Lee coloração rósea. Determinar o fator da solução, sabendo-se que 1mL de solução 0,0125N de KMnO_4 equivale a 0,1mg de oxigênio)

- c) Solução de hidróxido de Sódio 33% em peso.
Dissolver 500g de sódio p.a. em 1000mL de água deionizada, deixar sedimentos e decantar o líquido sobrenadante (essa solução só é utilizada quando a concentração de cloretos na água é elevada)

PROCEDIMENTO

Transferir 100ml de amostra para um erlenmeyer de 250mL, adicionar 10mL exatamente medidos de solução 0,0125N de permanganato de potássio e 10mL de ácido sulfúrico (1:3). Colocar o erlenmeyer tampado em um Becker com água em ebulição verificando que o nível de água no Becker não esteja abaixo do nível do líquido dentro do erlenmeyer.

Após 30 minutos retirar o erlenmeyer do banho, acrescentando 10mL de solução 0,0125N de ácido oxálico.

Titular, estando o líquido entre 60 e 80°C com a solução de 0,0125N de KMnO_4 até coloração rósea persistente.

Realizar paralelamente o ensaio em branco, utilizando 100mL de água destilada.

Cálculo

MO = teor de matéria orgânica em mg/L

V = volume total da solução gasta na titulação em mL

Vb= Volume total na solução gasta no ensaio em branco em mL

f...= fator de correção da normalidade de KMnO_4

$$\text{MO} = (V - Vb) \cdot f \cdot 10$$

Prática 7

Concentração de oxigênio no ar

Objetivo

Determinar o teor aproximado de oxigênio no ar.

Descrição

A palha de aço é bem conhecida de todos pois, freqüentemente no dia-a-dia, a usamos ou a vemos ser usada em serviços domésticos na cozinha, na lavagem de pratos, panelas e talheres, bem como na limpeza de pias e vasos sanitários. Porém, se formos mais atentos, veremos que a palha de aço umedecida e exposta ao ar, adquire aspecto amarelado, resultado de sua reação com o oxigênio do ar, em um processo chamado de oxidação.

Dessa forma, o experimento tem como finalidade, por meio de reações em ambiente fechado, que consumirá o oxigênio presente nesse ambiente, calcular a percentagem desse gás presente no ar, pela variação da altura da água que entrará em um vidro. Isso se deve ao fato de que, à medida que o oxigênio é consumido na oxidação da palha de aço, a pressão no interior do vidro diminui e, com isso, a diferença de pressão faz com que mais água seja empurrada para o interior do vidro.

Material

Proveta de 100 mL

Palha de aço

Béquer de 250 mL

Suporte universal

Garra

Reagente
Vinagre e água

Procedimento

Coloque água no Bequer (aproximadamente a metade de sua capacidade). Complete o copo que contém vinagre com outro tanto de água. Em seguida, coloque a metade de uma esponja de aço nesse mesmo copo, movimentando-a dentro do vinagre diluído por cerca de 1 minuto. Retirando a esponja, agite-a, retirando grande parte do vinagre.

Rapidamente, introduza essa esponja no fundo da proveta e vire de cabeça para baixo, com cuidado para que a esponja não caia, colocando-o no frasco que contém água.

Observe e meça com frequência a altura da coluna de água dentro da proveta. Quando a altura não mais variar, em aproximadamente 20 minutos, compare essa altura final com a inicial. Para tanto, iguale os níveis de água dos dois recipientes para que a pressão seja a mesma tanto interna quanto externamente. Para essas medidas, utilize uma régua graduada. A altura da coluna d'água deve ser medida em relação à borda inferior da proveta. O cálculo da porcentagem de oxigênio presente no tubo é feito dividindo a altura da coluna de água que entrou no tubo pela altura total interna do tubo.

Análise

A palha de aço é composta por ferro e carbono, sendo que o ferro apresenta-se em maior quantidade. O ferro, em contacto com o ar e com a água, sofre oxidação, enquanto o oxigênio se reduz (agente oxidante). Esse processo pode ser representado da seguinte forma:

Oxidação: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$.

