



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação

ESCOLA ESTADUAL DE
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL - EEEP
ENSINO MÉDIO INTEGRADO À EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA

CONTROLE AMBIENTAL



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria da Educação

Governador

Cid Ferreira Gomes

Vice Governador

Domingos Gomes de Aguiar Filho

Secretária da Educação

Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

Secretário Adjunto

Maurício Holanda Maia

Secretário Executivo

Antônio Idilvan de Lima Alencar

Assessora Institucional do Gabinete da Seduc

Cristiane Carvalho Holanda

Coordenadora da Educação Profissional – SEDUC

Andréa Araújo Rocha

Escola Estadual de Educação Profissional - EEEP

Ensino Médio Integrado à Educação Profissional
Curso Técnico em Química

CONTROLE AMBIENTAL

TEXTOS DE APOIO

2012

Sumario

Apresentação.....	03
Introdução.....	04
1.0 Origens da Poluição.....	06
1.1 Conceitos Iniciais.....	07
2.0 Análise da Agua.....	11
2.1 Parâmetros Físicos e Químicos.....	11
2.2 Parâmetros Biológicos.....	15
Exercícios.....	16
2.3 Poluetes e Seus Efeitos.....	17
2.4 Sistemas de Abastecimento de Água.....	21
Exercícios.....	20
3.0 Poluição Atmosférica.....	23
3.1 Origens da Poluição Atmosférica.....	27
3.2 Avaliação da Qualidade do Ar Ambiente.....	32
4.0 Solo.....	32
4.1 Composição do Solo.....	32
4.2 Formação do Solo.....	32
4.3 Contaminação do Solo.....	33
4.4 Recuperação do Solo.....	35
5.0 Reciclagem de Resíduos Orgânicos.....	36
Exercícios.....	39
6.0 Utilização da Água na Indústria.....	40
6.1 Parâmetros Sanitários.....	41
6.2 Característica dos Poluentes.....	42
6.3 A Matéria Inorgânica.....	45
6.4 Agentes Biológicos.....	45
7.0 Gases.....	46
8.0 Levantamento de Dados nas Industrias.....	49
8.1 Processos de Tratamento de Efluentes Líquidos.....	54
8.2 Processo de Desaguamento de Lodos.....	64
8.3 Sistemas de Tratamento de Efluentes Líquidos.....	67
8.4 Industrias Químicas.....	72
8.5 Reuso de Água na Indústria.....	74
9.0 Roteiro Para Elaboração do Plano de Controle Ambiental (PCA).....	76
Exercícios.....	78
10.0 Legislação Federal.....	82
10.1 Portaria 154/2002 (DOE-01/10/2002).....	84
Anexo I e II.....	89
Anexo III.....	90
Referências Bibliográficas.....	91

Apresentação

Na disciplina serão abordados conceitos gerais sobre a química do ambiente e compostos orgânicos. Química da água, química do solo e da atmosfera. Principais parâmetros de caracterização da água. Transferência de poluentes dos solos e dos aquíferos. Descrição dos processos fundamentais da atmosfera. Principais parâmetros de caracterização da atmosfera. Perturbações da atmosfera. Petróleo e seus derivados: produtos orgânicos perigosos.

Monitoramento dos processos ambientais. Aspectos gerais de análise química, física, físico química e biológica. Abordagem do efeito de alguns compostos ambientais, de origem natural ou industrial.

Neste contexto, este material pode contribuir para um melhor entendimento da disciplina de Controle Ambiental.

Você está recebendo a apostila referente ao módulo de Controle Ambiental que faz parte da construção do seu conhecimento na área técnica em Química.

Introdução

O desenvolvimento industrial ocorreu de forma extremamente acelerada a partir da revolução industrial, após meados do século XIX. A partir deste período, a poluição ambiental causada pelo homem aumentou consideravelmente e de modo descontrolado, de forma que as relações entre o homem e o seu meio ambiente se modificaram. Atualmente não é possível estimar a enorme quantidade de produtos e substâncias produzidas industrialmente, sendo que os dejetos e emissões das mesmas ao meio ambiente são igualmente diversos.

A poluição industrial ocorre em todos os meios da biosfera, na água doce, nos oceanos, na atmosfera e no solo. Conseqüentemente as comunidades biológicas dos ecossistemas estão em contato com substâncias e materiais não naturais, a maioria dos quais causando algum tipo de dano ecológico. A poluição industrial afeta diretamente o homem, uma vez que estamos sujeitos a ingerir água e alimentos contaminados e respirar o ar poluído. Exemplos da seriedade deste problema são a intoxicação e morte de dezenas de pessoas em Minamata, no Japão, após consumirem peixes contaminados com mercúrio. Eventos como este, envolvendo contaminação de alimentos com poluentes industriais, têm sido comuns ao longo das últimas décadas.

Agentes principais da poluição industrial são os gases tóxicos liberados na atmosfera, os compostos químicos orgânicos e inorgânicos lançados nos corpos hídricos e a poluição do solo com o uso de pesticidas. Entre os poluentes mais prejudiciais ao ecossistema estão os metais pesados. Estes elementos existem naturalmente no ambiente e são necessários em concentrações mínimas na manutenção da saúde dos seres vivos (são denominados oligoelementos, ou micronutrientes). Alguns metais essenciais aos organismos são o ferro, cobre, zinco, cobalto, manganês, cromo, molibdênio, vanádio, selênio, níquel e estanho, os quais participam do metabolismo e formação de muitas proteínas, enzimas, vitaminas, pigmentos respiratórios (como o ferro da hemoglobina humana ou o vanádio do sangue das ascídias). No entanto, quando ocorre o aumento destas concentrações, normalmente acima de dez vezes, efeitos deletérios começam a surgir.

A crescente quantidade de indústrias atualmente em operação, especialmente nos grandes pólos industriais do mundo, tem causado o acúmulo de grandes concentrações de metais nos corpos hídricos como rios, represas e nos mares costeiros. Isto ocorre, pois grande parte das indústrias não trata adequadamente seus efluentes antes de lançá-los no ambiente.

Os metais, quando lançados na água, agregam-se a outros elementos, formando diversos tipos de moléculas, as quais apresentam diferentes efeitos nos organismos devido a variações no grau de absorção pelos mesmos. O zinco, por exemplo, pode formar $ZnOH$, $ZnCO_3$; o mercúrio pode constituir $HgCl_2$, Hg_2SO_3 ; o chumbo pode constituir $PbOH$, $PbCO_3$, e assim por diante. Apesar da toxicidade de cada metal variar de acordo com a espécie, existe uma classificação da toxicidade relativa dos metais mais comuns no meio ambiente, em ordem decrescente de periculosidade: Hg, Ag, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, As, Cr, Sn, Fe, Mn, Al, Be, Li. Um dos efeitos mais sérios da contaminação ambiental por metais pesados é a bioacumulação dos poluentes pelos organismos vivos. Animais e plantas podem concentrar os compostos em níveis milhares de vezes maiores que os presentes no ambiente. O acúmulo de metais e outros poluentes industriais pelos organismos pode

ter efeito bastante abrangente já que possibilita o transporte dos contaminantes via teia alimentar para diversos níveis tróficos da cadeia alimentar. Este efeito culmina com a ocorrência das maiores taxas de contaminação nos níveis mais altos da teia trófica (consumidores secundários e terciários).

Metais Pesados

O termo metais pesados é de definição ambígua, mas vem sendo intensamente utilizado na literatura científica como referência a um grupo de elementos amplamente associados à poluição, contaminação e toxicidade. Conceitualmente metais pesados são definidos como elementos que possuem densidade superior a 6 g/cm³ ou raio atômico maior que 20. Essa definição é abrangente e inclui, inclusive, alguns ametais ou semi-metais, como As e Se. Alguns metais pesados são micronutrientes essenciais aos seres vivos como Cu, Zn, Mn, Co, Mo e Se e outros não essenciais como Pb, Cd, Hg, As, Ti e U. Para esses últimos talvez o termo metais tóxicos caíria melhor. Existem metais traços essenciais para plantas como ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), boro (B), molibdênio (Mo) e níquel (Ni). Já o cobalto (Co), crômio (Cr), selênio (Se) e estanho (Sn), não são requeridos pelas plantas, mas são essenciais para animais. Já outros como arsênio (As), cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb), não são requeridos nem por plantas, nem por animais, porém foram estudados extensivamente por serem potencialmente perigosos para plantas, animais e microrganismos.

A atividade industrial está, inevitavelmente, associada a uma certa degradação do ambiente, uma vez que não existem processos de fabrico totalmente limpos. A periculosidade das emissões industriais varia com o tipo de indústria, matérias primas usadas, processos de fabrico, produtos fabricados ou substâncias produzidas, visto conterem componentes que afetam os ecossistemas.

O desenvolvimento da indústria no Brasil ocorreu sem um correto planejamento e ordenamento, o que resultou na concentração industrial em áreas geográficas limitadas, provocando casos específicos e localizados de poluição em função do crescimento exponencial da população. Gerando resíduos energéticos e de matéria, alterando significativamente a qualidade do meio ambiente. Deste modo, estas concentrações implicam uma maior vigilância ambiental, exigindo a existência de infra-estruturas adequadas de controlo que combatam os níveis cumulativos de poluição. Neste sentido, torna-se prioritário a implementação de medidas que visem reduzir ou eliminar estas fontes de poluição, o que tem vindo a ser concretizado através do uso de fontes de energia limpa, da reciclagem de materiais e do controlo de processos industriais.

1. Origens da poluição

De um modo geral as principais origens da poluição industrial são:

As tecnologias utilizadas, muitas vezes envelhecidas e fortemente poluentes, com elevados consumos energéticos e de água, sem tratamento adequado dos efluentes com rara valorização de resíduos;

A inexistência de sistemas de tratamento adequado dos efluentes;

A inexistência de rotas de eliminação adequados dos resíduos, em particular dos perigosos.

Localização das unidades na proximidade de áreas urbanas, causando incômodos e aumentando os riscos;

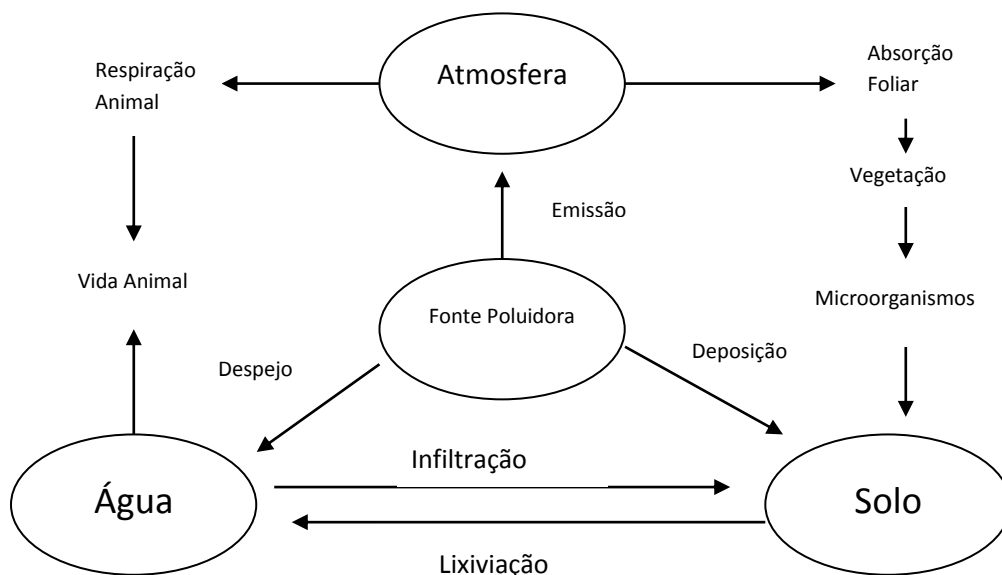
Localização das unidades em solos agrícolas, causando a sua contaminação e prejudicando as culturas;

Localização das unidades em zonas ecologicamente sensíveis, perturbando e prejudicando a fauna e a flora;

Realização das descargas de efluentes em águas subterrâneas ou superficiais, com risco de contaminação das águas de consumo;

Depósitos indevidos de resíduos, cuja lixiviação é fonte de poluição do solo e do meio hídrico.

PROPAGAÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO NO MEIO FÍSICO E NA BIOTA



Conceitos Iniciais

-Meio-Ambiente: “tudo que envolve” ou o meio no quais os seres vivos se desenvolvem. Coimbra (1985) define Meio Ambiente como: “o conjunto de elementos físico-químicos, ecossistemas naturais e sociais em que se insere o homem, individual e socialmente, num processo de interação que atenda ao desenvolvimento das atividades humanas, à preservação dos recursos naturais e das características essenciais do entorno, dentro de padrões de qualidade definidos”.

-Ecologia: ciência dos ecossistemas estuda as relações dos seres vivos entre si e com o meio;

-Avaliação ambiental: avaliação de sistemas baseada fundamentalmente na variável ambiental, ou seja, para sistemas que cumprem uma mesma função, a avaliação ambiental consistirá na definição de um conjunto de critérios que agregados convenientemente podem fornecer uma posição relativa do desempenho ambiental destes sistemas.

-Poluição: Introdução em um sistema de agentes químicos, físicos ou biológicos em quantidade suficiente para provocar anomalias do ecossistema considerado ou a deterioração física de bens materiais.

-Poluição crônica local: Está associada com pequenas doses localizadas de poluentes, porém de modo continuado. Ex. lançamento contínuo de efluentes em uma lagoa ou no solo, exposição contínua a pequenas doses de radioatividade, etc.

-Poluição crônica global: Se refere àquelas emissões contínuas cuja repercussão se dá muito além do ponto emissor. Por exemplo, emissão de gases a efeito estufa, gases que degradam a camada de ozônio, etc.

-Poluição acidental (ou aguda): Emissão de uma grande dose de poluente em um curto intervalo de tempo. Ex, desastre com um petroleiro.

-Impacto ambiental: Modificação identificável e mensurável, benéfica ou adversa, das condições ambientais de referência. O impacto ambiental pode ser caracterizado por um efeito (direto) ou soma de efeitos (diretos e indiretos) com relação a um alvo específico.

-Controle ambiental: É série de atitudes que visam promover uma melhoria na qualidade em processos ambientais contribuindo com a recuperação e proteção da natureza. Empresas no mundo inteiro, dos mais diversos seguimentos, estão se adequando a essa realidade e buscando alternativas para minimizar os impactos

negativos ao meio ambiente.

Medidas Profiláticas

Atuando no processo de licenciamento de novos estabelecimentos referidos na legislação, na sua ampliação ou modificação, tendo em especial atenção a avaliação do impacto ambiental, privilegiando a utilização de tecnologias menos poluentes e medidas que permitam o tratamento dos efluentes líquidos, emissões gasosas e resíduos e o seu efetivo controle; forçando a capacidade fiscalizadora das entidades que superintendem a atividade industrial.

Medidas: nível das organizações

As *organizações* têm um papel determinante no controle da poluição industrial. Como medidas mais importantes destacam-se:

Definir as zonas mais adequadas para a instalação das atividades industriais "poluentes", integradas nos Planos Directores Municipais tendo em atenção a integração paisagística, os recursos hídricos, a possibilidade de enchentes, ou outras catástrofes naturais, as condições meteorológicas, a existência de áreas protegidas, a fauna e flora de importância relevante ou ainda de elementos arqueológicos e históricos de interesse;

Garantir que as condutas de descarga dos efluentes líquidos finais de cada estabelecimento industrial sejam claramente individualizadas e tenham condições de acesso que permita o controlo efetivo e regular da sua qualidade, antes da sua descarga na rede de esgotos urbanos, nos cursos de água ou no mar.

Garantir que a qualidade dos efluentes industriais, geralmente necessitando de um pré-tratamento, permita o seu lançamento no sistema de saneamento urbano a fim de serem tratados nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETA) sem prejuízo do bom funcionamento destas;

Promover, no caso das indústrias já instaladas, contratos-programa com a participação do Estado, de outras autarquias ou entidades, para a resolução dos problemas existentes;

Criar redes de prevenção e alerta em zonas críticas e planos de emergência para casos de acidentes ou situações anormais;

Demanda Química de Oxigênio - DQO

A demanda química de oxigênio consiste em uma técnica utilizada para a avaliação do potencial de matéria redutora de uma amostra, através de um processo de oxidação química em que se emprega o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$). Neste processo, o carbono orgânico de um carboidrato, por exemplo, é convertido em gás carbônico e água.

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. Sabe-

se que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior do que o que resulta mediante a ação de microrganismos. Como na DBO mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente.

Demanda bioquímica de Oxigênio - DBO

DBO é a abreviatura de Demanda Bioquímica de Oxigênio. A palavra demanda quer dizer, entre outros significados, quantidade consumida ou a consumir; a palavra bioquímica significa, aí; um misto de reações de origem biológica e química. Dessa forma, podemos resumir que DBO é um consumo de oxigênio, através de reações biológicas e químicas.

Um corpo d'água doce significa um rio, um lago, ou mesmo um conjunto de águas subterrâneas. Num corpo d'água coexistem bactérias e matéria orgânica de todas as naturezas. Uma bactéria se alimenta de matéria orgânica, isto é, seu alimento se baseia em substâncias que contêm carbono e hidrogênio.

A digestão completa dessa matéria orgânica se faz no organismo da bactéria, através de uma reação bioquímica que necessita de um elemento fundamental para ser realizada: o oxigênio.

Quando é fornecido como alimento à uma bactéria uma quantidade de matéria orgânica, ela precisará de uma determinada quantidade de oxigênio para que seu organismo transforme a matéria orgânica em outra substância (no caso, mineralize a matéria orgânica).

Um rio ou um lago é sempre rico em matéria orgânica (alimento) e bactérias. Para que as bactérias sobrevivam e se multipliquem é necessário haver alimento (matéria orgânica) e oxigênio. Se houver muitos alimentos, as bactérias se multiplicarão em demasia e disputarão entre si todo o oxigênio disponível; dessa forma, o oxigênio tende a acabar e as bactérias a morrerem, transformando-se em mais alimento disponível (afinal elas são matérias orgânicas também). Acabado o oxigênio, as águas do rio ou do lago serão incapazes de sustentar a vida aeróbia (isto é, a vida de todos os organismos que habitam as águas e necessitam oxigênio para viver). Dessa forma, tem sempre que haver um limite de matéria orgânica que pode ser lançada a um rio ou a um lago, para que o oxigênio existente não desapareça e com isso o rio ou lago "morram".

Um esgoto a céu aberto que deságua em um rio é uma fonte enorme de matéria orgânica, diz-se, assim, que a DBO desse esgoto é alta ou, que quer dizer, as águas do esgoto irão exigir um alto consumo de oxigênio do rio, exatamente por serem ricas em matéria orgânica.

O tratamento de esgotos nada mais é que uma forma de reduzir essa DBO, antes que o esgoto atinja o rio (ou o lago), para preservar seu oxigênio e também, em alguns casos, eliminar matérias orgânicas vivas transmissoras de doenças para o homem.

Alguns exemplos de DBO: as águas servidas de uma refinaria de açúcar chegam a ter DBO de 6.000 miligramas por litro, o que significa que a cada litro dessas águas despejado num rio farão com que 6.000 mg ou seja, 6g do oxigênio dissolvido na água do rio desapareçam. Nos esgotos não tratados (esgotos domésticos), cada pessoa é

responsável (em média) pelo desaparecimento de 54 gramas diárias de oxigênio existentes nas águas do rio (ou lago) onde esse esgoto é despejado(GPCA, 2009 - <http://www.gpca.com.br/Gil/art46.htm>).

pH

O pH, potencial hidrogeniônico ou potencial hidrogênio iônico, é um índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer. Os processos de oxidação biológica tendem a reduzir o pH. A escala do pH pode variar de 0 até 14, sendo que quanto menor o índice do pH de uma substância, mais ácida esta substância será, veja o pH de algumas substâncias:

Sólidos Totais - ST

São os sólidos orgânicos e inorgânicos; suspensos e dissolvidos; sedimentáveis.

Sólidos em Suspensão Voláteis – SSV

Fração do material **orgânico** que **são filtráveis (não dissolvidos)**.

Sólidos em Suspensão Fixos – SSF

Fração do material **inorgânico** que **são filtráveis (não dissolvidos)**.

Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV

Fração do material orgânico que **não são filtráveis (são dissolvidos)**, e que têm em média dimensão inferior a 10^{-3} .