Redução: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$

Dessa forma, a reação total é a seguinte:

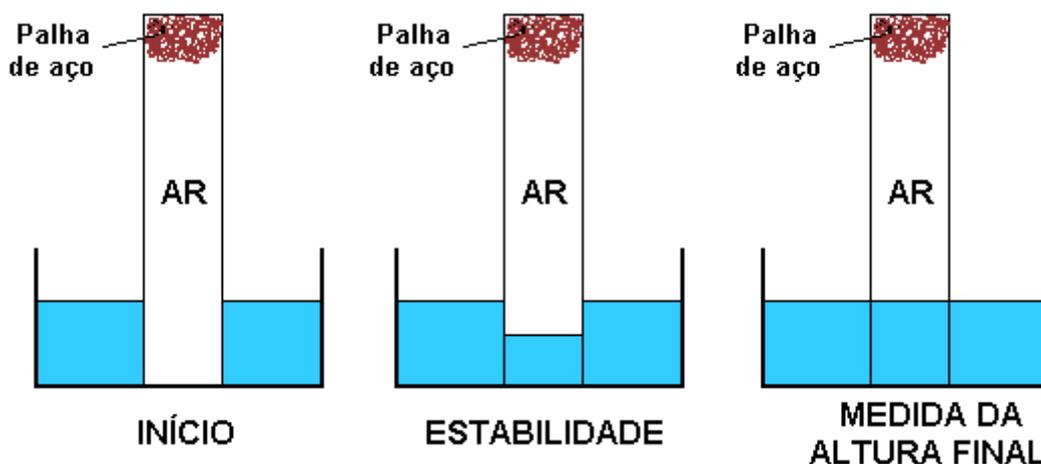
$2\text{Fe} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{OH}^-$,

Onde:

$2\text{Fe}^{2+} + 4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_2$.

Com isso, constatamos o consumo de oxigênio presente no tubo, por meio de reações de óxido-redução.

Esquema do experimento:



Prática 9 Simulação da Chuva Ácida

MATERIAS

1 vidro com tampa (como os de maionese ou café solúvel)
enxofre em pó (1 colher de chá cheia)

- 4 fitas de papel tornassol azul (~ 3 cm cada uma)
- 2 pétalas de flor colorida
- 1 colher de plástico
- 2 pedaços de fios de cobre (~ 15 cm cada um)
- 1 caixa de fósforos
- 1 caneta

PROCEDIMENTO

-Coloque uma fita de papel tornassol e uma pétala de flor na parte de dentro da tampa do vidro. Utilizando a colher de plástico, polvilhe um pouco do enxofre em pó sobre a fita e sobre a pétala (não utilize todo o enxofre, apenas o suficiente para manchar parte do papel tornassol e da pétala de flor).

-Coloque cerca de 5 cm de água da torneira no vidro, e com o auxílio da colher (limpa), retire um pouco de água e coloque sobre o enxofre que está sobre a pétala e o papel tornassol. Observe o que acontece com a água em contato com o enxofre, e se houve alteração na cor do papel tornassol e na pétala. Anote suas observações. Jogue no lixo o material sólido da tampa e lave a tampa.

-Pegue uma nova fita de papel tornassol e o umedeça com água.

-Monte o seguinte esquema Coloque em uma das extremidades do fio de cobre uma nova pétala e um pouco separado coloque um novo papel tornassol azul. Na outra extremidade do fio, faça um pequeno gancho e pendure por dentro do vidro que já tem um pouco de água. Tome cuidado para que a pétala ou fita não entrem em contato com a água.

-Pegue o outro fio de cobre e enrole parte deste na ponta da caneta, formando um pequeno cone de cerca de 1 cm. Faça um pequeno gancho na outra ponta do fio, retire a caneta e encha o cone com enxofre em pó, com cuidado (use a colher). Pendure o fio de cobre por dentro do vidro (sem atingir a água).

-Posicione um fósforo aceso abaixo do cone para iniciar a queimar o enxofre e rapidamente retire o fósforo e tampe o vidro. Observe se o enxofre está realmente queimando. Aguarde 5 minutos e anote na tabela de resultados se houve mudança na coloração do papel e da pétala.

-Retire os fios de cobre de dentro do vidro rapidamente. --Feche o vidro e agite a solução cuidadosamente.

-Umedeça nova fita de papel tornassol na água.

PS. O papel tornassol azul é de cor azul em meio neutro e básico e se torna rosa em meio ácido.

Prática 8

Contaminação e contaminantes do solo – Efeito do pH

Objetivos

- Observar o efeito do pH sobre a coloração de pétalas de flores.
- Relacionar as ocorrências da contaminação com as carências do solo.
- Definir as conseqüências dos contaminantes.

Materiais e reagentes

Pétalas de flores
Almofariz com pistilo
Funil analítico
Algodão ou papel de filtro.
3 tubos de ensaio
Solução de ácido clorídrico 0,1M
Solução de hidróxido de sódio 0,1M
Papel indicador de pH

Procedimento:

- Macere as pétalas (uma única amostra) em água.
- Filtre com funil e algodão (ou papel de filtro)
- Coloque o extrato obtido em três diferentes tubos de ensaio.

- Num deles acrescente lentamente gotas do ácido e no outro, hidróxido de sódio, o terceiro tubo funcionará como controle.
- Observe as alterações da coloração, decorrentes da mudança de pH.
- Faça a leitura dos valores de pH.

Prática 9

Fertilizantes a base de fósforo em solos

Materiais:

- Amostra de solo
- Fertilizante a base de fósforo (adquirido em lojas de produtos agropecuários)
- Solução de cloreto de cálcio (ou outro sal solúvel de cálcio)
- 6 Béqueres (ou copos de vidro)
- Conta-gotas
- Água

Procedimento

Divida uma amostra de solo em dois béqueres. No primeiro béquer, regue o solo com uma solução de fertilizante dissolvido em água, e adicione aos dois béqueres uma mesma quantidade de água.

Espere decantar, retire o sobrenadante com o auxílio de um conta-gotas e deposite em outros béqueres. Acrescente a solução de cálcio e observe o que ocorre.

O que ocorre?

Após regar uma das amostras de solo com a solução de fertilizante, esta amostra fica com uma composição diferente do solo não fertilizado. Adicionando-se água no solo e deixando decantar, o sobrenadante contendo fertilizante pode ser identificado pela presença de fósforo. Adicionando-se uma solução contendo cálcio a este sobrenadante, o fosfato que estava presente no sobrenadante reage com o cálcio formando um precipitado branco. No sobrenadante do outro béquer, que só continha o solo diluído em água, nada ocorre.



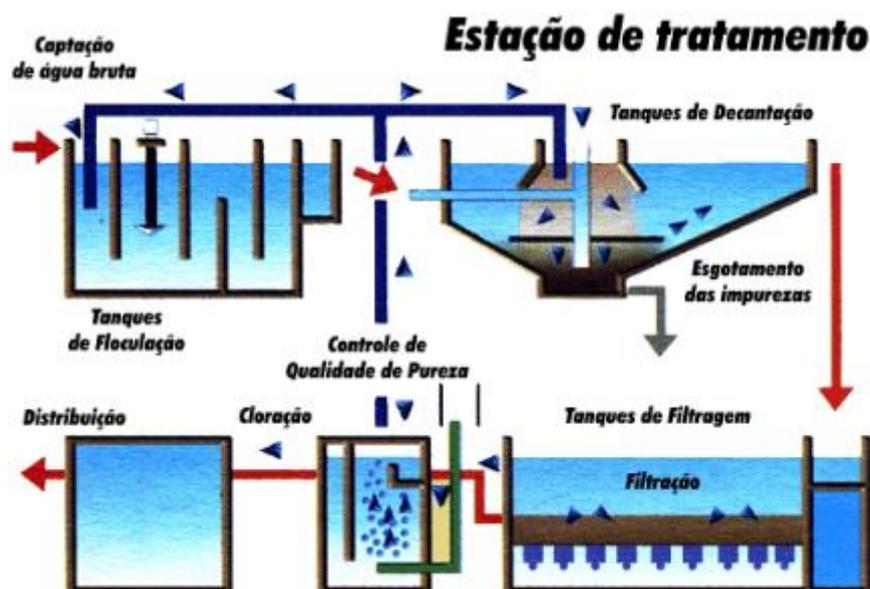
Este experimento ensina o conceito de reação de precipitação através da existência de fosfato nos fertilizantes, pois o fosfato quando em contato com uma solução de cálcio reage precipitando fosfato de cálcio.