Sólidos Dissolvidos Voláteis – SDV

Fração do material **inorgânico** que **não são filtráveis (são dissolvidos)**, e que têm em média dimensão inferior a 10^{-3} .

Sólidos Sedimentáveis - SD

Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone Imhoff. (É um teste que simula a sedimentação em um taque de decantação).

2.0 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 ($\text{pH} \leq 9$ ou $\text{pH} \leq 5$), 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 filtração 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.

2.2 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.

Exercícios

- 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?

2.3 Poluentes e seus efeitos

CÁLCIO NA ÁGUA

A presença de metais em águas de abastecimento, águas residuárias domésticas e industriais e em coleções de águas receptoras, é uma preocupação constante.

A presença de cálcio nestas águas resulta da passagem delas por depósitos de pedra calcárea, dolomita e gipso. A concentração em águas de abastecimento varia conforme a origem e o tratamento da mesma. Pequenas concentrações de cálcio na forma de carbonato protegem as canalizações contra a corrosão; concentrações elevadas, entretanto, formam incrustações prejudiciais em tubulações e caldeiras. 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.

O teor de cálcio nas águas subterrâneas varia, de uma forma geral, de 10 a 100mg/L. As principais fontes de cálcio são os plagioclásios cálcicos, calcita, dolomita, apatita, entre outros. O carbonato de cálcio é muito pouco solúvel em água pura. O cálcio ocorre nas águas na forma de bicarbonato e sua solubilidade está em função da quantidade de gás carbônico dissolvido. A quantidade de CO₂ dissolvida depende da temperatura e da pressão, que são, portanto, fatores que vão determinar a solubilidade do bicarbonato de cálcio.

Toda variação de temperatura e de pressão que levam à modificação do CO₂ dissolvido na água refletirá sobre seu conteúdo em Ca. No caso das águas subterrâneas estas variações ora levam à solubilização do carbonato de cálcio, ora levam à sua precipitação. A incrustação de um filtro de poço por Ca CO₃ é uma das conseqüências deste processo. O cálcio é o principal elemento responsável pela dureza de uma água

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 (Fe²⁺) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o Fe²⁺ passa a Fe³⁺ 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.

DEFINIÇÕES

. Ferro total

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

. Ferro solúvel

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

. Ferro ferroso

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

. 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 NO₃⁻.

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 redutoras de nitrato.

Das formas bioquimicamente interconversíveis do ciclo do nitrogênio, as que têm maior interesse no estudo de águas e de águas residuárias são o nitrito, o nitrato, 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 residuais 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 as nitratos podem ser determinadas 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.

Exercícios

1) Preencha a tabela abaixo

Poluente	Origem	Consequências
Cálcio		
Ferro		
Nitratos		

02) O que é dureza da água?

03) Qual é o perigo da utilização de água dura nas indústrias?

04) Qual é a diferença entre ferro total e ferro solúvel?

05) Qual é a diferença entre ferroso e férrico?

06) O que representa a presença de Nitrogênio na água?

07) Como você classificaria a água de sua torneira (de sua casa ou escola)?

08) Qual problema terá uma lavanderia situada numa região de solo rico em calcário?

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

10) Para que são utilizados o $Al_2(SO_4)_3$ e o Na_2CO_3 11) Defina: a) água dura e b) água mole

12) O que causa a dureza na água?

13) Como a água dura pode ser abrandada?14) Escreva as reações químicas entre a água com dureza e os amolecedores NaOH e Na_3PO_4 :

2.4 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 maneira:

- 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.

Exercícios

- 1) O que é água:
 - a) Congênita
 - b) Potável
 - c) Destilada
 - d) Mineral
 - e) Acídula
 - f) Alcalina
 - g) Magnesiana
 - h) Pesada
 - i) Oxigenada
 - j) 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

3.0 Poluição Atmosférica

O desenvolvimento, quer industrial, quer urbano, tem originado em todo o mundo um aumento crescente da emissão de poluentes atmosféricos. De acordo com o Decreto-Lei nº 276/99, de 23 de Julho, Poluente Atmosférico define-se como “substâncias introduzidas, direta ou indiretamente, pelo homem no ar ambiente, que exercem uma ação nociva sobre a saúde humana e ou meio ambiente”. O acréscimo das concentrações atmosféricas destas substâncias, a sua deposição no solo, nos vegetais e nos materiais é responsável por danos na saúde, pela redução da produção agrícola, por danos nas florestas, pela degradação de construções e obras de arte e, de uma forma geral, origina desequilíbrios nos ecossistemas. e acordo com a OMS (Organização Mundial de Saúde), Poluição do Ar define-se como “A presença na atmosfera de um ou mais contaminantes, tais como poeiras, fumos, gases, “nevoeiro”, odor ou vapor, em quantidades ou com características, e de duração tal que possa ser prejudicial à vida humana, animal ou vegetal, a bens ou que interfira desfavoravelmente no confortável desfrute da vida ou dos bens”.

Em Portugal, os problemas de qualidade do ar não afetam uniformemente o território; encontram-se localizados em áreas onde há maior concentração urbana e é onde se localizam as grandes unidades industriais: Sines, Setúbal, Barreiro-Seixal, Lisboa, Estarreja e Porto. No entanto, a poluição do ar, devido às características da circulação atmosférica e devido à permanência de alguns poluentes na atmosfera por largos períodos de tempo, apresenta um carácter transfronteiriço e é responsável por alterações ao nível planetário, obrigando à conjugação de esforços a nível internacional. São, deste modo, exigidas ações para prevenir ou reduzir os efeitos da degradação da qualidade do ar, o que já foi demonstrado ser compatível com o desenvolvimento industrial e social. A gestão da qualidade do ar envolve a definição de limites de concentração dos poluentes na atmosfera, a limitação de emissão dos mesmos, bem como a intervenção no processo de licenciamento, na criação de estruturas de controlo da poluição e apoios na implementação de tecnologias menos poluentes.

Antes da Revolução Industrial, a contaminação do Ar estava essencialmente associada a processos naturais (fogos florestais, atividade vulcânica e processos metabólicos) e à utilização da madeira como combustível. Os principais poluentes originados eram os Óxidos de Carbono (Monóxido de Carbono, CO, e Dióxido de Carbono, CO₂), de Azoto (NO_x) e de Enxofre (SO_x), o Sulfureto de Hidrogénio (H₂S) e Partículas.

Nas décadas anteriores a 50, a contaminação atmosférica era essencialmente um problema das áreas urbanas onde se utilizava carvão como combustível doméstico e industrial. Os contaminantes originados eram as Partículas (fumo negro), os Óxidos de Carbono, de Azoto e de Enxofre e Hidrocarbonetos inqueimados (HC).

Na década de 50, com o desenvolvimento das indústrias químicas e de refrigeração, surgiu uma série de novos contaminantes: Álcoois, Éteres, Cetonas, Ésteres, Ácidos

Orgânicos, Ácido Sulfúrico, Amoníaco, Compostos Halogenados, Clorofluorcarbonetos (CFC's), entre outros.

Atualmente, os transportes são responsáveis por cerca de 70% da contaminação com Monóxido de Carbono, 10% com Hidrocarbonetos inqueimados e 10% com Óxidos de Azoto. O efeito sinérgico [ver caixa 1] da concentração e combinação destes e de outros contaminantes (Chumbo (Pb), CFC's, Metano (CH₄) e Ozono (O₃)) tem originado motivos de preocupação na maioria das cidades devido ao aumento das emissões provenientes dos veículos motorizados.

– Efeitos Sinérgicos

Sinergia deriva da palavra grega *synergía*: *sýn* (cooperação), juntamente com *érgon* (trabalho).

Genericamente define-se como o efeito resultante da ação de vários agentes que atuam da mesma forma, cujo valor é superior ao valor do conjunto desses agentes, se atuassem individualmente.

Exemplo: o efeito sobre a saúde resultante da exposição ao Dióxido de Enxofre (SO₂) é x o efeito sobre a saúde resultante da exposição a Partículas de dimensão aerodinâmica inferior a 10 μ m (PM₁₀, de acordo com a terminologia da USEPA – Agência de Protecção do Ambiente Norte-Americana) é y . No entanto, o efeito sobre a saúde resultante da exposição à combinação de SO₂ e PM₁₀ (SO₂+PM₁₀) é superior a $x + y$.

A progressiva atribuição de importância ao recurso Ar prende-se com a crescente tomada de consciência do seu carácter indispensável para a Vida, assim como dos efeitos nefastos de uma atmosfera contaminada sobre bens materiais (monumentos, veículos).

Regra geral, existem dois tipos de normas de Qualidade do Ar:

Normas de Qualidade do Ar Ambiental;

Normas de Emissões Industriais.

De uma forma muito genérica pode empregar-se a regra de fixar o limite de emissão dos contaminantes de referência em 30 vezes o standard de ar ambiental, tendo em conta o potencial de uma emissão para se diluir no meio atmosférico. A capacidade do ar ambiente para dispersar uma emissão depende

claramente de muitos fatores, incluindo a qualidade do ar ambiente e a densidade da emissão; quanto maior for a concentração de contaminante na atmosfera, menor será a sua capacidade para dispersar a emissão. O caudal, ou taxa, de emissão também é bastante importante e o valor limite de concentração deverá decrescer com o aumento do caudal.

– Contaminantes de Referência

Existem certos contaminantes que existem normalmente em todas as zonas urbanas – são os denominados CONTAMINANTES DE REFERÊNCIA (CO, NO₂, O₃, SO₂, PM₁₀, SO₂+PM₁₀, Pb, PTS (Partículas Totais em Suspensão) e HC). As suas concentrações variam e dependem do nível de actividade industrial, do tráfego e do grau de sofisticação do seu controle.

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados de acordo com a sua origem, composição química e estado físico.

Origem – conforme a sua origem, os poluentes atmosféricos são considerados:

Primários – emitidos directamente pelas fontes identificáveis (fontes fixas, móveis e naturais); (SO_x, CO, NO_x, Partículas, Hidrocarbonetos, Metais);

Secundários – produzidos na atmosfera pela reacção entre dois ou mais poluentes primários, ou pela reacção dos constituintes normais do ar, por fotoactivação, hidrólise ou oxidação.

Composição Química – os poluentes podem ser classificados como:

Orgânicos – incluem os hidrocarbonetos, cetonas, álcoois, éteres, ...

Inorgânicos – incluem os monóxido e dióxido de carbono, óxidos de azoto e de enxofre, metais, ...

Estado Físico – gases ou partículas (sólidas ou líquidas).

Para além dos Contaminantes de Referência, existem na atmosfera centenas de outros compostos, específicos de cada tipo de indústria (Acrilonitrilo, Benzeno, Diclorometano, Formaldeído, Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAH), Cloreto de Vinilo (cancerígenos), Disulfureto de Carbono, 1,2-Diclorometano (mutagénico), Estireno (suspeito de ser mutagénico), Tetracloroetileno, Tolueno (tóxicos), Tricloroetileno, Arsénio, Amianto, Metais Pesados, ...).

Uma classificação geral dos poluentes atmosféricos pode ser a seguinte:

Partículas;

Compostos de Enxofre;

Compostos de Azoto;

Monóxido e Dióxido de Carbono;

Compostos Orgânicos;

Compostos Halogenados.

Partículas – são normalmente identificadas como material disperso, sólido ou líquido, incluindo partículas de metal, amianto, carbono, resina, nitratos, sulfatos, bactérias, dioxinas, furanos, ...

Conforme o método de formação, as partículas podem ser classificadas como poeiras, fumos, vapores, cinzas, névoas e sprays.

Elementos como o chumbo (Pb), ferro (Fe), cádmio (Cd), crómio (Cr), mercúrio (Hg), entre outros, provenientes dos combustíveis e seus aditivos, aparecem na atmosfera como partículas, possuindo características tóxicas.

As partículas podem ainda classificar-se em Finas e Grossas . As partículas de menores dimensões são facilmente inaláveis, depositando-se nas vias respiratórias inferiores e provocando inúmeros problemas de saúde, essencialmente respiratórios. Destas destacam-se as PM₁₀.

Compostos de Enxofre – incluem os Óxidos de Enxofre [SO_x] (SO₂ e SO₃), Ácido Sulfúrico (H₂SO₄), Sais Sulfatados e compostos reduzidos como o Sulfito de Sódio (NaSO₃). Estimativas sugerem que mais de metade do enxofre atmosférico é SO₂ resultante da atividade humana, originando grandes concentrações locais. O restante é produzido como enxofre reduzido, sendo originado por processos naturais.

O interesse pelos compostos de enxofre tem sido intensificado devido, sobretudo, à elevada toxicidade do Sulfureto de Hidrogênio (H_2S) e à sua contribuição na formação de chuvas ácidas, com efeitos nocivos sobre a saúde humana, flora e materiais.

A utilização de combustíveis contendo enxofre é a principal fonte de SO_x . Outras fontes possíveis são a produção de H_2SO_4 e fertilizantes. Muitos processos industriais e o tratamento de resíduos sólidos geram H_2S .

Os odores característicos de compostos orgânicos de enxofre estão associados à produção de pasta de papel e processos petroquímicos.

Compostos de Azoto – o grande interesse nos Óxidos de Azoto [NO_x] está relacionado com a sua participação, na atmosfera, em reações fotoquímicas que originam a produção de poluentes secundários.

Estes óxidos estão intimamente associados com os problemas de poluição de ar conhecidos como Smog Fotoquímico, Buraco do Ozono e Chuva Ácida. O Óxido Nítrico (NO), segundo composto azotado mais abundante, tem a sua principal contribuição ao nível da formação do buraco do ozono.

São conhecidos sete compostos de oxigênio e azoto, globalmente designados por NO_x : N_2O , NO , NO_2 , NO_3 , N_2O_3 , N_2O_4 e N_2O_5 . Outros compostos de azoto são o Ácido Nitroso (HNO_2) e o Ácido Nítrico (HNO_3).

Do ponto de vista de poluição atmosférica, são particularmente importantes os Monóxido e Dióxido de Azoto (NO e NO_2 , respectivamente). Estes dois compostos provêm da combustão de combustíveis fósseis, como resultado da combinação rápida do azoto, existente no ar ou no combustível, com o oxigênio atmosférico, a altas temperaturas.

Outro composto de azoto, o Amoníaco (NH_3), é igualmente importante como poluente atmosférico. É um gás incolor e tem um odor caracteristicamente forte e cáustico. Na presença de água, o amoníaco (alcalino) pode reagir com ácidos, produzindo compostos de amónia, tais como Sulfato e Nitrato de Amónia, os quais dão origem a muitas partículas de formação atmosférica.

Óxidos de Carbono – O Monóxido de Carbono (CO) e o Dióxido de Carbono (CO_2) resultam, respectivamente, da combustão incompleta e completa dos combustíveis fósseis. São considerados como os principais compostos de carbono derivados de processos de combustão. Os vulcões, fogos florestais e a ação de bactérias nos oceanos são outras fontes menos importantes de CO . Cerca de 70% deste poluente é proveniente de fontes móveis e a sua maior fonte natural é a oxidação do CH_4 na troposfera. O CO é um gás incolor, inodoro e insípido e é o mais abundante dos contaminantes de referência. A sua capacidade para se combinar com a hemoglobina (formando-se a carboxihemoglobina, $COHb$) e afetar o transporte de O_2 no sangue, faz com que seja considerado um dos principais poluentes atmosféricos.

Concentrações de CO superiores a 30 ppm originam uma percentagem de $COHb$ superior a 2%, no caso de ser desenvolvida uma atividade que requeira algum esforço físico, o que acarreta problemas temporários de saúde.

O CO_2 é cada vez mais considerado um poluente atmosférico, uma vez que é o principal contribuinte para o efeito de estufa, tornando-se necessário o seu controle.

Compostos Orgânicos – incluem um grande número de hidrocarbonetos (50%) aromáticos e alifáticos, em conjunto com os seus derivados oxigenados e halogenados. À exceção do metano, o mais abundante com concentrações ambientais entre 1 e 6 ppm, são bastante reactivos na atmosfera. São emitidos, principalmente como vapores, mas os menos voláteis podem ocorrer como gotículas ou partículas sólidas.

A maior parte dos Hidrocarbonetos (HC) têm, por si só, uma toxicidade relativamente baixa; são no entanto motivo de preocupação devido à sua actividade fotoquímica, na presença de luz solar e NO_x, formando oxidantes fotoquímicos, dos quais o predominante é o O₃.

Aqueles que são emitidos na fase gasosa, nos processos industriais, têm a designação de Compostos Orgânicos Voláteis (COV's). São pouco abundantes mas são os mais reactivos e incluem Formaldeído, Fenol, Óxido de Etileno, Benzeno, Benzopireno, Dibenzoantraceno, Diclorobenzidina, Isopropanol, CFC's e PCB's, entre muitos outros. São praticamente todos cancerígenos conhecidos ou suspeitos de o serem. Muitos são precursores dos oxidantes fotoquímicos reagindo com os NO_x e o O₂ para produzir Smog e contaminação por aerossóis na presença de radiação solar.

Compostos Halogenados – certos compostos inorgânicos halogenados como o HF e o HCl são produzidos na indústria metalúrgica e outros processos industriais. Ambos são corrosivos e os fluoretos metálicos têm propriedades tóxicas.

Quando os minerais de flúor, como a fluorite e a criolite, estão presentes nas matérias primas de um processo de fabrico que utiliza temperaturas elevadas, um ou mais compostos de flúor voláteis são emitidos para a atmosfera.

3.1 ORIGENS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Diz-se que a atmosfera está contaminada quando existem substâncias em concentrações mais elevadas do que os níveis ambientais, que originam efeitos mensuráveis sobre os humanos, animais, flora ou materiais.

Contaminante	Fonte de Actividade								
	Centrais Térmicas	Tráfico	Aquecimento Doméstico	Refinarias de Petróleo	Extração Minérios	Ind. Química e Farmacêutica	Processamento de Metais	Incineração de Resíduos	Agricultura
Partículas	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓
CO	✓	✓	✓					✓	
CO ₂	✓	✓	✓					✓	
SO _x	✓	✓	✓	✓				✓	
NO _x	✓	✓	✓	✓				✓	
COV's	✓	✓	✓	✓				✓	
O ₃		✓							
HC	✓	✓	✓	✓		✓		✓	
Pb		✓			✓		✓	✓	
Hg	✓		✓		✓	✓	✓	✓	
Cu					✓		✓	✓	
Cd			✓		✓	✓	✓	✓	✓
Zn					✓		✓	✓	
CFC's							✓	✓	

Principais compostos contaminantes do ar e suas fontes.

Conforme já foi anteriormente referido, o tipo de poluentes emitido para a atmosfera está relacionado com os diferentes tipos de indústrias. Cada caso é único, no entanto, existem parâmetros semelhantes devido ao tipo de combustível ou produtos que utilizam.

EFEITOS DAS EMISSÕES DE POLUENTES

Ao nível da saúde humana a poluição atmosférica afeta o sistema respiratório podendo agravar ou mesmo provocar diversas doenças crônicas tais como asma, bronquite crônica, infecções nos pulmões, enfisema pulmonar, doenças do coração e cancro do pulmão.

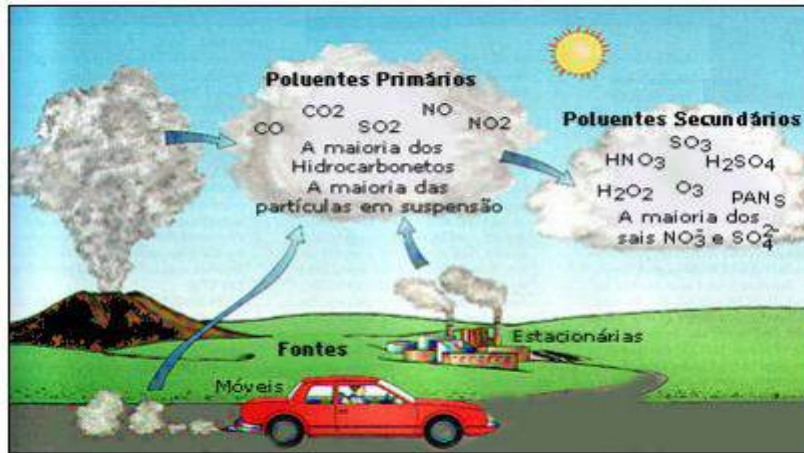
Os poluentes atmosféricos podem afetar a vegetação por duas vias: direta ou indireta. Os efeitos diretos resultam da destruição de tecidos das folhas das plantas provocados pela deposição seca de SO₂, pelas chuvas ácidas ou pelo ozono, refletindo-se na redução da área fotossintética. Os efeitos indiretos são provocados pela acidificação dos solos com a consequente redução de nutrientes e libertação de substâncias prejudiciais às plantas, resultando numa menor produtividade e numa maior susceptibilidade a pragas e doenças.