Fertilizante é um produto destinado para melhorar as condições nutritivas das plantas e a produtividade do solo. As plantas necessitam de nutrientes como o nitrogênio, potássio e fósforo, e uma das formas de obter esses nutrientes é através dos fertilizantes quando depositados no solo. O nitrogênio mantém a fertilidade do solo, portanto, alimentos e plantas cultivados em solos com nitrogênio são ricos em proteínas; o potássio é essencial para o crescimento das plantas e o fósforo é um elemento essencial para todo tipo de plantas porque é um macronutriente importante, que a planta precisa para poder completar seu ciclo produtivo.

Os fertilizantes a base de fósforo são obtidos a partir de rochas fosfáticas, principalmente as apatitas-hidroxiapatita, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, e fluoroapatita, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, pelo tratamento com ácido sulfúrico. Assim, o fósforo está presente nestes fertilizantes na forma de superfosfatos simples e triplos e contém basicamente fosfato monocálcico monohidratado $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$, e os fosfatos mono $[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4]$ e diamônico $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$.

Tratamento de Esgoto

Em uma **Estações de Tratamento de Esgoto (ETE)**, todos os componentes poluidores são separados da água antes de retornarem ao meio ambiente.



O Esgoto Bruto que chega às Estações passa por diversas etapas de tratamento, são elas:

Gradeamento

Ocorre a remoção de sólidos grosseiros, onde o material de dimensões maiores do que o espaçamento entre as barras é retido. Há grades grosseiras (espaços de 5,0 a 10,0 cm), grades médias (espaços entre 2,0 a 4,0 cm) e grades finas (1,0 a 2,0 cm). As principais finalidades da remoção dos sólidos grosseiros são:

- Proteção dos dispositivos de transporte dos esgotos (bombas e tubulações);
- Proteção das unidades de tratamento subseqüentes;
- Proteção dos corpos receptores

Desarenação

O mecanismo de remoção da areia é o de sedimentação: os grãos de areia, devido às suas maiores dimensões e densidade, vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, de sedimentação bem mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as unidades seguintes.

As finalidades básicas da remoção de areia são:

- Evitar abrasão nos equipamentos e tubulações;
- Eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução em tubulações, tanques, orifícios, sifões etc;
- Facilitar o transporte líquido, principalmente a transferência de lodo, em suas diversas fases.

Decantador Primário

Os tanques de decantação podem ser circulares ou retangulares. Os esgotos fluem vagarosamente através dos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão, que apresentam densidade

maior do que a do líquido circundante, sedimentem gradualmente no fundo. Essa massa de sólidos, denominada lodo primário bruto, pode ser adensada no poço de lodo do decantador e ser enviada diretamente para a digestão ou ser enviada para os adensadores. Uma parte significativa destes sólidos em suspensão é compreendida pela matéria orgânica em suspensão.

Peneira Rotativa

Dependendo da natureza e da granulometria do sólido, as peneiras podem substituir o sistema de gradeamento ou serem colocadas em substituição aos decantadores primários. A finalidade é separar sólidos com granulometria superior à dimensão dos furos da tela. O fluxo atravessa o cilindro de gradeamento em **movimento**, de dentro para fora. Os sólidos são retidos pela resultante de perda de carga na tela, são removidos continuamente e recolhidos em caçambas.

Tanque de Aeração

A remoção da matéria orgânica é efetuada por reações bioquímicas, realizadas por microrganismos aeróbios (bactérias, protozoários, fungos etc) no tanque de aeração.

A base de todo o processo biológico é o contato efetivo entre esses organismos e o material orgânico contido nos esgotos, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microrganismos. Os microrganismos convertem a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular (crescimento e reprodução dos microrganismos).

Decantador Secundário e Retorno do Lodo

Os decantadores secundários exercem um papel fundamental no processo de lodos ativados, sendo responsável pela separação dos sólidos em suspensão presentes no tanque de aeração, permitindo a saída de um efluente clarificado, e pela sedimentação dos sólidos em suspensão no fundo do decantador, permitindo o retorno do lodo em concentração mais elevada.

O efluente do tanque de aeração é submetido à decantação, onde o lodo ativado é separado, voltando para o tanque de aeração. O retorno do lodo é **necessário** para suprir o tanque de aeração com uma quantidade suficiente de microrganismos e manter uma relação alimento/ microrganismo capaz de decompor com maior eficiência o material orgânico. O efluente líquido oriundo do decantador secundário é descartado diretamente para o corpo receptor ou passa por tratamento para que possa ser reutilizado internamente ou oferecida ao mercado para usos menos nobres, como lavagem de ruas e rega de jardins.

Adensamento do Lodo

Esta etapa ocorre nos Adensadores de Densidade e nos Flotadores. Como o lodo contém uma quantidade muito grande de água, deve-se realizar a redução do seu volume. O adensamento é o processo para aumentar o teor de sólidos do lodo e, conseqüentemente, reduzir o volume. Este processo pode aumentar, por exemplo, o teor de sólidos no lodo descartado de 1% para 5%. Desta forma, as unidades subseqüentes, tais como a digestão, desidratação e secagem, beneficiam-se desta redução. Dentre os métodos mais comuns, temos o adensamento por gravidade e por flotação.

O adensamento por gravidade do lodo tem por princípio de funcionamento a sedimentação por zona, o sistema é similar aos decantadores convencionais. O lodo adensado é retirado do fundo do tanque. No adensamento por flotação, o ar é introduzido na **solução** através de uma câmara de alta pressão. Quando a solução é despressurizada, o ar dissolvido forma micro-bolhas que se dirigem para cima, arrastando consigo os flocos de lodo que são removidos na superfície.

Digestão Anaeróbia

A digestão é realizada com as seguintes finalidades:

- Destruir ou reduzir os microrganismos patogênicos;
- Estabilizar total ou parcialmente as substâncias instáveis e matéria orgânica presentes no lodo fresco;
- Reduzir o volume do lodo através dos fenômenos de liquefação, gaseificação e adensamento;
- Dotar o lodo de características favoráveis à redução de umidade;
- Permitir a sua utilização, quando estabilizado convenientemente, como fonte de húmus ou condicionador de solo para fins agrícolas.

Na ausência de oxigênio têm-se somente bactérias anaeróbias, que podem aproveitar o oxigênio combinado. As bactérias acidogênicas degradam os carboidratos, proteínas e lipídios transformando-os em ácidos voláteis, e as bactérias metanogênicas convertem grande parte desses ácidos em gases, predominando a formação de gás metano.

A estabilização de substâncias instáveis e da matéria orgânica presente no lodo fresco também pode ser realizada através da adição de produtos químicos. Esse processo é denominado estabilização química do lodo.

Condicionamento Químico do Lodo

O condicionamento químico resulta na coagulação de sólidos e liberação da água adsorvida. O condicionamento é usado antes dos sistemas de desidratação mecânica, tais como filtração, centrifugação, etc. Os produtos químicos usados incluem cloreto férrico, cal, sulfato de alumínio e polímeros orgânicos.

Filtro Prensa de Placas

Em um filtro prensa de placas, a desidratação é feita ao forçar a água do lodo sob alta pressão. As vantagens do filtro prensa incluem: alta concentração de sólidos da torta, baixa turbidez do filtrado e alta captura de sólidos.

O teor de sólidos da torta resultante varia de 30 a 40%, para um tempo de ciclo de filtração de 2 a 5 horas, tempo necessário para encher a prensa, mantê-la sob pressão, abrir, descartar a torta e fechar a prensa.

Secador Térmico

A secagem térmica do Lodo é um processo de redução de umidade através de evaporação de água para a atmosfera com a aplicação de energia térmica, podendo-se obter teores de sólidos da ordem de 90 a 95%. Com isso, o volume final do lodo é reduzido significativamente.

Tratamento de águas industriais.

Os rejeitos de águas industriais constituem um problema complicado e difícil. Além das injunções morais e pertinentes à comunidade, as leis que proíbem e limitam a poluição das correntes e do ar exigem que estes problemas sejam considerados um ônus necessário da operação.

É possível enunciar alguns princípios gerais: aumentar a reutilização das águas servidas: controlar a poluição e, se possível, recuperar na fonte os subprodutos para diminuir a despesa o tratamento, acumular os rejeitos de forma a manter a poluição num nível mínimo ou diminuir os custos da neutralização.