Os efeitos negativos dos poluentes nos materiais resultam da abrasão, reações químicas diretas ou indiretas, corrosão eletroquímica ou devido à necessidade de aumentar a frequência das ações de limpeza.

As rochas calcárias são as mais afetadas, nomeadamente pela acidificação das águas da chuva. Os odores são responsáveis por efeitos psicológicos importantes estando associados, sobretudo, aos locais de deposição e tratamento de resíduos sólidos e a algumas indústrias de que são exemplo as fábricas de pasta de papel.

Fontes e efeitos dos principais poluentes atmosféricos.

Poluente	Fontes	Processos	Efeito
Óxidos de Enxofre (SO _x)	Antropogénicas	<ul style="list-style-type: none"> • Combustão (refinarias, centrais térmicas, veículos a diesel) • Processos industriais 	<ul style="list-style-type: none"> • Afecta o sistema respiratório • Chuvas ácida • Danos em materiais
	Naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Vulcanismo • Processos biológicos 	
Óxidos de Azoto (NO _x)	Antropogénicas	<ul style="list-style-type: none"> • Combustão (veículos e indústria) 	<ul style="list-style-type: none"> • Afecta o sistema respiratório • Chuvas ácidas
	Naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Emissões da vegetação 	
Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)	Antropogénicas	<ul style="list-style-type: none"> • Refinarias • Petroquímicas • Veículos • Evaporação de combustíveis e solventes 	<ul style="list-style-type: none"> • Poluição fotoquímica • Incluem compostos tóxicos e carcinogénicos
Monóxido de Carbono (CO)	Antropogénicas	<ul style="list-style-type: none"> • Combustão (veículos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz a capacidade de transporte de oxigénio no sangue
	Naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Emissões da vegetação 	
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Antropogénicas	<ul style="list-style-type: none"> • Combustão 	<ul style="list-style-type: none"> • Efeito de estufa
	Naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Emissões da vegetação • Fogos florestais 	
Chumbo (Pb)	Antropogénicas	<ul style="list-style-type: none"> • Gasolina com chumbo • Incineração de resíduos 	<ul style="list-style-type: none"> • Tóxico acumulativo • Anemia e destruição do tecido cerebral
Partículas	Antropogénicas	<ul style="list-style-type: none"> • Combustão • Processos industriais • Condensação de outros poluentes • Extração de minerais 	<ul style="list-style-type: none"> • Alergias respiratórias • Vector de outros poluentes (metais pesados, compostos orgânicos carcinogénicos)
	Naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Erosão eólica • Vulcanismo 	
CFC's e Halons	Antropogénicas	<ul style="list-style-type: none"> • Aerossóis • Sistemas de refrigeração • Espumas, sistemas de combate a incêndios 	<ul style="list-style-type: none"> • Destruição da camada de ozono • Contribuição para o efeito de estufa



Algumas contribuições para a degradação da Qualidade do Ar.

3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR AMBIENTE

A qualidade do ar é o termo que se usa, normalmente, para traduzir o grau de poluição no ar que respiramos.

Conforme a Figura 3 pretende ilustrar, a poluição do ar é provocada por uma mistura de substâncias químicas, lançadas no ar ou resultantes de reações químicas, que alteram o que seria a constituição natural da atmosfera. Estas substâncias poluentes podem ter maior ou menor impacto na qualidade do ar, consoante a sua composição química, concentração na massa de ar em causa e condições meteorológicas (a existência de ventos fortes ou chuvas poderão dispersar os poluentes, ao passo que a presença de luz solar poderá acentuar os seus efeitos negativos).

A Qualidade do Ar é caracterizada através da utilização de indicadores diversos, geralmente expressos pela concentração de um dado poluente num determinado intervalo de tempo. Os indicadores mais utilizados são os poluentes SO₂, NO_x, CO e Partículas Totais em Suspensão (PTS), sendo também classificados como poluentes primários, uma vez que são emitidos directamente para a atmosfera. A concentração de poluentes na atmosfera depende fundamentalmente das suas emissões e das condições meteorológicas existentes podendo, em alguns casos, ocorrer o seu transporte a grandes distâncias antes de atingirem o nível do solo, razão pela qual estas matérias são também objecto de acordos e convenções internacionais.

A poluição do ar tem vindo a ser a causa de um conjunto de problemas, nomeadamente:

Degradação da qualidade do ar;

Exposição humana e dos ecossistemas a substâncias tóxicas;

Danos na saúde humana;

Danos nos ecossistemas e património construído;

Acidificação;

Deterioração da camada de ozono estratosférico;

Entre os efeitos na saúde humana destacam-se os problemas ao nível dos sistemas respiratório e cardiovascular. Quanto aos danos nos ecossistemas podem citar-se a oxidação de estruturas da vegetação, que entre muitas outras consequências pode originar a queda prematura das folhas em algumas espécies ou o apodrecimento precoce de alguns frutos. Finalmente, quando se fala de prejuízos ao nível do património construído, pode dar-se como exemplo o caso dos poluentes acidificantes que atacam quimicamente as estruturas construídas, causando a degradação dos materiais.

Os Efeitos dos Poluentes atmosféricos na saúde humana, e também nos ecossistemas, dependem essencialmente da sua concentração e do tempo de exposição, podendo exposições prolongadas a baixas concentrações serem mais nocivas do que exposições de curta duração a concentrações elevadas. Existem

ainda fatores de sensibilidade nos indivíduos que determinam a maior ou menor severidade dos efeitos, tais como idade, estado nutricional, condição física ou mesmo predisposições genéticas, o que torna necessária a avaliação para diferentes grupos de risco. Este fato faz com que, normalmente, se fale em efeitos crónicos e agudos da poluição atmosférica. Os Efeitos Agudos traduzem as altas concentrações de um dado poluente que, ao serem atingidas, podem ter logo repercussões nos receptores. Os Efeitos Crónicos estão relacionados com uma exposição muito mais prolongada no tempo e a níveis de concentração mais baixos. Embora este nível seja mais baixo, a exposição dá-se por um período prolongado, o que faz com que possam aparecer efeitos que derivam da exposição acumulada a esses teores poluentes.

4.0 Solo

A Terra se divide em núcleo, manto e crosta terrestre. A crosta terrestre, por sua vez apresenta três camadas: rocha matriz, subsolo e solo. O subsolo fornece recursos minerais como água, carvão, petróleo e minérios de ferro, de cobre, de prata, de alumínio, etc. O solo é importante para nossa sobrevivência, pois através dele obtemos nosso alimento.

4.2 Composição do Solo

O solo está dividido em três fases: sólido, líquido e gasoso.

- **Fase sólida:** formado de substâncias provenientes de animais mortos, e de produtos da degradação biológica feita por fungos e bactérias.

- **Fase líquida:** a água do solo contém numerosos materiais orgânicos e inorgânicos, os quais foram desenvolvidos da fase sólida, formando o que chamamos de solução do solo “uma solução de eletrólitos quase em equilíbrio, em que ocorre no solo em condições de não-saturação de umidade”.

Sempre que chove, ou quando se pratica a irrigação, as águas infiltram-se, preenchendo os espaços existentes entre as partículas do solo. A quantidade de água absorvida depende da permeabilidade do solo, pois quando ela é pequena, a maior parte corre pela superfície em direção aos vales e rios carregando elementos nutritivos. A esse fator damos o nome de “erosão”.

Nessa fase temos na solução do solo: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), enxofre (S), cloro (Cl) e sódio (Na).

- **Fase Gasosa:** apresentam os mesmos componentes presentes no ar atmosférico com proporções diferentes. Devido à respiração das raízes e dos microorganismos, à decomposição de matéria orgânica e as reações ocorridas no solo, há consumo de O₂ e liberação de CO₂ com constantes alterações nos fluxos entre os compartimentos.

	% O ₂	% CO ₂	% N ₂
<i>Ar atmosférico</i>	21	0,03	72
<i>Solo</i>	19	0,9	79

4.3 FORMAÇÃO DO SOLO

O solo é formado basicamente por húmus, argila, areia e calcário.

- **Húmus:** formado por restos de animais e vegetais. Possui cor escura e partículas pequenas. É fofo, arejado e permeável suficiente tanto para que a água atravesse como para reter parte dela umidecendo-o. Responsável pela fertilidade do solo. É utilizado como adubo.

- **Argila:** formada por pequenos grãos, quando molhados grudam-se uns aos outros, não deixando passar a água. Usada na fabricação de cimento, tijolos, telhas e filtros de água.

- **Areia:** formada por grãos maiores que a argila. O solo arenoso é aquele que contém 70% de areia, é permeável, deixando a água penetrar rapidamente para as camadas mais profundas, por isso o solo seca logo depois de uma chuva. Com a areia fabricam-se vidros.

- **Calcário:** material esbranquiçado que pode se formar de duas maneiras: a partir de restos de esqueletos, carapaças e conchas de animais aquáticos, ou a partir da evaporação da água doce ou salgada contendo carbonato de cálcio. Com o calcário se produz a cal usada nas construções, na fabricação de giz escolar, gesso e para corrigir a acidez do solo.

4.4 Contaminação do Solo

Abaixo segue as formas mais comuns em que, de modo geral, os contaminantes são encontrados no solo:

1 - Solúveis em água

Os contaminantes presentes nessa forma podem estar livres ou como complexos orgânicos ou inorgânicos solúveis em água.

2 - Adsorvidos em sítios de troca da fração argila

Os contaminantes estão adsorvidos eletrostaticamente, ou seja, apenas por efeito de carga. Nesse caso as cargas negativas ou positivas da fração argila atraem as cargas opostas do contaminante mantendo-os adsorvidos. É uma reação reversível e estequiométrica. É reversível, pois os contaminantes podem ser trocados por outros de valência maior ou que mantém uma maior força iônica em solução. É uma reação estequiométrica, cada carga do contaminante neutralizará uma outra do complexo de troca com sinal oposto.

3 - Adsorvidos especificamente

Nesse caso alguns contaminantes são retidos por minerais de argila, principalmente os óxidos de ferro, alumínio e manganês. A adsorção específica constitui a formação de grupos funcionais de superfície, complexos muito estáveis do tipo "inner - sphere". Não existe, portanto, grupos funcionais aquosos interpostos entre a superfície dos óxidos e o contaminante em questão e a ligação formada tende à covalência. É uma forma de retenção muito mais estável que a adsorção eletrostática e, portanto, o contaminante é retido de maneira muito mais intensa. A ligação não é estequiométrica e tende à irreversibilidade.

4 - Adsorvidos ou complexados pela matéria orgânica

Inclui-se então os contaminantes adsorvidos e complexados nos resíduos de plantas, húmus e organismos vivos (biomassa do solo). Contaminantes com cargas positivas podem ser adsorvidos eletrostaticamente graças às cargas negativas existentes na matéria orgânica e à sua elevada superfície específica ou formar complexos com grupos funcionais carboxílicos, fenólicos ou alcoólicos.

5 - Precipitados como minerais insolúveis, incluindo os oclusos por óxidos

Alguns contaminantes podem se precipitar como minerais insolúveis (exemplo carbonatos) ou serem co-precipitados com a fração oxídica dos solos em condições ambientais específicas.

4.5 Recuperação do Solo

Métodos de remediação e recuperação dos solos

Existem inúmeras técnicas disponíveis para a recuperação de solos e de águas subterrâneas contaminadas, além da biorremediação já discutida. A seleção da técnica apropriada constitui um processo complexo, envolvendo considerações detalhadas das características do local e do poluente, e um estudo da viabilidade técnico-econômica de aplicação das várias alternativas para o local específico.

Considerações de ordem institucional, legal e política contribuem para a seleção final da técnica a ser utilizada, de acordo com a Agência Americana de Proteção Ambiental. Em princípio, requer-se uma remediação que seja adequada tanto à proteção da saúde humana quanto à do meio ambiente de um modo geral, que se deve levar em conta:

- incertezas no que se refere à disposição do poluente no terreno;
- persistência, toxidez, mobilidade e tendência à bioacumulação das substâncias;
- riscos à saúde humana a curto e longo prazo;
- custos de manutenção a longo prazo;
- possibilidade de custos futuros de limpeza se a remediação não funcionar;
- risco potencial à saúde e meio ambiente associado com escavação, transporte, redistribuição ou confinamento.

Tecnologias de tratamento

Diante de várias tecnologias para o tratamento de solos contaminados uma parte destes ainda não é ou é problematicamente difícil de tratar. São vários os fatores que prejudicam o tratamento, dentre eles podem se citar as emissões gasosas de alto risco, além de concentrações residuais elevadíssimas além de produção de grandes quantidades de resíduos contaminados.

Além destes aspectos, algumas das técnicas utilizadas envolvem elevados custos de tratamento. Dos diferentes métodos de descontaminação do solo (biológicos ou não biológicos), apenas os biológicos e a incineração permitem a eliminação ambiental dos poluentes orgânicos, através da sua mineralização.

Os métodos e técnicas disponíveis para tratamento de solos contaminados são:

Tratamento Térmico

As necessidades energéticas das técnicas térmicas são, normalmente, bastante elevadas e são possíveis emissões de contaminantes perigosos. Contudo, em determinados casos, podem ser utilizadas temperaturas substancialmente baixas, levando a consumos de energia relativamente diminutos. O processo é ainda passível de

minimizar outros tipos de poluição ambiental, se as emissões gasosas libertadas forem tratadas. As instalações para este método de tratamento podem ser semimóveis, e os custos dependem, não só do processo em si, como também do teor de umidade, tipo de solo e concentração de poluentes, bem como de medidas de segurança e das regulamentações ambientais em vigor.

Tratamento Físico-Químico

Dos processos físico-químicos, os métodos atualmente mais usados baseiam-se na lavagem do solo. Estes métodos fundamentam-se no princípio tecnológico da transferência de um contaminante do solo para um aceitador de fase líquida ou gasosa. Os principais produtos a obter são o solo tratado e os contaminantes concentrados. O processo específico de tratamento depende do tipo(s) de contaminante(s), nomeadamente no que se refere ao tipo de ligação que estabelece com as partículas do solo.

Geralmente as argilas têm uma elevada afinidade para a maior parte das substâncias contaminantes (por mecanismos físicos e químicos). Assim, para separar os contaminantes do solo, há que remover as ligações entre estes e as partículas do solo, ou extrair as partículas do solo contaminadas. A fase seguinte consiste na separação do fluido, enriquecido em contaminantes das partículas de solo limpas. Adicionalmente pode ser necessário considerar um circuito de exaustão e tratamento do ar, se for provável a libertação de compostos voláteis. A aplicação desta técnica pode não ser viável (técnica e economicamente), especialmente quando a fração argila do solo é superior a 30%, devido à quantidade de resíduo contaminado gerada.

Tratamento Biológico

Os métodos biológicos baseiam-se no fato de que os microorganismos têm possibilidades praticamente ilimitadas para metabolizar compostos químicos. Tanto o solo como as águas subterrâneas contêm elevado número de microorganismos que, gradualmente, se vão adaptando às fontes de energia e carbono disponíveis, quer sejam açúcar facilmente metabolizável quer sejam compostos orgânicos complexos. No tratamento biológico, os microorganismos naturais, presentes na matriz, são estimulados para uma degradação controlada dos contaminantes (dando às bactérias um ambiente propício, oxigênio, nutrientes, temperatura, pH, umidade, mistura, etc.). Em determinadas situações (presença de poluentes muito persistentes), pode ser necessário recorrer a microorganismos específicos ou a microorganismos geneticamente modificados, de modo a conseguir uma otimização da biodegradação. Atualmente as principais técnicas biológicas de tratamento incluem:

- "Landfarming - (sistema de tratamento de resíduos através de um processo biotecnológico, que utiliza a população microbiana do solo para a degradação destes).
- Compostagem- decomposição aeróbia, isto é, sob presença de oxigênio, em resíduos orgânicos por populações microbianas in situ, sob condições total ou parcialmente controladas, que produzem um material parcialmente estabilizado.

- Reatores biológicos - unidades onde ocorre a remoção da matéria orgânica pela ação de microorganismos aeróbios submetidos à aeração, presença constante de ar.
- Descontaminação no local.
- Outras técnicas inovadoras (cometabolismo, desnitrificação, etc).

Estas técnicas, à exceção do "landfarming", estão ainda numa fase de desenvolvimento. Recentemente, tem sido dada particular relevância aos métodos biológicos de descontaminação de solos, tecnologia promissora que pode vir a ter um papel de importância crescente na recuperação de áreas contaminadas pelas atividades industriais e urbanas. O tratamento biológico do solo diminui os riscos para a saúde pública, bem como para o ecossistema e, ao contrário da incineração ou dos métodos químicos, não interfere nas propriedades naturais do solo.

Fitorremediação

Esta técnica biológica procura entender os mecanismos de defesa e tolerância das plantas, seja por exclusão do metal, para evitar ou diminuir sua entrada no vegetal, seja pela produção de proteínas – denominadas fitoquelatinas – que eliminam os metais, seja pela transformação do resíduo tóxico em vertentes menos intoxicantes. Pesquisadores do Laboratório Nacional de Pesquisa em Fitorremediação, da Coreia, transferiram um gene da levedura *Saccharomyces cerevisiae* para o DNA da *Arabidopsis thaliana*, planta modelo em pesquisas genéticas. O gene deu a essa espécie vegetal a capacidade de tolerar metais pesados, como o chumbo e o cádmio. O resultado é uma planta transgênica capaz de absorver esses poluentes da terra e de prevenir a contaminação de humanos, principalmente em regiões industriais.

5.0 Reciclagem de resíduos orgânicos

A compostagem é o processo de transformação de materiais grosseiros, como palhada e estrume, em materiais orgânicos utilizáveis na agricultura. Este processo envolve transformações extremamente complexas de natureza bioquímica, promovidas por milhões de microorganismos do solo que têm na matéria orgânica *in natura* sua fonte de energia, nutrientes minerais e carbono. Por essa razão uma pilha de composto não é apenas um monte de lixo orgânico empilhado ou acondicionado em um compartimento. É um modo de fornecer as condições adequadas aos microorganismos para que esses degradem a matéria orgânica e disponibilizem nutrientes para as plantas.

Dito de maneira científica, o composto é o resultado da degradação biológica da matéria orgânica, em presença de oxigênio do ar, sob condições controladas pelo homem. Os produtos do processo de decomposição são: gás carbônico, calor, água e a matéria orgânica "compostada".

O composto possui nutrientes minerais tais como nitrogênio, fósforo, potássio,

cálcio, magnésio, enxofre que são assimilados em maior quantidade pelas raízes além de ferro, zinco, cobre, manganês, boro e outros que são absorvidos em quantidades menores e, por isto, denominados de micronutrientes. Quanto mais diversificados os materiais com os quais o composto é feito, maior será a variedade de nutrientes que poderá suprir.

Os nutrientes do composto, ao contrário do que ocorre com os adubos sintéticos, são liberados lentamente, realizando a tão desejada "adubação de disponibilidade controlada". Em outras palavras, fornecer composto às plantas é permitir que elas retirem os nutrientes de que precisam de acordo com as suas necessidades ao longo de um tempo maior do que teriam para aproveitar um adubo sintético e altamente solúvel, que é arrastado pelas águas das chuvas.

Outra importante contribuição do composto é que ele melhora a "saúde" do solo. A matéria orgânica compostada se liga às partículas (areia, limo e argila), formando pequenos grânulos que ajudam na retenção e drenagem da água e melhoram a aeração. Além disso, a presença de matéria orgânica no solo aumenta o número de minhocas, insetos e microorganismos desejáveis, o que reduz a incidência de doenças de plantas.

Na agricultura agroecológica a compostagem tem como objetivo transformar a matéria vegetal muito fibrosa como palhada de cereais, capim já "passado", sabugo de milho, cascas de café e arroz, em dois tipos de composto: um para ser incorporado nos primeiros centímetros de solo e outro para ser lançado sobre o solo, como uma cobertura. Esta cobertura se chama "mulche" e influencia positivamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Preparar o composto de forma correta significa proporcionar aos organismos responsáveis pela degradação, condições favoráveis de desenvolvimento e reprodução, ou seja, a pilha de composto deve possuir resíduos orgânicos, umidade e oxigênio em condições adequadas.