Conforme é bem conhecido, a qualidade e a quantidade da água disponível constituem itens importantes na escolha da localização de uma indústria química; levando em consideração não só a água superficial, mas também a subterrânea. Essa última geralmente mais conveniente para o arrefecimento, em virtude de ter temperatura uniformemente baixa durante todo o ano. No entanto, é usualmente mais dura e pode provocar incrustações, que interferem com a transferência de calor. As impurezas presentes na água variam muito de um local para outro.

Os problemas de quantidade, qualidade, reutilização e poluição são complicados e exigem, usualmente, uma investigação especializada, para que se possa decidir entre fontes alternativas de água e sobre o tratamento ótimo para minimizar o custo total de utilização. A decisão depende, em geral, da finalidade da água, se é para a geração de energia, ou para a calefação, ou arrefecimento ou para ser incorporada a um produto ou ao seu processo de manufatura.

Métodos de Tratamento de Água

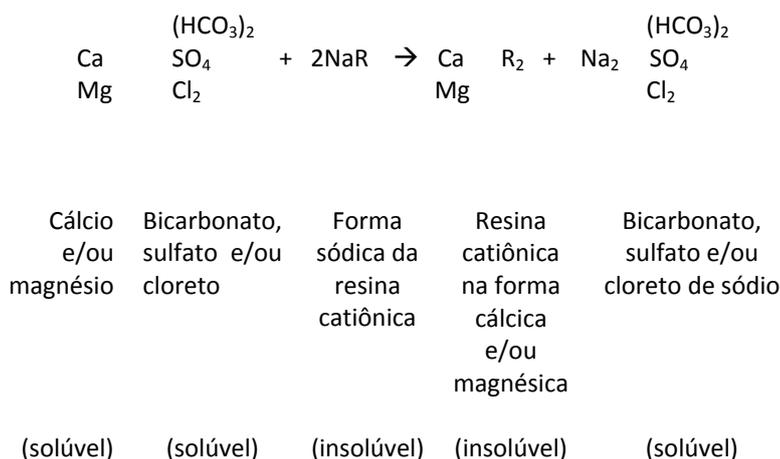
A purificação e o abrandamento da água podem ser realizados por métodos diferentes, dependendo da finalidade a que se visa. *Abrandamento* é o termo que se aplica aos processos que removem ou reduzem a dureza da água. *Purificação* refere-se usualmente à remoção de matéria orgânica e de microorganismos da água, distinguindo-se do abrandamento. A *clarificação* pode ser muito importante e pode combinar-se com o abrandamento a frio por precipitação.

Troca Iônica

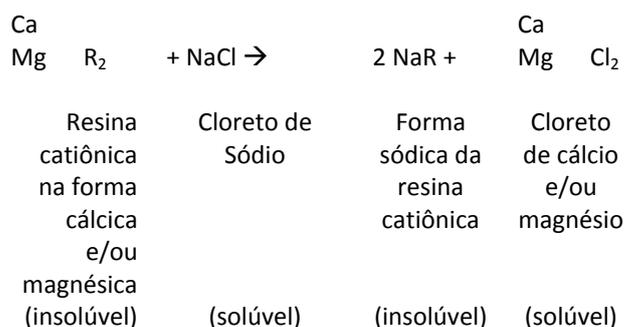
A troca iônica é um valioso processo de conversão química. Sua utilização, numa grande escala industrial, é ampla e inclui a produção comercial de água desmineralizada com baixa condutividade elétrica. A troca iônica é na realidade uma reação química em que os íons hidratados móveis de um sólido são trocados, equivalente por equivalente, pelos íons da mesma carga numa solução. O sólido tem uma estrutura aberta, ao modo de uma lente, pelos íons de mesma carga numa solução. O sólido tem uma estrutura aberta, ao modo de uma rede, e os íons móveis neutralizam eletricamente os grupos carregados, ou potencialmente carregados, fixos à matriz sólida, o trocador de íons. A troca catiônica ocorre quando os grupos carregados fixos (grupos funcionais) do trocador são negativos; a troca aniônica ocorre quando os grupos funcionais imobilizados são positivos.