Biorremediação

Biorremediação é a utilização de organismos vivos, especialmente microorganismos, para degradar ou transformar poluentes ambientais em substâncias de menor toxicidade. É uma técnica mais utilizada para substâncias orgânicas, como combustíveis e solventes orgânicos, podendo também ser aplicada em substâncias inorgânicas.

Na biorremediação de substâncias orgânicas, geralmente os poluentes são degradados a CO_2 ou CH_4 e H_2O , dependendo das condições do meio, podendo ocorrer em condições aeróbicas e anaeróbicas. Em condições aeróbicas, os microorganismos usam oxigênio atmosférico disponível para oxidar os poluentes em CO_2 e H_2O . Em condições anaeróbicas, as substâncias formadas pela degradação do composto original, geralmente, estarão nas suas formas mais reduzidas, o carbono, por exemplo, na forma CH_4 . A estrutura química dos poluentes orgânicos tem uma grande influência na habilidade dos micro-organismos metabolizarem essas moléculas, especialmente com respeito às taxas e à extensão da biodegradação. Geralmente, compostos ramificados e polinucleados são mais difíceis para degradar

que moléculas mono aromáticas ou com cadeias simples, e aumentando o grau de halogenação da molécula, diminui-se a biodegradabilidade. Ainda considerando poluentes orgânicos, os micro-organismos utilizam o catabolismo e o cometabolismo como principais rotas para a degradação destes contaminantes.

Objetivos da remediação

Os objetivos da remediação deverão ser estabelecidos por meio de processo interativo, tendo em vista o quadro real no local, a viabilidade técnica e respeitando o princípio da proporcionalidade. Uma vez concluída a avaliação de risco, o órgão competente define inicialmente os objetivos de proteção tendo em vista o caso concreto, os bens a proteger e as vias de exposição.

Possíveis objetivos de proteção são, entre outros:

- Evitar a absorção de contaminantes por seres humanos via contato direto ou indireto,
- Evitar a percolação de contaminantes para a água subterrânea,
- Evitar a disseminação de contaminantes através da água subterrânea,
- Evitar a migração de contaminantes em espaços estanques/confinados,
- Evitar a emissão de poeira carregada de poluentes e
- Evitar a absorção de poluentes pelas plantas.

Catabolismo é a parte do metabolismo que se refere à assimilação ou processamento da matéria adquirida para fins de obtenção de energia. A partir de moléculas grandes, que contêm quantidades consideráveis de energia, são geradas moléculas pequenas, pobres em energia (H_2O , CO_2 , NH_3), o organismo aproveita a liberação de energia resultante do processo de degradação.

Muitos micro-organismos são capazes de transformar parcialmente os compostos químicos em produtos que não conduzem energia para o seu crescimento, isto é, transformam um substrato que não promove o crescimento na presença obrigatória de outro substrato que promova o crescimento de outro composto biotransformável. Este processo é denominado de *cometabolismo* e é tipicamente um fenômeno celular. Sua especificidade biológica é caracterizada pelo metabolismo de diferentes substâncias na célula. Estas transformações cometabólicas microbianas indicam que estes processos são normalmente atribuídos a atividades de enzimas não-específicas do metabolismo periférico celular, capazes de modificar outras substâncias que não são seus substratos naturais.

Compostos inorgânicos, como metais e metalóides, não podem ser degradados biologicamente. Entretanto, podem ser transformados ou imobilizados, sendo a biosorção, a bioacumulação, a oxi-redução e a metilação os processos

mais utilizados, via micro-organismos. A biosorção é uma propriedade que certos tipos de biomassa microbianas inativas ou mortas apresentam de se ligar a metais potencialmente tóxicos. A biomassa exibe esta propriedade agindo como se fosse um trocador iônico de origem biológica. A estrutura da parece celular de certas algas, fungos e bactérias são o agente responsável por esse fenômeno (formação de complexos metal-orgânico), podendo-se acumular um excesso de 25% de seu peso seco ou mais, como Pb, Cd, U, Zn, Cr e outros.

A **bioacumulação** resulta do transporte de metais essenciais ao metabolismo microbiano ou das proteínas com potencial para complexar metais. A bioacumulação intracelular é muito menor do que a atingida por adsorção, no intervalo de 0,5% a 2,0% do peso do seco celular. Reações de oxidação em metais potencialmente tóxicos podem ocorrer via micro-organismos, influenciando na disponibilidade de espécies metálicas, podendo diminuir sua toxicidade. Alguns micro-organismos têm a capacidade de metilar e, em alguns casos, a forma metilada é menos tóxica.

As condições ambientais – como tipo de solo, profundidade do nível de água, concentração de nutrientes, potencial redox, pH e temperatura – são os principais fatores que influenciam na biorremediação. Antes de iniciar um projeto de biorremediação, a natureza e a extensão das substâncias químicas do solo deve ser avaliada; então a necessidade de reabilitação pode ser considerada juntamente com as opções disponíveis. Uma estratégia adequada de biorremediação pode ser então desenvolvida e implementada. É importante reconhecer que os solos afetados podem conter substâncias que não são adequadas para a biorremediação.

A gestão da biorremediação dependerá da natureza e da concentração das substâncias químicas, bem como a proximidade do processo de biorremediação de ambientes sensíveis e garantias adequadas para a saúde humana e ao ambiente.

Exercícios.

- 1) Quais as formas mais comuns em que, os contaminantes são encontrados no solo?
- 2) Cite algumas tecnologias de tratamento e recuperação do solo.
- 3) Explique resumidamente cada um dos métodos de tratamento do solo.
- 4) Qual a vantagem de se tratar um solo pelo sistema “landfarming”?
- 5) O que é fitorremediação?
- 6) O que é a compostagem?
- 7) O que é um composto?
- 8) Como o composto pode melhorar a saúde do solo?
- 9) Quais os benefícios que a cobertura morta do solo pode proporcionar?
- 10) O que é Biorremediação?
- 11) O que é Catabolismo?
- 12) O que é Bioacumulação?

6.0 Utilização da água pela indústria

A utilização de água pela indústria pode ocorrer de diversas formas, tais como: incorporação ao produto; lavagens de máquinas, tubulações e pisos; águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor; águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou incorporadas aos produtos; esgotos sanitários dos funcionários. Exceto pelos volumes de águas incorporados aos produtos e pelas perdas por evaporação, as águas tornam-se contaminadas por resíduos do processo industrial ou pelas perdas de energia térmica, originando assim os efluentes líquidos.

Os efluentes líquidos ao serem despejados com os seus poluentes característicos causam a alteração de qualidade nos corpos receptores e conseqüentemente a sua poluição (degradação). Historicamente o desenvolvimento urbano e industrial ocorreu ao longo dos rios devido à disponibilidade de água para abastecimento e a possibilidade de utilizar o rio como corpo receptor dos dejetos. O fato preocupante é o aumento tanto das populações quanto das atividades industriais e o número de vezes que um mesmo rio recebe dejetos urbanos e industriais, a seguir servindo como manancial para a próxima cidade ribeirinha.

A poluição hídrica pode ser definida como qualquer alteração física, química ou biológica da qualidade de um corpo hídrico, capaz de ultrapassar os padrões estabelecidos para a classe, conforme o seu uso preponderante. Considera-se a ação dos agentes: físicos materiais (sólidos em suspensão) ou formas de energia (calorífica e radiações); químicos (substâncias dissolvidas ou com potencial solubilização); biológicos (microorganismos).

A poluição origina-se devido a perdas de energia, produtos e matérias primas, ou seja, devido à ineficiência dos processos industriais. O ponto fundamental é compatibilizar a produção industrial com a conservação do meio ambiente que nos cerca. Somente a utilização de técnica de controle não é suficiente, mas é importante a busca incessante da eficiência industrial, sem a qual a indústria torna-se obsoleta e é fechada pelo próprio mercado. A eficiência industrial é o primeiro passo para a eficiência ambiental.

A poluição pelos efluentes líquidos industriais deve ser controlada inicialmente pela redução de perdas nos processos, incluindo a utilização de processos mais modernos, arranjo geral otimizado, redução do consumo de água incluindo as lavagens de equipamentos e pisos industriais, redução de perdas de produtos ou descarregamentos desses ou de matérias primas na rede coletora. A manutenção também é fundamental para a redução de perdas por vazamentos e desperdício de energia.

Além da verificação da eficiência do processo deve-se questionar se este é o mais moderno, considerando-se a viabilidade técnica e econômica.

Após a otimização do processo industrial, as perdas causadoras da poluição hídrica devem ser controladas utilizando-se sistemas de tratamento de efluentes líquidos.

Os processos de tratamento a serem adotados, as suas formas construtivas e os materiais a serem empregados são considerados a partir dos seguintes fatores: a legislação ambiental regional; o clima; a cultura local; os custos de investimento;

os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado na estação de tratamento de efluentes industriais; a qualidade do efluente tratado; a segurança operacional relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; explosões; geração de odor; a interação com a vizinhança; confiabilidade para atendimento à legislação ambiental; possibilidade de reuso dos efluentes tratados.

Um fator importante que determina o grau de controle da poluição por efluentes líquidos é a localização da indústria. Podemos citar como exemplo o caso de uma indústria que esteja localizada em uma bacia hidrográfica de classe especial, que não poderá lançar nesta nem mesmo os efluentes tratados. Nestes casos é necessário além do tratamento, que seja feito uma transposição dos efluentes tratados para outra bacia, logicamente com maiores custos. Além de atender aos requisitos específicos para o lançamento de efluentes, as características dos efluentes tratados devem ser compatíveis com a qualidade do corpo receptor.

Os sistemas de tratamento de efluentes são baseados na transformação dos poluentes dissolvidos e em suspensão em gases inertes e ou sólidos sedimentáveis para a posterior separação das fases sólida/líquida. Sendo assim se não houver a formação de gases inertes ou lodo estável, não podemos considerar que houve tratamento. A Lei de Lavoisier, sobre a conservação da matéria é perfeitamente aplicável, observando-se apenas que ao remover as substâncias ou materiais dissolvidos e em suspensão na água estes sejam transformados em materiais estáveis ambientalmente. A poluição não deve ser transferida de forma e lugar. É necessário conhecer o princípio de funcionamento de cada operação unitária utilizada bem como a ordem de associação dessas operações que definem os processos de tratamento.

Os sistemas de tratamento devem ser utilizados não só com o objetivo mínimo de tratar os efluentes, mas também atender a outras premissas. Um ponto importante a ser observado é que não se deve gerar resíduos desnecessários pelo uso do tratamento. A estação de tratamento não deve gerar incômodos seja por ruídos ou odores, nem causar impacto visual negativo. Deve-se sempre tratar também os esgotos sanitários gerados na própria indústria, evitando-se assim a sobrecarga no sistema público. Assim cada indústria deve controlar totalmente a sua carga poluidora. Podemos sintetizar que um bom sistema de tratamento é aquele que pode ser visitado.

6.1 PARÂMETROS SANITÁRIOS

São os indicadores utilizados para o dimensionamento e o controle da poluição por efluentes industriais.

Após a utilização das águas pelas indústrias, os diversos resíduos e ou energias são incorporados alterando-lhes as suas características físicas, químicas e sensoriais, gerando assim os efluentes líquidos. Para a avaliação da carga poluidora dos efluentes industriais e esgotos sanitários são necessárias as medições de vazão *in loco* e a coleta de amostras para análise de diversos parâmetros sanitários que representam a carga orgânica e a carga tóxica dos efluentes. Os parâmetros utilizados são conjugados de forma que melhor signifiquem e descrevam as características de cada efluente.

6.2 Características dos poluentes

Nas indústrias as águas podem ser utilizadas de diversas formas, tais como: incorporação aos produtos; limpezas de pisos, tubulações e equipamentos; resfriamento; aspersão sobre pilhas de minérios, etc. para evitar o arraste de finos e sobre áreas de tráfego para evitar poeiras; irrigação; lavagens de veículos; oficinas de manutenção; consumo humano e usos sanitários.

Além da utilização industrial da água, esta também é utilizada para fins sanitários, sendo gerados os esgotos que na maior parte das vezes são tratados internamente pela indústria, separados em tratamentos específicos ou tratados até conjuntamente nas etapas biológicas dos tratamentos de efluentes industriais. As águas residuárias, neste caso os esgotos sanitários, contêm excrementos humanos líquidos e sólidos, produtos diversos de limpezas, resíduos alimentícios, produtos desinfetantes e pesticidas. Principalmente dos excrementos humanos, originam-se os microorganismos presentes nos esgotos. Os esgotos sanitários são compostos de matéria orgânica e inorgânica. Os principais constituintes orgânicos são: proteínas, açúcares, óleos e gorduras, microorganismos, sais orgânicos e componentes dos produtos saneantes. Os principais constituintes inorgânicos são sais formados de ânions (cloretos, sulfatos, nitratos, fosfatos) e cátions (sódio, cálcio, potássio, ferro e magnésio) (VON SPERLING, 1996).

As características dos efluentes industriais são inerentes a composição das matérias primas, das águas de abastecimento e do processo industrial. A concentração dos poluentes nos efluentes é função das perdas no processo ou pelo consumo de água.

A **poluição térmica**, devido às perdas de energia calorífica nos processos de resfriamento ou devido às reações exotérmicas no processo industrial, também é importante fonte de poluição dos corpos hídricos. Neste caso o parâmetro de controle é a **temperatura** do efluente.

As **características sensoriais** dos efluentes notadamente o **odor** e a **cor aparente** são muito importantes, pois despertam as atenções inclusive dos leigos podendo ser objeto de atenção das autoridades.

O **odor** nos efluentes industriais pode ser devido à exalação de substâncias orgânicas ou inorgânicas devidas a: reações de fermentação decorrentes da mistura com o esgoto (ácidos voláteis e gás sulfídrico); aromas (indústrias farmacêuticas, essências e fragrâncias); solventes (indústrias de tintas, refinarias de petróleo e pólos petroquímicos); amônia do chorume.

A **cor** dos efluentes é outra característica confusamente controlada pela legislação. O lançamento de efluentes coloridos atrai a atenção de quem estiver observando um corpo hídrico. A cor no ambiente é a cor aparente, composta de substâncias dissolvidas (corantes naturais ou artificiais) e coloidais (turbidez).

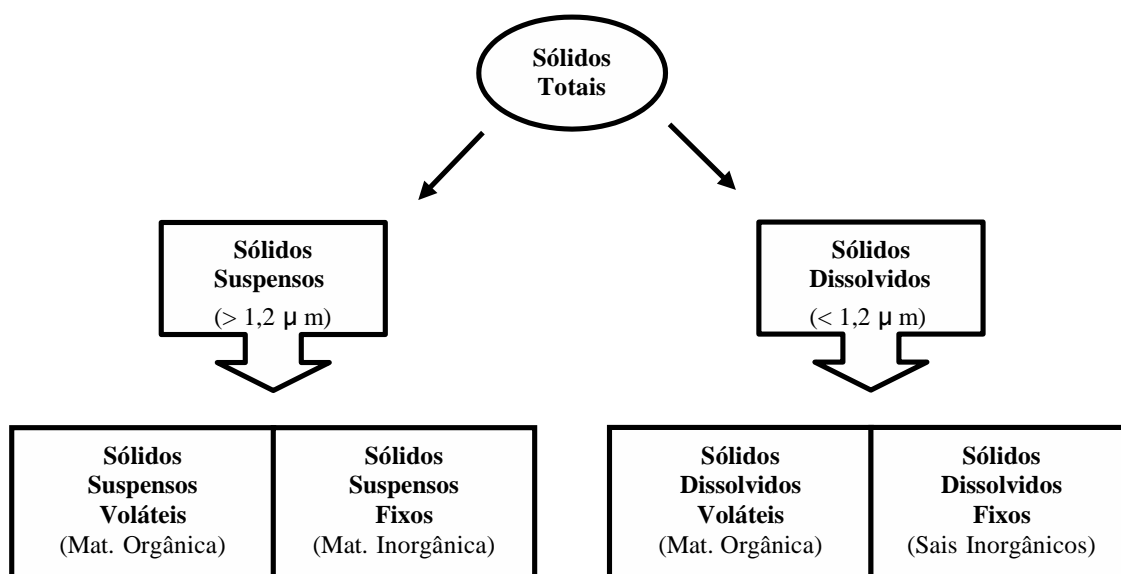
As características físico-químicas são definidas por parâmetros sanitários que quantificam os sólidos, a matéria orgânica e alguns de seus componentes orgânicos ou inorgânicos. Os compostos com pontos de ebulição superiores ao da água serão sempre caracterizados como componentes dos sólidos.

Os **sólidos** são compostos por substâncias dissolvidas e em suspensão, de composição orgânica e ou inorgânica. Analiticamente são considerados como sólidos dissolvidos àquelas substâncias ou partículas com diâmetros inferiores a $1,2 \mu\text{m}$ e como sólidos em suspensão as que possuem diâmetros superiores.

Os **sólidos em suspensão** são subdivididos em sólidos coloidais e sedimentáveis/ flutuantes. Os sólidos coloidais são aqueles mantidos em suspensão devido ao pequeno diâmetro e pela ação da camada de solvatação que impede o crescimento dessas partículas.

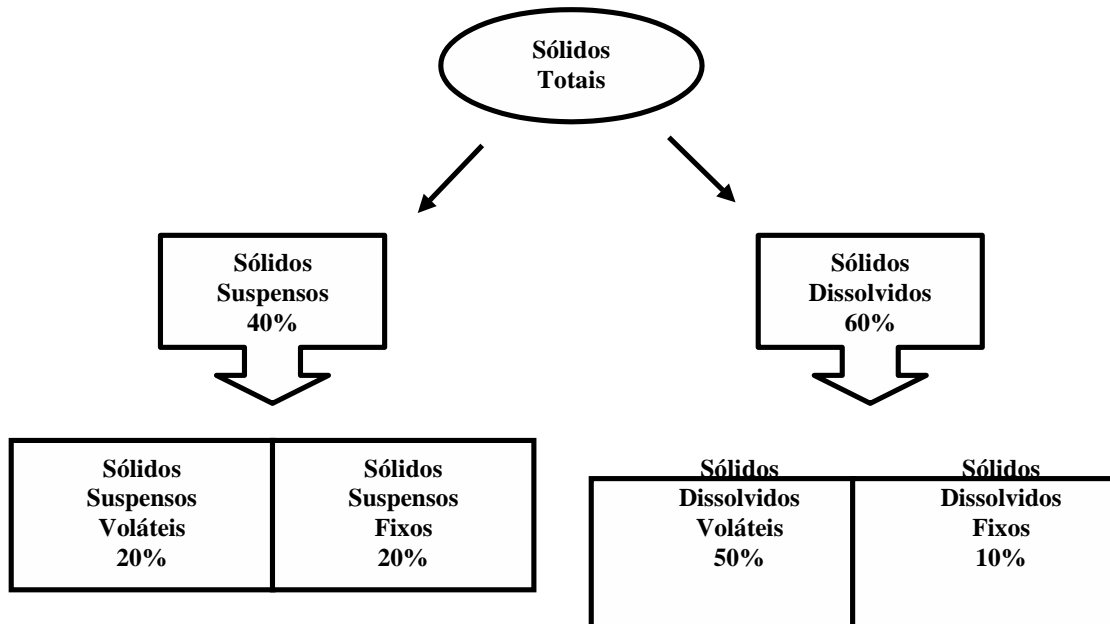
É importante ressaltar que partículas com diâmetro entre $0,001$ e $1,2 \mu\text{m}$ são coloidais (suspensão), mas pela metodologia analítica padronizada são quantificadas como sólidos dissolvidos. Os sólidos sedimentáveis e os flutuantes são aqueles que se separam da fase líquida por diferença de densidade.

Além do aspecto relativo a solubilidade, os sólidos são analisados conforme a sua composição, sendo classificados como fixos e voláteis. Os primeiros de composição inorgânica e os últimos com a composição orgânica. A seguir pode-se observar um esquema de composição de sólidos:



Pelo exposto é importante ressaltar que as análises dos sólidos não distinguem se estamos tratando de substâncias com composição química definida e conhecida, ou se materiais oriundos do processo industrial, produtos do metabolismo dos microrganismos ou se os próprios flocos biológicos.

Na figura a seguir observa-se a mais provável composição dos sólidos nos esgotos sanitários. Para efluentes industriais esta composição varia conforme cada indústria, devendo ser obtida em cada caso.



A matéria orgânica está contida na fração de sólidos voláteis, mas normalmente é medida de forma indireta pelas **demanda bioquímica de oxigênio (DBO)** e **demanda química de oxigênio (DQO)**. A **DBO** mede a quantidade de oxigênio necessária para que os microorganismos biodegradem a matéria orgânica. A **DQO** é a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica. A matéria orgânica ao ser biodegradada nos corpos receptores causa um decréscimo da concentração de **oxigênio dissolvido (OD)** no meio hídrico, deteriorando a qualidade ou inviabilizando a vida aquática.

A matéria orgânica pode ser medida também como **carbono orgânico total (COT)**, sendo este parâmetro utilizado principalmente em águas limpas e efluentes para reuso.

Outros componentes orgânicos tais como os detergentes, os fenóis e os óleos e graxas podem ser analisados diretamente.

Os **detergentes** são industrialmente utilizados em limpezas de equipamentos, pisos, tubulações e no uso sanitário. Podem ser utilizados também como lubrificantes. Existem os detergentes catiônicos e os aniônicos, mas somente os últimos são controlados pela legislação.

Os **fenóis** podem originar-se em composições desinfetantes, em resinas fenólicas e outras matérias primas.

Os **óleos e graxas** estão comumente presentes nos efluentes tendo as mais diversas origens. É muito comum a origem nos restaurantes industriais. As oficinas mecânicas, casa de caldeiras, equipamentos que utilizem óleo hidráulico além de matérias primas com composição oleosa (gordura de origem vegetal, animal e óleos minerais).

O **potencial hidrogeniônico (pH)**, indica o caráter ácido ou básico dos efluentes.

Nos tratamentos de efluentes o **pH** é um parâmetro fundamental para o controle do processo.

6.3 A matéria Inorgânica

A matéria inorgânica é toda àquela composta por átomos que não sejam de carbono (exceto no caso do ácido carbônico e seus sais). Os poluentes inorgânicos são os sais, óxidos, hidróxidos e os ácidos.

A presença excessiva de sais, mesmo sais inertes tais como o cloreto de sódio pode retardar ou inviabilizar os processos biológicos (GRADY Jr et.al., 1980), por efeito osmótico. Em casos extremos podem inviabilizar o uso das águas por salinização.

Os sais não inertes são também analisados separadamente, sendo os principais: os sulfatos que podem ser reduzidos aos sulfetos; os nitratos e nitritos que podem ser desnitrificados; sais de amônia que podem ser nitrificados.

O **nitrogênio** e o **fósforo** são elementos presentes nos esgotos sanitários e nos efluentes industriais e são essenciais às diversas formas de vida, causando problemas devido à proliferação de plantas aquáticas nos corpos receptores. Nos esgotos sanitários são provenientes dos próprios excrementos humanos, mas atualmente têm fontes importantes nos produtos de limpeza domésticos e ou industriais tais como detergentes e amaciantes de roupas (VON SPERLING, 1996, p. 31). Nos efluentes industriais podem ser originados em proteínas, aminoácidos, ácidos fosfóricos e seus derivados.

Os **metais** são analisados de forma elementar. Os que apresentam toxicidade são os seguintes: alumínio; cobre; cromo; chumbo; estanho; níquel; mercúrio; vanádio; zinco. A toxicidade dos metais é função também de seus números de oxidação (cromo trivalente e hexavalente, etc). Outros metais tais como o sódio, cálcio, magnésio, e potássio são analisados principalmente em casos de reuso de águas ou em casos nos quais a salinidade do efluente influencie significativamente em processos de corrosão, incrustação e osmose.

Os principais anions são: amônio; cianeto; carbonato, bicarbonato; hidróxido; nitrato; nitrito; fosfato; sulfato; sulfito; sulfeto.

6.4 Agentes biológicos

Os contaminantes biológicos são diversos agentes patogênicos ou não. As características bacteriológicas dos esgotos referem-se à presença de diversos microorganismos tais como bactérias inclusive do grupo coliforme, vírus e vermes (VON SPERLING, 1996, p. 19). No caso das indústrias, as que operam com o abate de animais também são grandes emissoras de microorganismos, bem como muitas produtoras de alimentos.

Os microorganismos presentes contaminam o solo, inclusive os lençóis subterrâneos e as águas superficiais, sendo responsáveis pelas doenças de veiculação hídrica.

7.0 Gases

Os esgotos podem também contaminar o ar pela emissão de odores fétidos (gás sulfídrico e ácidos voláteis), e pela presença de microorganismos (aerossóis). O ar também pode ser contaminado pelos efluentes industriais, por meio da emissão dos compostos voláteis orgânicos ou inorgânicos. Além dos incômodos causados pelos odores, existe também a toxicidade inerente a cada substância emitida.

Os gases dissolvidos são diversos: o oxigênio, o gás carbônico, a amônia, o gás sulfídrico.

Existe também a emissão de compostos orgânicos voláteis (VOC's) dos efluentes industriais, mas também podem ser oriundos de esgotos domésticos.

Tabelas de classificação dos parâmetros

Características físicas

<i>Nomes dos parâmetros</i>	<i>unidades</i>	<i>uso ou significado sanitário</i>
Sólidos totais (ST)	mg/L	A composição de cada forma dos sólidos expressa direta ou indiretamente os outros poluentes.
Sólidos totais voláteis (STV)	mg/L	matéria orgânica.
Sólidos totais fixos (STF)	mg/L	matéria inorgânica.
Sólidos suspensos (SS)	mg/L	matéria orgânica e inorgânica com $\varnothing > 0,45 \mu\text{m}$.
Sólidos suspensos voláteis (SSV)	mg/L	matéria orgânica ou biomassa
Sólidos suspensos fixos (SSF)	mg/L	matéria inorgânica coloidal e com \varnothing superiores.
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	matéria orgânica e inorgânica com $\varnothing < 0,45 \mu\text{m}$.
Sólidos dissolvidos voláteis	mg/L	matéria orgânica dissolvida
Sólidos dissolvidos fixos (SDF)	mg/L	sais e óxidos solúveis
Curva de distribuição granulométrica	\varnothing %	contribui para a definição do processo de tratamento
Turbidez	uT	permite o conhecimento da transparência dos efluentes e a presença de colóides.
Cor	uH	Está relacionada aos corantes orgânicos sintéticos e ou residuais, aos inorgânicos (metais pesados), aos compostos húmicos e outros subprodutos de biodegradação.
Transmitância	%T	aplicabilidade de UV.
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	processos biológicos e para a solubilidade dos gases na água, além de interferir na velocidade de sedimentação das partículas.
Densidade	g/cm^3	Aplica-se a efluentes com altas concentrações de sólidos
Condutividade	mS/cm	está relacionada à concentração de sais solúveis nos efluentes.

Características químicas inorgânicas

<i>Nomes dos parâmetros</i>	<i>unidades</i>	<i>uso ou significado sanitário</i>
Nutrientes (formas de nitrogênio)	mg/L	Avaliações das concentrações e das formas de nitrogênios disponíveis no meio aquático e ou residuais dos processos de tratamento
Nitrogênio amoniacal, NH_4^+	mg/L	Indica contaminação recente
Nitrogênio orgânico, N_{org}		Indica composto de nitrogênio/ carbono (proteínas, amidas, etc)
Nitrogênio Kjeldahl, $\Sigma [\text{NH}_4^+] + [\text{N}_{\text{org}}]$	mg/L	
Nitritos, NO_2^-	mg/L	Indica a fase da desnitrificação
Nitratos, NO_3^-	mg/L	Indica o estágio máximo da nitrificação
Nitrogênio total, $\Sigma [\text{NH}_4^+] + [\text{N}_{\text{org}}] + [\text{NO}_2^-] + [\text{NO}_3^-]$	mg/L	indica o somatório de todas as formas nitrogenadas
Nutrientes (formas de fósforo)	mg/L	Avaliações das concentrações e das formas de fósforos disponíveis no meio aquático e ou residuais dos processos de tratamento, distinguindo-se as formas oxidadas e reduzidas, assim como, as dissolvidas e particuladas.
Fósforo total, $\Sigma \text{P}_{\text{org}} + \text{P}_{\text{inor}}$ (dis. + part.)		
Fósforo inorgânico, P_{inor}	mg/L	Fosfatos, PO_4^{-3} na forma (dissolvida)
Fósforo orgânico, P_{org}	mg/L	Associado a biomassa (particulado)
potencial Hidrogeniônico, pH	$\log 1/[\text{H}^+]$	Mede a intensidade de acidez ou alcalinidade das águas ou efluentes
Alcalinidade total, $\Sigma [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$	mg/L	Mede a capacidade de tamponamento de uma água ou efluente
Cloreto, Cl^-	mg/L	Indica a contaminação por esgotos e a salinidade
Fluoreto, F^-	mg/L	Controla a fluoretação das águas
Metais tóxicos, Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, V e Zn	mg/L	Alguns têm funções como micronutrientes, mas todos têm caráter tóxico e são bioacumulativos.
Metais (não tóxicos), Ca, Mg, Na, K e Fe	mg/L	Controlam os processos de incrustação, salinização e cor das águas.
Oxigênio dissolvido, OD	mg/L	Indica as condições de qualidade da vida aquática e é utilizado no controle de processos aeróbios.
Sulfetos, S^{2-}	mg/L	São formados pela redução dos SO_4^{2-} e proteínas em meio anaeróbio ou se originam de efluentes de curtumes.

<i>Nomes dos parâmetros</i>	<i>unidades</i>	<i>uso ou significado sanitário</i>
Demanda bioquímica de oxigênio, DBO	mg/L	Quantidade de oxigênio necessária para estabilização da matéria orgânica biodegradável, nas formas dissolvida e coloidal. É uma medida indireta de matéria orgânica.
Demanda química de oxigênio, DQO	mg/L	Quantidade de oxigênio necessária para oxidar por via química enérgica a matéria orgânica, dissolvida ou em suspensão. É uma medida indireta de matéria orgânica.
Carbono orgânico total, COT	mg/L	Mede diretamente o carbono contido na matéria orgânica
Índice de Fenóis	mg/L	É utilizado como microbocida.
Surfactantes (detergentes), MBAS	mg/L	Utilizado para remoção de gorduras
Hidrocarbonetos (BTEX, PAH, e outros)	µg/L	Contaminação de solos ou de águas subterrâneas por combustíveis.
Pesticidas (carbamatos, organofosforados e organoclorados)	µg/L	Resíduos em indústrias de alimentos ou da produção.

<i>Nomes dos parâmetros</i>	<i>unidades</i>	<i>uso ou significado sanitário</i>
Microbiologia (Colimetria, Escherichia coli, NMP/100ml Enterococcus fecais, etc.)		Pesquisa microbiológica e verificação da efetividade dos processos de desinfecção.
Outros organismos (bactérias, protozoários, helmintos e vírus)		Normalmente são pesquisados nos casos de reuso de efluentes
Toxicidade aguda e crônica (Peixes, uT, CENO microcrustáceos e microalgas)		São utilizados para se verificar a toxicidade de uma substância específica ou do efeito sinérgico de diversos poluentes identificados ou não na amostra, relacionando-se ao impacto da biota do corpo receptor

8.0 LEVANTAMENTO DE DADOS NAS INDÚSTRIAS

Procedimentos para a redução das cargas poluidoras

Sendo os efluentes industriais as perdas de água e matérias primas ou produtos oriundos do processo deve-se em primeiro lugar verificar se estas perdas não podem ser evitadas ou reduzidas antes de se realizar o monitoramento.

Processos de limpeza de tanques, tubulações e pisos devem ser sempre focos de atenção, pois nestes pontos originam-se importantes cargas poluidoras.

Sempre que os resíduos puderem ser removidos na forma sólida ou semi-sólida tais como pós ou pastas, deve-se assim proceder, evitando-se a solubilização e o arraste dos mesmos por lavagens. Este princípio pode ser aplicado tanto à limpeza de reatores quanto à de pisos.

Programas de manutenção preventiva devem ser implantados, pois as paralisações do processo produtivo levam muitas vezes do descarte de produtos, aumentando a carga poluidora.

Vazamentos em bombas ou tubulações também ocasionam a geração de efluentes, devendo ser corrigidos.

A correta especificação das matérias primas também evita o descarte de materiais fora de especificação, que é sinônimo de carga poluidora.

A linha divisória entre poluentes e produtos é exatamente a possibilidade de sua utilização pelo mercado. Pode-se concluir que a melhor forma de se controlar a poluição industrial é pela busca incessante da eficiência desses processos.

No caso de indústrias novas deve-se projetá-las com os tanques e tubulações que favoreçam a limpeza e com a melhor relação entre os volume e a superfície interna, o que no caso de limpezas teriam as menores perdas possíveis (produtos aderidos às superfícies das tubulações e tanques). Otimizar o arranjo geral de forma ser possível o menor comprimento de tubulações e ou número reduzido de conexões.

Levantamento de dados industriais

Para caracterizar a carga poluidora dos efluentes industriais é necessário o conhecimento prévio do processo industrial para a definição do programa de amostragem.

As informações importantes a serem obtidas são: Lista de matérias-primas, principalmente aquelas que de alguma forma possam ser transferidas para os efluentes; fluxograma do processo industrial indicando os pontos nos quais são gerados efluentes contínuos ou intermitentes; identificar os pontos de lançamento de efluentes; definir o sistema de medição de efluentes e instalá-lo.

O ritmo produtivo também deve ser conhecido, não só os horários dos turnos de trabalho, como também o das operações de limpeza, manutenção, ou por processos industriais sazonais (indústrias de frutas, produtos têxteis relacionados à moda, cosméticos, bebidas, etc.).

Os parâmetros escolhidos para a caracterização dos efluentes devem ser: representativos da carga poluidora; servirem para a definição do processo de tratamento; servirem para o dimensionamento da estação de tratamento; atenderem ao programa de monitoramento estabelecido para o atendimento à legislação ambiental.

A caracterização físico-química das águas, esgotos sanitários, efluentes industriais e também dos resíduos industriais (resíduos sólidos industriais - RSI), consiste em serviços de determinação no campo e a utilização do controle analítico de laboratório relativos aos parâmetros sanitários e ambientais.

Em virtude dos diferentes tipos de poluentes lançados nos corpos receptores são necessários diversos parâmetros de controle analítico. Os parâmetros normalmente utilizados são os de natureza física, química e biológica.

Além da caracterização físico-química e biológica, é necessária a medição de vazão associada à coleta de amostras.

Programa de amostragem

Após a definição do objetivo da amostragem o programa deve ser elaborado com base no levantamento prévio de dados industriais conforme descrito no item anterior, sendo composto dos seguintes itens:

- Período de amostragem;
- Metodologia para quantificação de vazões;
- Coleta das amostras;
- Análises laboratoriais, sua interpretação e comparação com a legislação ambiental.

Período de amostragem

O período de amostragem pode ser definido pelo órgão ambiental, ou estabelecido de forma que seja representativo pelas características da produção industrial. Os fatores que podem influenciar o período de amostragem são:

- Sazonalidade da produção (indústrias de alimentos, de cosméticos e têxteis);
- Variabilidade da produção;
- Fatores climáticos.

Coletas de amostras em diferentes matrizes

As coletas de amostras podem ser classificadas em simples ou compostas, observando-se que algumas medições diretas devem ser realizadas *in loco*. A definição do tipo de coleta é função da matriz a ser analisada, sendo diversas as matrizes que podem estar relacionadas com a qualidade ou impacto causado pelos efluentes industriais, tais como: águas naturais superficiais (rios, represas, lagoas, lagos e mar), subterrâneas (fontes ou poços); esgotos sanitários e efluentes industriais tratados ou não; resíduos industriais. A seguir as matrizes mais comuns:

• em rios, represas, lagos, lagoas e no mar:

Coletam-se amostras para verificar o enquadramento do manancial em consequência do lançamento de efluentes industriais. No caso de rios os pontos de amostragem devem ser situados à montante e à jusante do ponto de lançamento dos efluentes da indústria, conhecendo-se a zona necessária para a mistura.

- **em esgotos sanitários:**

Pode-se coletar as amostras que caracterizem os esgotos bruto e tratado ou em pontos do processo de tratamento. O objetivo pode ser de tratamento conjunto dos efluentes ou monitoramento independente. Em alguns casos verifica-se a possibilidade de interferência nos sistemas coletores de esgotos sanitários e industriais.

- **em efluentes industriais:**

As amostras dos efluentes brutos servem para quantificar a carga poluidora, verificar a sua variabilidade, definir o processo de tratamento, dimensionar os sistemas de tratamento e para verificar as suas eficácia e eficiência.

- **em águas de abastecimento, com origem na rede pública em águas subterrâneas**

Para análises das águas de abastecimento fornecidas por algum órgão de saneamento; coletam-se amostras na rede de distribuição, nos reservatórios de água e nos pontos de consumo; as amostras de poços freáticos ou artesianos devem ser coletadas nos pontos imediatamente após o bombeamento; as águas de fontes devem ser coletadas no ponto de surgência; é importante o conhecimento das características físico-químicas, principalmente no que se refere às características inerentes à estabilidade (incrustação, corrosão), bem como o atendimento aos padrões de potabilidade.

- **em piezômetros:**

As amostras são coletadas conforme a Norma Brasileira, com o objetivo de monitorar os aterros sanitários, de resíduos industriais e áreas com o solo contaminado.

As técnicas de coleta são definidas a partir da matriz (águas, esgotos sanitários, efluente industrial e ou resíduos), que por sua vez define os parâmetros representativos a serem analisados. Os parâmetros são definidos também pelos objetivos, ou seja, pela utilização dos resultados analíticos.

Amostragem de efluentes industriais

Objetivo: Definição da utilização dos resultados.

Metodologia: Estabelecidos a matriz a ser caracterizada e os objetivos, podem ser definidos o período de coleta, os materiais necessários, as condições para as coletas das amostras e os parâmetros a serem analisados. Para alcançar o êxito, deve-se ter em mente que a amostra coletada deve ser representativa e que essa deve preservar as suas condições até a entrada no laboratório para a execução das análises.

Período: Defini-se o período, no qual serão coletadas as amostras, ou seja, durante quantos dias, em quais e por quantas horas e com qual frequência serão as mesmas coletadas.

Normalmente determina-se o período em função de custos e prazo, desde de que não haja comprometimento da técnica. Este período é função da representatividade que se consegue com a amostra. Se uma indústria opera todos os dias da mesma forma, em um período de três dias pode-se obter amostras representativas. Se a atividade industrial processar frutas que são matérias primas tipicamente sazonais, a caracterização dos efluentes pode ser estendida em diversos períodos, de cada safra.

Materiais e equipamentos: Deve-se listar os materiais para a coleta das amostras, como por exemplo:

Materiais de uso comum – Frascos específicos para os parâmetros a serem coletados (etiquetados, contendo os preservativos químicos ou não), gelo ou geladeira para as amostras, termômetro, fichas de campo, caneta esferográfica, caneta para retroprojektor, relógio, GPS, capas de chuva, réguas, frascos com alça ou cabo, equipamentos de campo (pH, POR, oxímetro, condutivímetro).

Materiais para a coleta em corpos hídricos (rios, lagoas lagos e represas): colete salva-vida, bóia, corda, cinto de segurança, botas, garrafa de coleta e barco.

Materiais para a coleta em sistemas de tratamento de esgotos e efluentes industriais: vertedores e outras instalações de medição de vazão.

Equipe: A equipe para coleta de amostras deve ser constituída pelos técnicos de coleta e por um coordenador de nível superior da área de conhecimento da matriz a ser caracterizada.

Local e ponto de coleta: A localização é sempre a definição macro, ou seja, o endereço da indústria, o porto da cidade X, a ETE Y, etc. O ponto de coleta é definido pela micro-localização: afluente da ETEI; efluente da ETEI; ponto fixado pelas coordenadas geográficas.

Exemplifica-se com um caso de coleta de amostra em rio. A localização pode ser a de um trecho do rio, tal como o médio Paraíba do Sul. Em função do número de pontos, de suas localizações e o tempo necessário para a locomoção entre esses, deve-se definir o número de técnicos para a coleta. Pode-se verificar que a prévia determinação dos pontos é importante, uma vez que define as equipes. Os locais são determinados primeiramente por mapa e marcados ponto a ponto, como por exemplo: debaixo da ponte tal, à tantos metros acima de algum acidente geográfico fixo, amarrar o ponto (coordenadas geográficas com a utilização de GPS), de maneira que se daqui a cinco anos for necessário, possa ser possível voltar exatamente ao mesmo local. Não se pode aceitar a ordem de se fazer a coleta em um determinado local (pelo contratante ou órgão fiscalizador) se não há viabilidade física de coleta (há perigo ou risco de vida), mesmo que o ponto ordenado seja o ponto tecnicamente melhor.