A troca catiônica pelo sódio é o processo mais amplamente usado no abrandamento da água. Durante o processo, os íons cálcio e magnésio são removidos da água dura mediante a troca por íons sódio. Quando a resina trocadora está quase toda transformada em compostos de cálcio e de magnésio ela é regenerada, paa restaura-se a resina de sódio, com uma solução salina na faixa de pH entre 6 e 8. A regeneração é feita com o cloreto de sódio, com uma eficiência que varia entre os limites de 0,125 a 0,227 Kg de sal por 64,8g de dureza removida. Os trocadores de sódio, ou de cátions do ciclo de hidrogênio, usados no tratamento de água são usualmente resinas sintéticas de poliestireno-divinilbenzeno (SDVB) sulfonadas. Esse tipo de resina é excepcionalmente estável em temperatura alta e em pH elevado e, resistente a meios oxidantes. A capacidade de troca vai de 91,5 Kg de CaCO_3 por m^3 de resina trocadora com ciclo de hidrogênio e de 80,1Kg de CaCO_3 por m^3 de resina trocadora com o ciclo de sódio. As capacidades operacionais práticas não são, em geral, tão elevadas.

Nas reações seguintes, o símbolo R representa o radical trocador catiônico que opera no abrandamento:

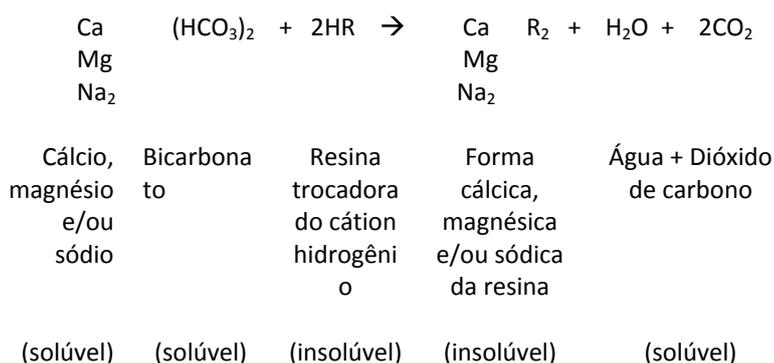


Quando fica exaurida a capacidade de o leito de resina catiônica produzir água de todo abrandada, a unidade de tratamento é temporariamente retirada de serviço; é lavada em contracorrente para limpar e reacomodar hidráulicamente o leito, é regenerada com uma solução de cloreto de sódio, que remove o cálcio e o magnésio na forma dos cloretos solúveis, restaurando, simultaneamente a resina à forma sódica: o excesso de sal e os cloretos são lavados e a umidade está pronta para entrar novamente em operação e abrandar um outro volume de água dura. As reações de regeneração podem ser indicadas conforme está a seguir, usando-se cloreto de sódio (ou H_2SO_4 no ciclo de hidrogênio):

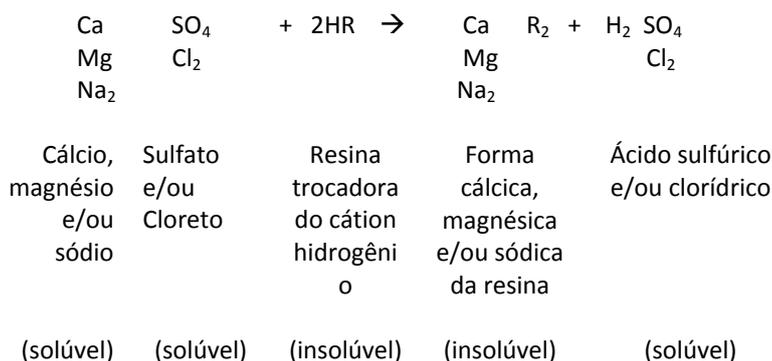


O equipamento do processo é um tanque cilíndrico, grande e fechado onde o zeólito está suportado por um leito de areia classificada. A água a ser abrandada pode fluir de cima para baixo no tanque. O equipamento auxiliar inclui tanques de armazenamento de salmoura e equipamento é instalado em linhas de água e opera na pressão de água que for necessária. Em virtude de o leito também exercer uma ação de filtração, qualquer sedimento da água, ou da solução salina, deve ser carregado mediante uma eficiente lavagem com a corrente invertida. Esta operação suspende e reclassifica hidráulicamente as partículas do leito de resina. A dureza da água proveniente da troca iônica é, usualmente, igual a zero.