Tipo de coleta

Outra definição importante é sobre o tipo de amostra, ou seja, se a amostra é simples ou composta.

A **Amostra Simples** representa o que está ocorrendo naquele momento. Se o manancial não varia muito, ela pode ser representativa.

A **Amostra Composta** é formada por várias e pequenas alíquotas coletadas ao longo do tempo. À cada turno (8 horas, 24 horas), coletam-se alíquotas que formam as amostras compostas.

A amostra composta pode ser obtida por:

- alíquotas pré-estabelecidas ou volume pré-estabelecido.
- alíquotas variáveis, que são aquelas nas quais o volume varia de acordo com, a vazão (neste caso são amostras de alíquotas proporcionais à vazão), é por isto que em medições de água e esgoto, tem que se ter um vertedor perto do ponto de coleta da amostra.

Dispositivos de Medição de Vazão

Existem dispositivos simples: para pequenas vazões, como por exemplo, cubagem.

Anota-se o tempo que a água leva para encher um recipiente de volume conhecido. Como a vazão é o volume em função do tempo, é só dividir o volume do recipiente pelo tempo que se levou para enchê-lo. Se não se conhece o volume do recipiente, faz-se uma marca no recipiente, anota-se o tempo e depois vai-se aferir o volume em outro local.

Existem locais de difícil acesso sendo praticamente impossível instalar um dispositivo para se medir a vazão, ou nos casos que os custos forem elevados para se instalar um vertedor só para se coletar uma amostra, pode-se adotar o seguinte procedimento:

fecha-se a entrada do reservatório, mede-se a altura (h) e o tempo (T) que leva para se ter um desnível (h). Isto deve ser feito sem que se prejudique o processo de fabricação. Neste caso, deve-se ter conhecimento do processo de fabricação para saber a quantidade de água que se incorporou ao produto (por exemplo refrigerante), e as águas que são evaporadas.

Em indústrias modernas há hidrômetros em cada seção para se controlar o consumo de cada seção da indústria ou etapa do processo. Aproveitam-se as medições parciais obtidas por estes hidrômetros em cada ramal ou seção para se chegar à vazão total.

Vertedores:

Para cada faixa de vazão deve-se adotar um tipo de vertedor, com o seu formato e equação específica.

vertedor retangular sem restrição ou contração $Q > 20 \text{ m}^3$ usado para grandes vazões.

vertedor triangular de Thompson $Q < 50 \text{ m}^3/\text{h}$.

Fluxômetros - Para calhas de rios, utilizam-se fluxômetros para se obter a vazão.

Traçadores Radioativos e Fluorimétricos - são utilizados nos casos de impossibilidade de instalação de medidores de vazão ou até mesmo para a elaboração do “as built” da rede coletora de efluentes. Os traçadores são utilizados também para se conhecer as zonas de dispersão de efluentes lançados em rios ou em emissários submarinos.

8.1 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Os sistemas de tratamentos de efluentes objetivam primordialmente atender à legislação ambiental e em alguns casos ao reúso de águas.

Para a definição do processo de tratamento dos efluentes industriais são testadas e utilizadas diversas operações unitárias. Os processos podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos em função da natureza dos poluentes a serem removidos e ou das operações unitárias utilizadas para o tratamento.

Processos físicos

São os processos que basicamente removem os sólidos em suspensão sedimentáveis e flutuantes através de processos físicos, tais como:

Gradeamento;

Peneiramento;

Separação de óleos e gorduras;

Sedimentação;

Flotação;

São processos físicos também aqueles capazes de remover a matéria orgânica e inorgânica em suspensão coloidal e reduzir ou eliminar a presença de microrganismos tais como:

Processos de filtração em areia;

Processos de filtração em membranas (micro filtração e ultrafiltração);

Os processos físicos também são utilizados unicamente com a finalidade de desinfecção, tais como a radiação ultravioleta.

Gradeamento

Com o objetivo da remoção de sólidos grosseiros capazes de causar entupimentos e aspecto desagradável nas unidades do sistema de tratamento são utilizadas grades mecânicas ou de limpeza manual. O espaçamento entre as barras varia normalmente entre 0,5 e 2 cm.

Peneiramento

Com o objetivo da remoção de sólidos normalmente com diâmetros superiores a 1 mm, capazes de causar entupimentos ou com considerável carga orgânica são utilizadas peneiras.

As peneiras mais utilizadas têm malhas com barras triangulares com espaçamento variando entre 0,5 a 2mm, podendo a limpeza ser mecanizada (jatos de água ou escovas) ou ser estática. No caso de serem utilizadas peneiras em efluentes

gordurosos ou com a presença de óleos minerais deve-se utilizar as peneiras com limpeza mecanizada por escovas.

A utilização de peneiras é imprescindível em tratamentos de efluentes de indústrias de refrigerantes, têxtil, pescado, abatedouros e frigoríficos, curtumes, cervejarias, sucos de frutas e outras indústrias de alimentos.

As peneiras devem ser aplicadas também em outros efluentes que apresentem materiais grosseiros, tais como: fiapos; plásticos; resíduos de alimentos, etc.

Separação água/ óleo

O processo de separação é um processo físico que ocorre por diferença de densidade, sendo normalmente as frações oleosas mais leves recolhidas na superfície. No caso de óleos ou borras oleosas mais densas que a água, esses são sedimentados e removidos por limpeza de fundo do tanque.

O processo é muito utilizado na indústria do petróleo, postos de serviço, oficinas mecânicas e outras atividades que utilizam óleo.

Este processo não é capaz de remover óleo emulsionado, sendo utilizado na etapa preliminar dos sistemas de tratamento.

Sedimentação

O processo de sedimentação é uma das etapas de clarificação, devendo ser aplicado conforme as características de cada efluente e do processo de tratamento.

No caso dos processos que gerem lodos orgânicos deve-se evitar a permanência exagerada desses no fundo dos decantadores para reduzir a sua anaerobiose e a conseqüente formação de gases que causam a flutuação de aglomerados de lodos.

Isto pode ocorrer por simples anaerobiose com a formação de metano e gás carbônico e pela desnitrificação com a redução dos íons nitratos a gás nitrogênio. Pode ocorrer também a formação de gás sulfídrico pela redução do íon sulfato.

A sedimentação é um processo físico, logo se deve evitar nos decantadores as condições para ocorrência da atividade microbiana.

Nos casos de lodos originados nos processos químicos ou com efluentes originados em processos industriais inorgânicos pode-se admitir um tempo de retenção maior dos lodos no fundo dos decantadores.

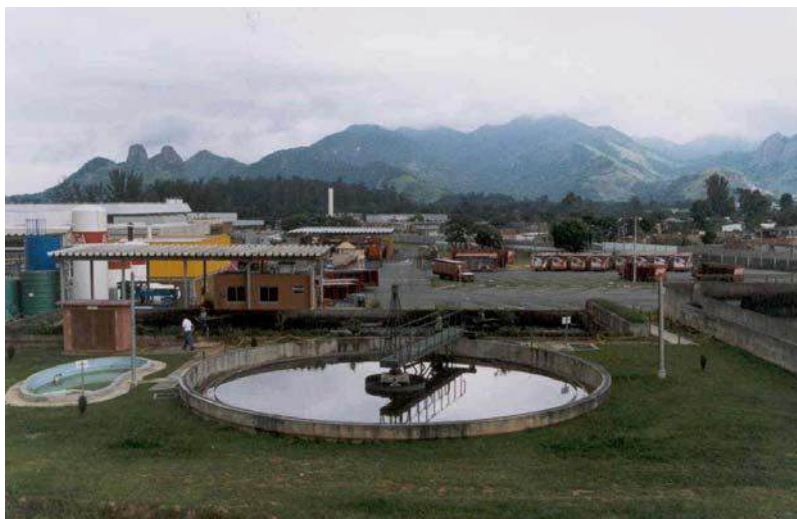
Os decantadores apresentam diversas formas construtivas e de remoção de lodo, com ou sem mecanização. Os decantadores podem ser circulares ou retangulares, com limpeza de fundo por pressão hidrostática ou com remoção de lodo mecanizada por raspagem ou sucção. No caso da presença de escumas (materiais flutuantes), é necessário um removedor de espuma.

Como qualquer outra unidade de tratamento os tanques de decantação são projetados para um equipamento específico ou sistema de limpeza, não sendo viáveis alterações posteriores ao projeto.

Os principais defeitos construtivos ou operacionais dos decantadores podem ser verificados na tabela a seguir:

Defeitos construtivos ou de instalação dos decantadores

Defeitos	Conseqüências
Desnívelamento, baixa inclinação da zona de lodo ou zonas mortas.	Desenvolvimento de atividade microbiana com a conseqüente formação de gases e arraste do lodo para a superfície e perda de lodo.
Desnívelamento do vertedor periférico ou sua má vedação	Curto circuito ocasionando arraste de lodo não sedimentado nestas zonas.
Removedores do lodo com velocidades periféricas superiores a 18 raio / t (m/min).	Ressuspensão de lodo com a possibilidade de arraste.
Taxas de aplicação de carga hidráulica muito altas $> 1\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$.	Arraste de lodo não sedimentado.
Taxa de aplicação de carga hidráulica baixa. $< 0,5\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$. (para lodos orgânicos)	Desenvolvimento de atividade microbiana com a formação de gases e arraste do lodo para a superfície; perda de lodo.
Turbulência causada pela ação dos ventos.	Arraste de lodo.
Ausência de placa defletora ou cilindro defletor central na entrada dos decantadores	Curto-circuito hidráulico e arraste de lodo



Vista de um decantador final instalado em uma indústria de bebidas, com lago de biomonitoramento à esquerda.

Filtração

É o processo da passagem de uma mistura sólido – líquido através de um meio poroso (filtro), que retém os sólidos em suspensão conforme a capacidade do filtro e permite a passagem da fase líquida.

Os filtros podem ser classificados como filtros de profundidade e de superfície. Os filtros de profundidade promovem a retenção de sólidos em toda a camada filtrante. Os filtros de superfície apresentam camada filtrante uniforme, rígida e delgada, sendo o seu funcionamento semelhante ao de uma peneira.

O processo de filtração em membranas é atualmente o processo com maior desenvolvimento para aplicações em efluentes industriais. A sua

aplicação pode ocorrer tanto em reatores de lodos ativados quanto em processos de polimento para retenção de microorganismos ou moléculas orgânicas responsáveis por cor ou toxicidade.

Nos reatores biológicos são empregadas as membranas de microfiltração (concentração de flocos biológicos). Para o polimento dos efluentes são utilizadas as membranas de ultrafiltração (retenção de microorganismos) e nanofiltração (retenção de microorganismos e moléculas orgânicas).

Flotação

A flotação é outro processo físico muito utilizado para a clarificação de efluentes e a consequente concentração de lodos, tendo como vantagem a necessidade reduzida de área, tendo como desvantagem um custo operacional mais elevado devido à mecanização.

A flotação deve ser aplicada principalmente para sólidos com altos teores de óleos e graxas e ou detergentes tais como os oriundos de indústrias petroquímicas, de pescado, frigoríficas e de lavanderias.

A flotação não é aplicada aos efluentes com óleos emulsionados, a não ser que os efluentes tenham sido coagulados previamente.

Além de ser um processo unitário utilizado no nível primário de tratamento, é aplicado também na etapa de espessamento de lodo.

Existem flotadores a ar dissolvido (FAD), a ar ejetado e a ar induzido.

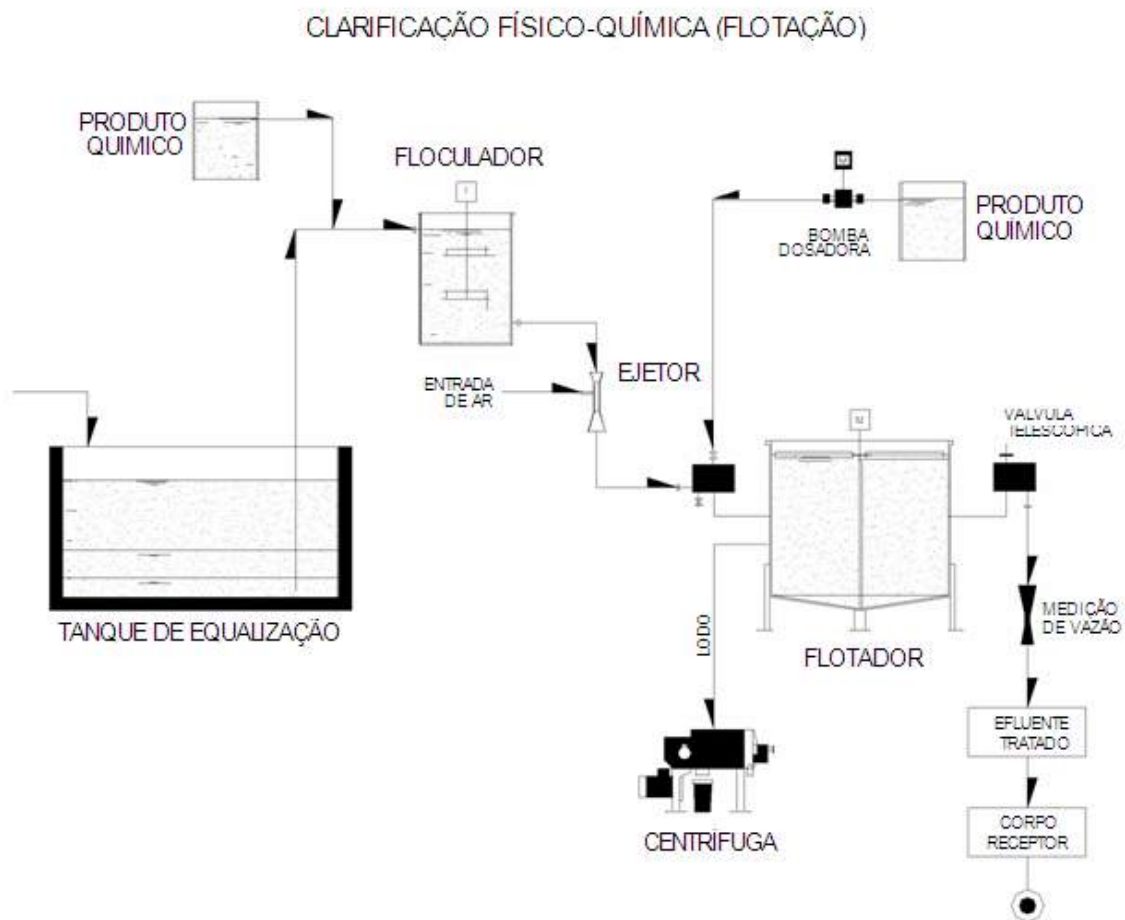
A remoção do material flotado pode ser realizada por escoamento superficial como nos decantadores ou por raspagem superficial.

Defeitos construtivos ou de instalação dos flotadores

Defeitos	Conseqüências
Presença de bolhas grosseiras (ar não dissolvido).	Perturbação da camada de lodo flotado (escuma), causando a sua sedimentação.
Relação entre o ar dissolvido e os sólidos em suspensão não satisfeita.	Sedimentação e arraste de lodo.
Tempo de retenção reduzido ou turbulência na câmara de flotação	Arraste de lodo ou óleos.
Tempo de retenção excessivo na câmara de flotação	Sedimentação e arraste de lodo

O fluxograma a seguir apresenta um esquema típico de flotação para efluentes industriais.

O fluxograma a seguir apresenta um esquema típico de flotação para efluentes industriais.



Processos químicos

São considerados como processos químicos esses que utilizam produtos químicos, tais como: agentes de coagulação, floculação, neutralização de pH, oxidação, redução e desinfecção em diferentes etapas dos sistemas de tratamento; através de reações químicas promovem a remoção dos poluentes ou condicionem a mistura de efluentes a ser tratada aos processos subsequentes. Os principais processos encontram-se listados a seguir:

- Clarificação química (remoção de matéria orgânica coloidal, incluindo os coliformes);
- Eletrocoagulação (remoção de matéria orgânica, inclusive de compostos coloidais, corantes e óleos/ gorduras);
- Precipitação de fosfatos e outros sais (remoção de nutrientes), pela adição de coagulantes químicos compostos de ferro e ou alumínio;
- Cloração para desinfecção;
- Oxidação por ozônio, para a desinfecção;
- Redução do cromo hexavalente;

Oxidação de cianetos;

- Precipitação de metais tóxicos;
- Troca iônica.

A clarificação de efluentes

Os processos físico-químicos aplicados com o objetivo de clarificar efluentes são baseados na desestabilização dos colóides por coagulação seguido da floculação e separação de fases por sedimentação ou flotação.

Os colóides podem ser formados por microorganismos, gorduras, proteínas, e argilas, estando o diâmetro das partículas coloidais na faixa de 0,1 de 0,01 μm .

A desestabilização de colóides pode ser conseguida por diversos meios: o calor; a agitação; agentes coagulantes químicos; processos biológicos; passagem de corrente elétrica (eletrocoagulação), ou ainda a eletrocoagulação com a adição de coagulantes químicos.

A adição de agentes coagulantes (sais de ferro ou alumínio) é muito utilizada, sendo também eficaz para a remoção de fósforo, tendo como desvantagens o custo dos produtos químicos e o maior volume de lodo formado. As grandes vantagens são a praticidade e a boa qualidade dos efluentes obtidos.

A eletrocoagulação é a passagem da corrente elétrica pelo efluente em escoamento pela calha eletrolítica, sendo responsável por diversas reações que ocorrem no meio: a oxidação dos compostos; a substituição iônica entre os eletrólitos inorgânicos e os sais orgânicos, com a conseqüente redução da concentração da matéria orgânica dissolvida na solução; a desestabilização das partículas coloidais.

A separação das fases sólida (escuma) e líquida (efluente tratado) ocorre na própria calha. O arraste para a superfície, dos coágulos e flocos formados, devido à adsorção desses ao hidrogênio gerado por eletrólise; a fase tratada é escoada pela parte inferior da calha. A separação de fases pode ser melhorada por sedimentação posterior, por ocasião da dessorção do hidrogênio.

Precipitação química

A precipitação de metais ocorre pela formação de hidróxidos metálicos, devendo ser verificada a curva de solubilidade dos metais (pH x solubilidade). A maior dificuldade é a precipitação concomitante de diversos metais, sem que as curvas de solubilidade apresentem coincidências entre as concentrações mínimas.

Deve-se observar também se as concentrações mínimas obtidas pelo tratamento quando a precipitação ocorre em um pH comum a diversos metais são inferiores aos limites estabelecidos para lançamento nos corpos receptores ou na rede coletora.

Oxidação de cianetos

Devido à toxicidade inerente ao íon cianeto é necessária a oxidação desses íons, para destruir as ligações formadas entre os cianetos e os metais tóxicos a esses ligados. Deve-se ressaltar que se os metais estiverem complexados pelos cianetos, torna-se impossível a sua precipitação. Os metais mais comumente ligados ao cianeto são o zinco, o cobre, o níquel, a prata e o cádmio.

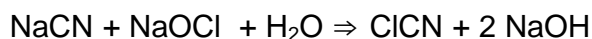
A oxidação dos cianetos ocorre pela reação do íon hipoclorito em meio alcalino,

com a formação do gás carbônico e nitrogênio. Os metais após a oxidação dos cianetos tornam-se insolúveis na forma de hidróxidos. O tempo da reação é de aproximadamente 1 hora, para as duas etapas.

As reações típicas de oxidação são:



As reações parciais da primeira etapa são:



O pH deve ser mantido na faixa superior a 11,5 para evitar a liberação de cloreto de cianogênio (ClCN), gás extremamente tóxico.

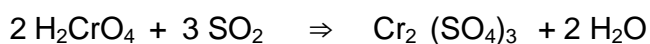
Vantagens	Desvantagens
Controle de produtos químicos	Aumento da salinidade residual
Pode ter controle automático	Ajuste de pH a valores superiores a 11,5
Controlada pela medida de POR e pH (automatismo)	O excesso de cloro na etapa de neutralização pode oxidar o cromo ⁺³
Eficácia comprovada pela grande utilização e atendimento à legislação	Reação lenta
Baixo custo do tratamento	

Redução do Cromo hexavalente

A utilização de cromo hexavalente nos banhos de galvanoplastias e curtumes é a principal origem do cromo nos efluentes industriais. O cromo ainda é utilizado como componente de tintas anticorrosivas e em tratamento de águas para sistemas de resfriamento.