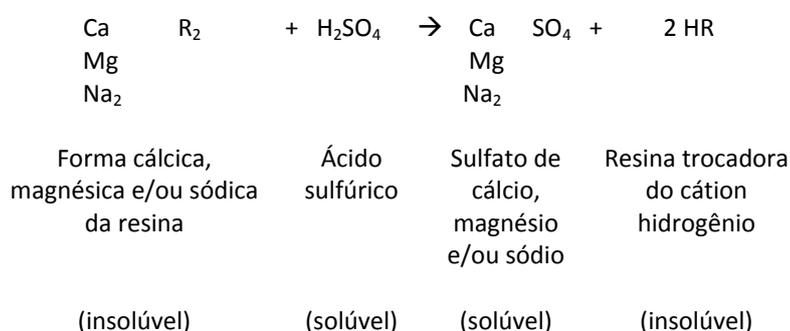
O processo de troca catiônica ácida assemelha-se de perto ao procedimento com íon sódio, exceto em que as resinas trocadoras têm um íon hidrogênio permutável e podem ser usadas para remover todos os cátions. O símbolo R, nas reações seguintes, representa o radical complexo da resina trocadora de hidrogênio, operando na troca com bicarbonatos:



As reações com sulfatos e cloretos, usando o símbolo R para representar o radical orgânico da resina trocadora, podem ser representadas assim:

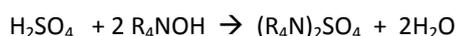


A regeneração com o ácido sulfúrico é o método de regeneração mais amplamente usado e o mais econômico. A reação, em forma condensada, pode ser representada pela equação:



Na maior parte dos casos, não é desejável ter água ácida, e por isto o efluente do tratamento de troca pelo íon hidrogênio ou é neutralizado ou, quando se quer a água desmineralizada, passa por uma resina trocadora aniônica.

Os trocadores aniônicos são constituídos por dois tipos de resinas, ou fortemente básicas ou fracamente básicas. Os dois removem ácidos fortemente ionizados, como o sulfúrico, o clorídrico ou o nítrico; somente as resinas trocadoras aniônicas fortemente básicas removerão também os ácidos fracamente ionizados, como o silícico ou o carbônico. Na troca aniônica de um ácido fortemente ionizado, onde R_4N representa o radical aniônico trocador, a reação (alguns dos R podem ser hidrogênio):



A regeneração:



As resinas aniônicas fortemente básicas são regeneradas por soda cáustica e as resinas aniônicas fracamente básicas com soda cáustica, ou barrilha, ou, algumas vezes, pelo hidróxido de amônio.

Desmineralização

A desmineralização é um processo muito usado, não só para condicionar a água para caldeiras a alta pressão, mas também para condicionar a água de vários processos ou a água de lavagem. Os sistemas de troca iônica escolhidos variam de acordo com os volumes e composições da água original, as exigências sobre a qualidade do efluente para diferentes empregos e o capital necessário e os custos operacionais. Em resumo, se não for necessária a remoção da sílica, o sistema pode ser constituído por uma resina trocadora ácida de uma unidade trocadora aniônica fracamente básica, seguida, em geral, por uma unidade desgaseificadora para remover, por aeração, a maior parte do dióxido de carbono formado pelos bicarbonatos na primeira etapa. Quando se quer a remoção de sílica, o sistema pode ser constituído por uma unidade de troca catiônica ácida e uma outra de troca aniônica fortemente básica, tendo em geral um desgaseificador entre elas para remover o dióxido de carbono antes da unidade de troca aniônica. Nos empregos em que se quer a maior qualidade dos

efluentes, este conjunto pode ser completado por unidades (ou por uma unidade) de “polimento” constituídas ou por uma unidade trocadora catiônica ácida seguida por uma unidade aniônica fortemente básica ou por uma única unidade contendo um leito misto de resina catiônica ácida e de resina aniônica fortemente básica.

O único processo diferente que se usa para remover todos os íons da água é a destilação. Não só a água destilada, mas também água deionizada, deve ser conduzida em tubos especiais para impedir que a água abrandada dissolva pequenos traços de metal e fique contaminada. Com este objetivo, usou-se, durante muitos anos, o estanho puro, que tem a desvantagem de ser muito mole. Os substitutos modernos satisfatórios são os tubos de alumínio e de cloreto de polivinila (PVC) moldados, bastante eficientes para conuzir água “pura”. Algumas vezes, emprega-se o polietileno, o polipropileno e os policarbonatos.