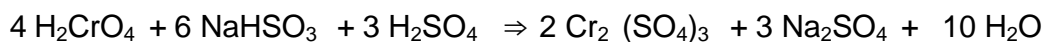
O cromo na forma hexavalente é solúvel em pH ácido ou alcalino. Para que ocorra a sua remoção é necessário que o mesmo seja reduzido para a forma de cromo trivalente e precipitado como hidróxido.

No caso do íon cromato o Cromo +6 é reduzido para o estado de oxidação +3 pela ação do dióxido de enxofre ou compostos derivados (bissulfitos). A redução do cromo ocorre em pH ácido, inferior a 2,5. A velocidade da reação diminui rapidamente se o pH for superior a 3,5, estando as reações apresentadas a seguir:



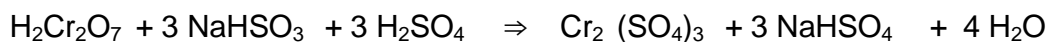
As reações de redução com a utilização de bissulfito são apresentadas a

seguir:



o

u

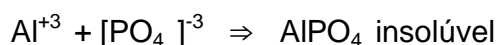
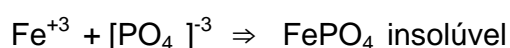


Vantagens	Desvantagens
Controle de produtos químicos	Aumento da salinidade residual
Pode ter controle automático	Ajuste de pH a valores inferiores a 2,5
Controlada pela medida de POR (automatismo)	Necessidade de ventilação dos produtos estocados e dos reatores, devido a exalação de vapores tóxicos de SO_2
Eficácia comprovada pela grande utilização e atendimento à legislação	O excesso de bissulfito no efluente tratado interfere positivamente na DQO
Baixo custo do tratamento	
Reação muito rápida	

Pelas reações apresentadas 3 g de bissulfito de sódio podem reduzir 1 g de cromo hexavalente. Deve-se considerar o consumo de bissulfito devido à presença de compostos orgânicos oriundos dos banhos da galvanoplastia, o que na prática pode aumentar em até 15 % o consumo do bissulfito.

Precipitação do fósforo

A coagulação química e posteriormente a precipitação do fósforo é o método mais eficaz para a remoção deste nutriente dos esgotos sanitários ou efluentes industriais. Outro processo igualmente eficaz é a eletrocoagulação. Em ambos os casos a reação mais comum ocorre entre o íon férrico e o íon fosfato, com a conseqüente precipitação do fosfato férrico. A reação ocorre também com o íon alumínio, por coagulação ou por eletrocoagulação. A reação entre estes íons está apresentada a seguir:



No caso dos efluentes industriais, quando há clarificação dos efluentes à montante das etapas biológicas de tratamento, ocorre também a remoção do fósforo. Assim esse nutriente fica indisponível para a etapa biológica do processo, sendo necessária a sua adição conforme a proporção com a carga orgânica (relação DBO: N: P).

Pode ocorrer também a precipitação química do fósforo pela reação com o cálcio e o magnésio presentes nos efluentes (dureza).

Processos biológicos

Os processos biológicos de tratamento reproduzem em escala de tempo e área

os fenômenos de autodepuração que ocorrem na natureza.

Os tratamentos biológicos de esgotos e efluentes industriais têm como objetivo remover a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, através da transformação desta em sólidos sedimentáveis (flocos biológicos), ou gases .

Os produtos formados devem ser mais estáveis, tendo os esgotos ou efluentes industriais tratados um aspecto mais claro, e significativa redução da presença de microorganismos e menor concentração de matéria orgânica.

Os processos de tratamento biológicos têm como princípio utilizar a matéria orgânica dissolvida ou em suspensão como substrato para microorganismos tais como bactérias, fungos e protozoários, que a transformam em gases, água e novos microorganismos.

Os microorganismos, através de mecanismos de produção de exopolímeros), formam flocos biológicos mais densos que a massa líquida, da qual separam-se com facilidade.

A fração da matéria orgânica transformada em sólidos situa-se na faixa de 6 a 60%, dependendo de diversos fatores, tais como, o processo adotado e a relação alimento / microorganismos (A/M). A outra parte da matéria orgânica é transformado em gases, notadamente o gás carbônico e/ ou em metano nos sistemas anaeróbios.

Os flocos biológicos em excesso, chamado de excesso de lodo, são retirados dos sistemas de tratamento e submetidos a processos de secagem natural ou mecanizada.

Os esgotos e os efluentes industriais clarificados devido à remoção da matéria orgânica em suspensão (coloidal ou sedimentável) e dissolvida, bem como pela redução da presença de microorganismos, são considerados tratados. O grau de tratamento requerido é função da legislação ambiental, ou seja, das características ou pelo uso preponderante atribuído ao corpo receptor. Os principais processos são:

- Lagoas anaeróbias e fotossintéticas;
- Os processos aeróbios são normalmente representados por lodos ativados e suas variantes: aeração prolongada; lodos ativados convencionais; lagoas aeradas facultativas; aeradas aeróbias;
- Os processos facultativos são bem representados pelos processos que utilizam biofilmes (filtros biológicos, biodiscos e biocontactores) e por algumas lagoas (fotossintéticas e aeradas facultativas). Os biocontactores apresentam também processos biológicos aeróbios.
- Os processos anaeróbios ocorrem em lagoas anaeróbias e biodigestores.

Lodos ativados

O processo é fundamentado no fornecimento de oxigênio (ar atmosférico ou oxigênio puro), para que os microorganismos biodegradem a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, transformando-a em gás carbônico, água e flocos biológicos formados por microorganismos característicos do processo.

Esta característica é utilizada para a separação da biomassa (flocos biológicos) dos efluentes tratados (fase líquida). Os flocos biológicos formados apresentam normalmente boa sedimentabilidade.

Com a contínua alimentação do sistema pela entrada de efluentes (matéria

orgânica), ocorre o crescimento do lodo biológico, sendo esse denominado de excesso de lodo. No caso de concentrações de lodo acima das previstas operacionalmente, o mesmo deve ser descartado.

A eficiência do processo está relacionada com a relação de cargas orgânica afluyente (diariamente), e a massa de microorganismos contida no reator (sólidos em suspensão voláteis).

A formação do lodo biológico é fundamentada na presença de compostos com N, P (nutrientes) e Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Cr, Co e Mo (micro-nutrientes).

Supõe-se que sendo o processo aeróbio sempre haverá disponibilidade de oxigênio, sendo recomendadas concentrações na faixa de 0,5 a 2 mgO₂ /L.

A presença de óleos ou gorduras de quaisquer origens na mistura afluyente ao reator pode significar a intoxicação do lodo biológico com a conseqüente redução de sua atividade.

A seguir estão listadas as principais variantes do processo: lodo ativado convencional; aeração prolongada; valo de oxidação; lodo ativado por batelada; lagoa aerada aeróbia e lagoa aerada facultativa.

O processo pode ter: alimentação contínua ou por batelada.

A aeração é normalmente realizada por difusores dispostos no fundo do tanque, por aeradores mecânicos de superfície ou injeção de oxigênio puro. A energia requerida é da ordem de 22 a 25 W / m³.

Lagoas aeradas aeróbias

Nessas lagoas a aeração é mantida de forma que toda a biomassa esteja uniformemente distribuída pela massa líquida, não ocorrendo por conseqüência nenhuma sedimentação de lodo nessa lagoa. As lagoas aeradas aeróbias operam como se fossem tanques de aeração de lodos ativados sem reciclo de lodo. A energia requerida é da ordem de 15 W / m³.

Essas lagoas são instaladas em série com lagoas de decantação ou lagoas aeradas facultativas.

Lagoas aeradas facultativas

As lagoas aeradas facultativas são projetadas para operar com energias inferiores as das lagoas aeradas aeróbias, ou seja, na faixa de 5 W / m³ .

Nessas lagoas em uma parte ocorre a suspensão da biomassa e na outra a sedimentação.

Processos facultativos

Biocontactores

O processo é baseado em um biofilme que utiliza um suporte tal como tubos corrugados ou outros que permitam o contato alternado do esgoto ou efluente com o suporte e o ar atmosférico.

Com o contato contínuo ocorre a produção de biomassa. O crescimento da espessura da camada de biofilme inviabiliza a transferência de oxigênio e substrato para os microorganismos na parte interna do suporte. Com a morte dos microorganismos por falta de oxigênio e substrato, o lodo (biomassa) desprende-se em forma de placas ou pequenos flocos que se separam por sedimentação,

sendo a fase decantada considerada como efluente tratado.

Biodiscos

Em termos de equipamentos o biodisco se assemelha ao biocontactor, mas neste caso o biofilme é suportado por placas circulares, que giram continuamente acionadas por um moto-reductor. O espessamento da camada do biofilme sobre as placas causa o seu desprendimento e deposição no tanque do biodisco. Ocorre assim a digestão do lodo. Existe também um decantador final, para a remoção dos materiais sedimentáveis. O efluente apresenta aspecto cinzento, semelhante ao dos filtros biológicos.

Filtros biológicos

Este é o mais antigo de todos os processos biológicos utilizados racionalmente para o tratamento de esgotos. A diferença fundamental deste processo para o biodisco é que neste caso o leito é fixo e a distribuição é móvel. A sua grande vantagem é a sua capacidade de amortecimento de cargas orgânicas e a variações de pH. Muitas vezes é utilizado associado a outro processo de tratamento complementar. Nestes casos aproveita-se o baixo custo operacional do processo para uma redução de carga orgânica de aproximadamente 60%, complementando-se a eficiência desejada com um processo de custo mais elevado.

8.2 PROCESSOS DE DESAGUAMENTO DE LODOS

A parte dos poluentes removida no fim do processo como lodo necessita na maioria dos casos sofrer um tratamento complementar chamado de condicionamento, que pode ser uma digestão aeróbia ou anaeróbia ou um processo físico (adensamento), ou químico (coagulação).

Adensamento ou espessamento

A concentração de lodo pode ser realizada por gravidade em adensadores ou por flotação, sendo uma etapa prévia, necessária ao condicionamento químico para a secagem mecanizada.

No caso de espessadores estes podem ser operados continuamente ou por batelada.

Os flotadores devem ser operados continuamente e se justificam em sistemas de tratamento com grande produção de lodo.

No caso de adensamento por gravidade os parâmetros de projeto são: a taxa de aplicação de carga de sólidos próxima a 50 kg de sólidos/m².d; taxa de aplicação superficial de lodo inferior a 0,75 m³ / m² / h (IMHOFF, 1986).

Secagem de lodo

Os processos de tratamento de efluentes normalmente geram resíduos sólidos, sejam oriundos das etapas físico-químicas ou biológicas.

A destinação final dos resíduos pressupõe a secagem prévia devido à segurança

ambiental para armazenamento, transporte e destino final, bem como em relação aos custos de destinação. A legislação ambiental e as empresas administradoras de aterros de resíduos perigosos não recebem lodos com água livre e ou que apresentem umidade superior a 70%.

Os processos de secagem de resíduos podem ser classificados em naturais ou mecânicos.

A secagem natural pode ser dividida em leitos de secagem ou lagoas de lodo.

A secagem mecânica pode ser dividida em: filtros-prensa e a vácuo, “decanter” centrífugas e prensa desaguadora contínua (“belt press”).

A secagem de qualquer lodo oriundo de estações de tratamento está intimamente ligada às características de hidratação do lodo e ao destino do mesmo.

No caso de lodos originados em tratamentos biológicos pode-se como etapa prévia reduzir a sua massa através de processos de digestão aeróbia ou anaeróbia; neste caso tem-se um aumento de fração de sólidos fixos em relação aos sólidos voláteis. Estes processos são chamados de estabilização dos lodos e tem como objetivos principais: aumentar a concentração de sólidos no lodo; desestabilizar os colóides responsáveis pela hidratação dos lodos; redução de microorganismos patogênicos no lodo.

Antes da etapa final de secagem utiliza-se o adensamento como uma etapa necessária à concentração do lodo originado nos processos biológicos geradores ou utilizados para a sua estabilização.

O condicionamento químico do lodo a ser submetido à secagem mecânica também é muitas vezes necessário seja pela utilização de floculantes (polieletrólitos) ou pela adição de coagulantes (cal ou sais de ferro ou alumínio), mesmo quando tenha ocorrido o condicionamento biológico prévio.

Secagem natural

Pode ser obtida em lagoas de lodo ou em leitos de secagem. Nos dois casos a secagem é obtida por três fatores: ação dos ventos; temperaturas altas; insolação direta.

A ação dos ventos é o fator mais importante para a secagem do lodo.

As temperaturas mais altas favorecem a formação de vapores de água, acelerando a secagem.

A insolação direta favorece não só o aumento da temperatura do lodo como também os raios solares promovem a degradação dos lodos e a redução de microorganismos.

Lagoas de lodo

A secagem do lodo nas lagoas ocorre de forma lenta, pois normalmente o descarte de lodo é realizado de forma sobreposta. Nestas lagoas ocorre anaerobiose nas camadas inferiores e a presença de algas na camada superior.

Nas lagoas de lodo ocorre o processo de secagem natural por fatores climáticos, bem como pela redução do volume por biodegradação.

Leitos de secagem

O descarte de lodo para os leitos de secagem deve ser realizado de forma única, ou seja, completando-se a altura máxima da camada de lodo de uma única vez.

A altura de lodo não deve ser superior a 0,25 m, para evitar a formação de uma camada de líquidos sobre o lodo ou mesmo intermediária. Não deve ser aplicado lodo sobre camadas previamente drenadas, pois ocorre a formação de camada líquida estanque. Se houver a formação dessa camada a secagem do lodo torna-se muito lenta, dependendo do balanço hídrico da região, desta forma, se houver a formação da camada de líquido sobre o lodo ou fase intermediária, deve-se drená-la ou sifoná-la.

Após o descarte do lodo para o leito de secagem é iniciada a drenagem do mesmo, que ocorre geralmente entre 24 e 48 h. A redução da altura da camada de lodo é de aproximadamente 60%, ou seja, após a drenagem a altura da camada de lodo úmido será de 0,10 m.

Após a drenagem ou desaguamento, inicia-se o processo de secagem propriamente dito, sendo controlada pela ação dos ventos, insolação direta, temperatura ambiente e características do lodo.

Os leitos de secagem devem ser instalados em locais não sombreados e com paredes laterais não superiores a 0,50 m em relação ao nível dos tijolos. Devem ser evitados obstáculos à boa circulação do ar.

A melhor cobertura para os leitos de secagem é a móvel, que evita a chuva, mas mantém o aproveitamento total do sol. Deve-se também utilizar telhas translúcidas, pois são leves e permitem a passagem de parte da luminosidade.

O leito de secagem é o processo que apresenta o lodo seco com menor percentual de umidade e mais estabilizado. São obtidos teores de sólidos de até 80 %.

Apesar da remoção do lodo seco ser manual, este processo apresenta menor envolvimento com mão de obra que os processos mecanizados.

Como desvantagens temos a maior área necessária. Se for necessária uma área superior a 300 m², deve-se realizar um estudo de viabilidade econômica, pois a partir desta área a secagem mecanizada tem custos de instalação inferiores.

Secagem mecânica

Filtro á vácuo

São utilizados dois tipos, sendo um que opera com pré-capa e outro que utiliza uma tela que é continuamente limpa.

A vantagem do filtro a vácuo é o teor de sólidos alto, não sendo necessário o condicionamento prévio do lodo. As desvantagens são o alto consumo de energia e a maior quantidade de lodo gerada quando é necessária a formação de pré-capa.

O teor de sólidos varia normalmente na faixa de 15 a 30%.

Prensa desaguadora contínua - "belt press"

A prensa desaguadora é um equipamento atualmente de custo relativo inferior aos dos outros sistemas mecânicos de secagem.

Para sua operação é necessário o condicionamento de lodo, iniciando pelo

adensamento, sendo necessária a adição de polieletrólito para a desestabilização dos colóides e a formação de grumos.

O teor de sólidos a ser atingido depende das características do lodo, mas normalmente varia na faixa de 15 a 30%.

A desvantagem em relação aos outros processos mecanizados é o maior consumo de água, necessário para a lavagem das telas.

Centrifugação

O decanter-centrífuga pressupõe também o condicionamento do lodo, sendo necessária a adição de polieletrólito para desestabilização dos colóides e a formação de grumos.

Os teores de sólidos no lodo seco variam na faixa de 15 a 30%. No fim de cada ciclo de operação o decanter-centrífuga deve ser lavado.

Filtro-Prensa

O Filtro-Prensa opera em diversas pressões sendo utilizados diversos tipos de tecidos ou telas. Se forem possíveis a sua reutilização os filtros ou telas filtrantes são de tecido e no caso de serem descartáveis são de papel.

A seleção dos tecidos ou papel é realizada através de testes em filtros piloto e no caso de lodos com características conhecidas, pelos catálogos dos fabricantes.

A desvantagem do filtro-prensa é que o sistema é descontínuo, ou seja, a cada ciclo de operação, o sistema deve ser desligado para a remoção das tortas de lodo. As operações de desmoldagem e remoção das tortas podem ser automatizadas.

O lodo seco é o que normalmente apresenta o maior teor de sólidos entre os processos mecanizados (aproximadamente 50 %).

8.3 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Os sistemas de tratamento são constituídos de etapas (operações unitárias), que objetivam a remoção dos poluentes. Para a remoção dos sólidos grosseiros utilizamos as grades, peneiras, sedimentadores e flotadores. Os sólidos coloidais e dissolvidos são removidos utilizando-se os tratamentos físico-químicos. Os processos biológicos são utilizados para a remoção de matéria orgânica dissolvida ou coloidal.

Níveis de tratamento

A seguir são descritos os níveis de tratamento (preliminar, primário, secundário e terciário) e suas aplicações.

Preliminar - destina-se à remoção de sólidos sedimentáveis grosseiros (areia, terra diatomácea, carvão, pó de pedra e similares), em caixas de areia; sólidos com diâmetros superiores a 1 mm (penas, plásticos, fios e similares), são removidos em peneiras; sólidos com diâmetros superiores a 10 mm podem ser removidos em grades.

O nível preliminar compreende também a remoção por diferença de densidade dos óleos e graxas **livres** em separadores (SA0) de água e óleo (caixas separadoras tipo API, TPI).

Primário - destina-se à remoção de sólidos por sedimentação ou flotação (utilizando-se sedimentadores ou flotadores), ou pela associação de coagulação e floculação química (clarificação físico-química para a remoção de matéria orgânica coloidal ou óleos e gorduras emulsionados).

Nesta etapa são removidos normalmente componentes tóxicos (excesso de detergentes, corantes, amidas, etc), matéria orgânica, gorduras e metais pesados (dissolvidos).

Secundário - destina-se à remoção de matéria orgânica biodegradável dissolvida ou coloidal. Nesta etapa podem ser também removidos os nutrientes: nitrogênio e/ou fósforo.

Terciário - destina-se à melhoria da qualidade dos efluentes tratados pelas remoções de cor residual; turbidez (remoção de colóides, metais pesados, nitrogênio, fósforo, compostos orgânicos refratários aos níveis de tratamento anteriores); e desinfecção do efluente tratado.

Principais processos de tratamento

Devido à complexidade da composição dos efluentes industriais, são necessárias as associações de diversos níveis de tratamento para a obtenção de efluentes com as qualidades requeridas pelos padrões de lançamento.

A definição do processo de tratamento deve considerar também: custos de investimentos e custos operacionais (energia requerida, produtos químicos, mão-de-obra, manutenção, controle analítico e geração de resíduos), área disponível para a implantação do tratamento, clima, legislação, a classe do corpo receptor, proximidade de residências, direção de ventos, estabilidade do terreno, assistência técnica e controle operacional.

Os processos mais indicados para efluentes da tipologia comum no parque industrial brasileiro estão indicados a seguir.

Indústrias alimentícias

Estão indicadas as principais etapas de tratamento que apresentem sucesso operacional.

Bebidas (refrigerantes)

Os efluentes são gerados nas lavagens das salas da xaroparia, linhas de enchimento de latas e garrafas, pisos, descartes de produtos retornados do mercado e esgotos sanitários.

Os efluentes são ricos em açúcares, alguns corantes e outros componentes das bebidas. Os efluentes apresentam também partículas de carvão oriundas da xaroparia e óleos minerais oriundos de vazamentos das máquinas de processo e das oficinas de manutenção.

O pH dos efluentes depende do tipo de embalagem produzida pela indústria. No caso da utilização de soda cáustica para a lavagem de embalagens retornáveis, o efluente é alcalino podendo ser o pH até 12, a DQO é no máximo de 1000 mgO₂/L.

No caso da produção com embalagens descartáveis só são gerados os efluentes das bebidas diluídas ou seja com pH ácido e a DQO pode ser de até 5500 mgO₂/L.

O processo mais usual de tratamento desse efluente é constituído de três etapas:

Preliminar (remoção de areia, separação de água e óleo e peneiramento); Primário (correção de pH);

Secundário (reator anaeróbio seguido de lodos ativados)

Bebidas (cervejas)

Os efluentes são gerados nas lavagens das salas de fermentação, linhas de enchimento de latas e garrafas, lavagens de pasteurizadores, lavagens de pisos, descartes de produtos retornados do mercado e esgotos sanitários dos funcionários.

Os efluentes são ricos em açúcares (malte e cevada) e outros componentes das cervejas. Os efluentes apresentam também partículas de terras diatomáceas oriundas da filtração do mosto e óleos minerais oriundos de vazamentos das máquinas de processo e das oficinas de manutenção.

O pH dos efluentes é normalmente levemente ácido ou neutro e a DQO é normalmente 2000 mgO₂/L.

O processo mais usual de tratamento desse efluente é constituído de três etapas:

Preliminar (remoção de areia, separação de água e óleo, peneiramento e correção do pH);

Secundário por processo misto anaeróbio e aeróbio. A etapa anaeróbia é composta de biodigestão em duas etapas sendo a primeira constituída por hidrólise ácida e a segunda pela etapa metanogênica. A eficiência complementar é obtida por processos aeróbios compostos por lagoa aerada ou lodos ativados.

Secundário simples, pode ser composto somente de processo aeróbio, no caso os lodos ativados.

Pescado

Os efluentes são gerados em diversas etapas do processamento do pescado, tais como: recepção do pescado, condensação nas câmaras frigoríficas, evisceração, salmoura, acondicionamento em latas, cozimento, adição do óleo, recravamento das latas, lavagens das latas, autoclavagem e lavagens para resfriamento. Além das águas de lavagens do pescado temos também as lavagens de pisos e equipamentos. São incluídos nos efluentes industriais os esgotos sanitários dos funcionários.

Os efluentes industriais são compostos da matéria orgânica oriunda do processamento do pescado, dos produtos utilizados em limpezas e pelo sal das salmouras descartadas.

Os efluentes apresentam pH próximo ao neutro (6,2-7,0), a DQO média de 4300 mgO₂/L, a DBO 1700 mgO₂/L, e os óleos e graxas superiores a 800 mg/L.

O processo de tratamento que há mais de 15 anos tem apresentado sucesso no Brasil e que considera inclusive a sazonalidade da pesca é o processo constituído de três etapas:

Preliminar (peneiramento e equalização): remoção de escamas e pedaços de peixes.

Primário (clarificação físico-química por adição de coagulantes químicos e cloreto férrico, por flotação): remoção de óleos emulsionados, e sólidos coloidais.

Secundário (biodigestão): remoção da matéria orgânica dissolvida em reator anaeróbio.

Abatedouro de aves

Os efluentes são gerados nas lavagens de pisos e das instalações nas seguintes etapas da produção: área de recebimentos das aves; lavagens das caixas utilizadas no transporte; sala de abate; sala de sangria; escaldamento; depenagem mecanizada; evisceramento; resfriamento com gelo; embalagem; congelamento; expedição. São gerados efluentes nas lavagens de gases se houver fabricação de farinhas de aves.

A concentração de matéria orgânica nos efluentes varia de 1000 a 3700 mgO₂/L em função das quantidades de água utilizadas no processo em relação ao número e peso dos frangos abatidos. É importante saber se o sangue é retirado antes da lavagem da sala de sangria, pois isto pode reduzir a carga orgânica da indústria.

Os processos largamente utilizados no Brasil são constituídos de até três etapas: preliminar, primária e secundária

Preliminar (peneiramento para remoção de penas e vísceras, separação de gorduras);

Secundário (lagunagem - utilizar uma série de lagoas anaeróbia, facultativa e de aguapé).

No caso de não haver espaço disponível para a implantação de lagoas o processo preliminar é complementado com o tanque de equalização, seguido de clarificação físico-química (flotação) e tratamento biológico por lodos ativados.

Obs.: Recomenda-se o aproveitamento do sangue, vísceras e penas na fabricação de farinha de aves (ração).

Abatedouros de bovinos e/ou suínos

Os efluentes são gerados nas seguintes etapas do processo industrial:

- Águas de Banho: São as águas utilizadas para lavar e acalmar os animais antes do abate. Estes efluentes contêm pequena quantidade de esterco e terra.
- Limpeza de pocilgas e currais: A limpeza de currais é semanal de primeiro

é feita uma raspagem dos sólidos (esterco), sendo feita após uma lavagem. Os efluentes contêm esterco e terra.

- Lavagem da sala da sangria: A lavagem é contínua e a maior parte do sangue e conseqüentemente da carga orgânica é carregada neste ponto.

Lavagem de vômito: É feita anteriormente a sala da sangria.

- Lavagem da carcaça: São águas usadas para a limpeza das vísceras e da carcaça. Os efluentes contêm sangue e a maior parte esterco.
- Limpeza dos equipamentos: São águas utilizadas para lavar as instalações do matadouro durante o abate e como limpeza final. São efluentes de maior volume.
- Limpeza da graxaria: Águas de condensação dos digestores e drenagem dos decantadores de graxas.
- Águas de cozimento: são as águas de cozimento da fabricação de embutidos.

O processo técnica e economicamente viável é composto da etapa preliminar com separação de gorduras, sólidos grosseiros (resíduos de carne, estrume, etc.), e lagoas em série (lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa ou aerada).

A concentração de matéria orgânica nos efluentes se for incluído o sangue e o estrume pode chegar até uma DQO de 12.000 mg O₂/ L. Se o efluente for decantado pode-se reduzir a carga orgânica para até uma DQO de 3000 mg O₂/ L.

Deve-se observar que um abatedouro é uma atividade industrial que deve estar localizada de forma a ter uma área disponível para aplicar o processo de lagoas, objetivando-se reduzir os custos totais de operação e instalação da atividade.

Laticínios

Os efluentes industriais dos laticínios são oriundos das diversas etapas de lavagens de pisos e equipamentos que arrastam resíduos de leite e seus derivados incluindo também produtos de limpeza.

A qualidade dos efluentes varia em função dos produtos industrializados (resfriamento e ensacamento, fabricação de queijos, yogurtes, manteiga, requeijão, leite em pó, etc.), capacidade de produção, "lay-out" industrial, tecnologia utilizada para a higienização das instalações e qualidade do leite utilizado.

A minimização da geração de efluentes pode ser conseguida desde que sejam utilizadas membranas filtrantes com reuso de água e incorporação do rejeito na produção industrial. O tratamento dos efluentes gerados pode ser conseguido através de diversos tipos de processos tais como;

Preliminar (separação de gorduras, utilizando-se caixas de gordura);

Primário: flotação com o auxílio da coagulação química para a remoção de gorduras.

Secundário (lodos ativados, biodigestor, ou lagoas).

É fundamental o aproveitamento do soro do leite, que não deve ser descartado para o efluente.

Os efluentes brutos apresentam uma rápida alteração do pH devido à fermentação láctica, o que deve ser considerado em relação aos materiais empregados na execução do sistema de tratamento.

Os efluentes tratados apresentam concentrações inferiores a 10 mg O₂/ L em relação a DQO. Isto demonstra a excelente biodegradabilidade dos efluentes pois na indústria de laticínios pode-se obter DQO superiores a 7.000 mg O₂/ L no efluente bruto.

8.4 Indústrias químicas

Tintas

Existem diversos tipos de tintas tais como: tintas gráficas para impressão em papéis, latas, plásticos; tintas para revestimentos internos e externos base água ou base óleo; tintas automotivas, industriais, navais, etc.

As indústrias de tintas podem sintetizar componentes tais como as bases oleosas (sínteses de esmaltes acrílicos, fenólicos, etc.), ou simplesmente misturarem os componentes utilizando moinhos, balanças, misturadores e enchedoras.

Quando as indústrias são de simples mistura os efluentes são oriundos de lavagens de equipamentos e da higiene pessoal na área de produção.

Se a indústria sintetizar também as bases das tintas existem também as águas de condensação desta etapa do processo que são tóxicas e apresentam elevada carga orgânica. Os pigmentos são orgânicos, ditos não tóxicos e os inorgânicos compostos por óxidos de metais pesados.

O tratamento dos efluentes dessas indústrias são os compostos por processos físico-químicos, e na maioria dos casos são completados por processos biológicos aeróbios. O objetivo desses tratamentos é reduzir a carga orgânica, a carga tóxica associada e a concentração de metais pesados. As etapas mais comuns são:

Preliminar (equalização);

Primário (clarificação físico-química por adição de coagulantes químicos ou eletrocoagulação e sedimentação/ flotação);

Secundário (lodos ativados).

Obs. As eficiências do tratamento são variáveis, dependendo das concentrações iniciais dos efluentes brutos.

Têxteis

As indústrias têxteis têm abrangência desde a produção dos fios sejam sintéticos ou naturais beneficiados, até a produção dos tecidos ou produtos finais.

A produção envolve diversas etapas incluindo diversos tratamentos químicos. Os efluentes têxteis são ricos em produtos químicos variados incluindo os corantes naturais e os sintéticos.

Os processos de tratamento objetivam clarificar os efluentes e reduzir a toxicidade inerente aos produtos químicos utilizados, a carga orgânica, os detergentes e a

cor oriunda da mistura de corantes aplicados. As etapas de tratamento estão indicadas a seguir:

Preliminar (peneiramento para a remoção de fios e equalização);

Primário (eletrocoagulação).

Normalmente são utilizados processos de coagulação química e flotação, seguido de lodos ativados.

Petroquímicas

Os efluentes petroquímicos são compostos de resíduos de petróleo de diversas origens, seus derivados e produtos químicos utilizados no processamento de refino ou beneficiamento. Existe também a presença de poluentes originados no próprio petróleo (fenóis, metais pesados, hidrocarbonetos, etc.), ou originados no transporte (sais das águas de lastro).

Os processos de tratamento objetivam reduzir a carga orgânica, sua toxicidade inerente, a carga oleosa incluindo óleos emulsionados, a presença de compostos nitrogenados, etc. As etapas normalmente encontradas em instalações petroquímicas são:

Preliminar (remoção de areia e separação de água e óleo);

Secundário (lagoas aeradas ou lodos ativados).

Pode ser necessária também a introdução de um tratamento de nível primário para a clarificação físico-química dos efluentes (remoção de óleos emulsionados, metais pesados, sulfetos e compostos orgânicos tóxicos). Nesse caso recomenda-se a utilização de flutuadores a ar dissolvido ou ejetado.

Farmacêuticas

Os efluentes são gerados em indústrias de síntese ou de misturas. Os efluentes de síntese apresentam altas concentrações de matéria orgânica, sais e toxicidade. A presença de compostos aromáticos ou cíclicos, nitrogenados e que apresentam cor residual também é freqüente.

A indústria de misturas produz efluentes muito semelhantes aos seus produtos diluídos, pois preponderantemente são originados nas lavagens de pisos das áreas de produção, equipamentos e tanques de processo. Os processos de tratamento objetivam normalmente a correção de pH, a remoção da carga orgânica, e eventualmente a redução de cor. Alguns efluentes contendo antibióticos também necessitam serem desativados antes do processo biológico de tratamento, pois afetam a eficiência do mesmo. Os processos são normalmente compostos das seguintes etapas:

Primário (correção de pH);

Secundário (lodos ativados).

Reciclagem de papéis

Estes efluentes são gerados na produção da massa de papel e sua reciclagem (águas de lavagens das máquinas de forma). Os efluentes podem ser completamente reciclados.

Primário (clarificação físico-química por flotação, para a remoção de fibras), sendo os efluentes e a massa de papel, reusados no processo.

Galvanoplastia

Os efluentes são gerados nas lavagens de peças após a imersão nos banhos o que ocasiona o arraste destas substâncias gerando os efluentes. Desta forma todas as substâncias presentes nos banhos estarão presentes nos efluentes em concentrações diferenciadas. Os efluentes são tóxicos, necessitando-se remover metais pesados, cianetos e a correção do pH. As etapas de tratamento são:

Primário (processo químico de tratamento composto de oxidação de cianetos, redução de cromo hexavalente e precipitação de metais pesados).

Terciário (polimento com resina de troca iônica).

Pode-se reduzir a vazão dos efluentes desde que seja feito o reuso com a utilização de resinas de troca iônica.

8.5 Reuso de água na indústria

O reuso de efluentes tratados, para fins não potáveis tem sido cada vez mais aceito. A viabilidade desta alternativa tem sido comprovada. Enquanto o tratamento de efluente convencional tem como objetivo natural atender aos padrões de lançamento a motivação para o reuso é a redução de custos e muitas vezes a assecuração do abastecimento de água.

A primeira etapa a ser definida é a especificação da qualidade da água requerida. Deve ser compatibilizada a vazão a ser reutilizada com a vazão do efluente tratado.

Para implantar um sistema de reuso, deve-se complementar o sistema de tratamento de efluentes existente. A complementação do tratamento tem como objetivo garantir a qualidade do efluente tratado com a do uso a que estiver destinado.

Deve-se lembrar sempre que ao se decidir pelo reuso simplesmente, deixa-se de lançar um efluente tratado no corpo receptor produzindo água, geralmente consumida no setor de utilidades. Isto inclui a estação de tratamento de efluentes definitivamente no processo industrial.

A implantação do reuso é feita com a instalação de unidades necessárias ao polimento, tais como: sistemas de filtração em membrana; oxidação química; desinfecção; etc.

Os casos de poluição térmica são os mais conhecidos casos de reuso, pois é necessário somente realizar o resfriamento da água para o fechamento do circuito. É importante ressaltar que águas em circuito fechado necessitam de tratamento específico.

O tratamento biológico dos efluentes seguido de ultrafiltração em membranas possibilita o reuso dos efluentes industriais ou sanitários tratados. Nesses casos a melhor reutilização é para sistemas de resfriamento.

Há casos nos quais uma simples filtração é suficiente, retornando a água para alguma etapa do processo.

No caso das indústrias de reciclagem de papéis não somente a água é reusada como também o lodo gerado (massa de papel), é reaproveitado na fabricação. Neste caso o próprio tratamento de clarificação por flotação é suficiente para atender a qualidade do processo industrial, que utiliza essas águas para a limpeza das telas das máquinas. Neste caso a reposição é necessária para compensar a

água evaporada no processo de secagem dos papéis.

Monitoramento dos efluentes industriais

A obtenção da característica físico-química dos efluentes industriais permite a comparação com os padrões da legislação ambiental e quando associados com as suas vazões permite também o cálculo da carga poluidora industrial. As análises dos efluentes nas estações de tratamento permitem o cálculo das suas eficiências.

Os parâmetros representativos para caracterizar um efluente são sempre relacionados com o processo industrial estudado. No item 2 comentamos a legislação ambiental e no item 3 temos os significados sanitários de cada parâmetro. A partir desse conhecimento podemos estabelecer um programa de caracterização ou um programa de monitoramento da ETEI.

No caso de dimensionamento de uma ETEI realizamos previamente um programa de monitoramento denominado de “Estudo de Caracterização dos Efluentes”. Esse estudo tem como objetivo obter as características físico-químicas e suas vazões. Os resultados devem servir para comparação com a legislação ambiental e atender ao órgão fiscalizador como também serem úteis para o projetista.

As características de um efluente só serão evidenciadas se o período de coleta for suficiente para demonstrar a variabilidade tanto da composição quanto das vazões. Isto é mais importante se a indústria operar sazonalmente, tais como; indústrias têxteis devido à moda; indústrias de frutas devido à safra; indústrias de cosméticos devido às estações do ano, etc.

Para fins de monitoramento de estações de tratamento devemos estabelecer programas que sejam representativos do processo de tratamento adotado, ou seja dos objetivos, das operações unitárias instaladas e dos parâmetros de projeto adotados. Alguns parâmetros são indicados para atendimento à legislação sem que sejam estritamente necessários à operação da ETEI.

As estações podem ser monitoradas de forma global entre os pontos do efluente bruto e do efluente tratado, ou incluindo-se a eficiência das etapas. No caso de se incluir o controle das etapas do tratamento, não é necessário o controle de todos os parâmetros em todas as suas etapas.

O monitoramento da ETEI tem primordialmente o objetivo do controle operacional e conseqüentemente o atendimento à legislação.

ROTEIRO DE ORIENTAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL (PCA)

O Plano de Controle Ambiental (PCA) deve ser apresentado para o pedido da Licença Ambiental de Instalação (LI).

O PCA deve apresentar todos os impactos previstos para a fase de implantação da obra, as respectivas medidas mitigadoras e/ou de controle e como ficarão registrados estas medidas mitigadoras/controles.

Os registros poderão ser feitos por meio de fotos, relatórios, fichas de registros, notas fiscais e documentos (CTR's - Certificados de Transportes de Resíduos, etc.) desde que comprovem a adoção das medidas mitigadoras/controles adotados.

O PCA deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

1. Identificação do Estabelecimento - razão social, localização e natureza do empreendimento.
2. Descrever os impactos / interferências que ocorrerão no transcorrer da obra e indicar as medidas mitigadoras propostas, de acordo com as informações apresentadas no Relatório Ambiental Simplificado (RAS) ou no Relatório Ambiental Preliminar (RAP), conforme o caso. As medidas propostas deverão ser claramente descritas.
3. Descrever quais serão as ações de controle dos impactos / interferências apontados no item anterior.
4. Descrever qual será o método de registro que comprova o controle dos impactos / interferências (fotos, relatórios, fichas de registro, CTR's, documentos fiscais, etc)
5. O PCA deve ser assinado pelo responsável pela elaboração e implantação do plano.
6. O PCA deve servir de subsídio para a elaboração do Relatório Final da Obra , a ser entregue para solicitação da Licença Ambiental de Operação - LO.

Seguem quadros para facilitar a compreensão dos dados solicitados e de documentos de controle.

Quadro 1 – Sugestão de ações de controle e forma de registro para os impactos previstos

OBSERVAÇÃO: Os serviços, impactos / interferências, ação / controle e forma de registro descritos no Quadro 1, são apenas exemplos, devendo o empreendedor adaptá-la à sua obra, indicando inclusive outros impactos e as respectivas medidas mitigadoras / controle, quando for o caso.

Quadro 2 – Modelo de CTR – Controle de Transporte de Resíduos

Quadro 3 – Sugestão de documento para compilação de todos os CTR's - Controle de Transporte de Resíduos.

O documento com todos os dados compilados dos CTR's, os CTR's e as licenças ambientais do local de destinação dos resíduos, deverão ser apresentados no Relatório Final de Obra, documento solicitado para o pedido da licença de operação.

SERVIÇO	IMPACTO / INTERFERÊNCIA	AÇÃO/CONTROLE	FORMA DE REGISTRO
<i>Terraplenagem Escavação</i>	* (Material particulado, ruídos dos equipamentos, resíduos, estabilidade do terreno, recalque)	** (lavagem de rodas, cobertura de caçambas, medições para controle de recalque, entre outros)	*** (fichas de registros, fotos, CTR's, relatórios técnicos, entre outros)
<i>Concretagem</i>	* (Ruídos, tráfego, entre outros)	** (jornada de trabalho dentro do permitido, sinalização, entre outros)	*** (fichas de registros, fotos, documento comprovando a solicitação de orientação ao serviço de trânsito, entre outros)
<i>Demais Serviços</i>	* (ruídos de equipamentos e de veículos, material particulado, contaminação por combustível, geração de resíduos, entre outros)	** (controle e destinação correta dos resíduos da construção civil, utilização de equipamentos ruidosos em local confinado, manutenção, abastecimento de combustível por comboio, entre outros)	*** (documento de controle de transporte e destinação final de resíduos da construção civil, documento evidenciando a forma de abastecimento dos veículos/equipamentos, fichas de registros, fotos, CTR's, entre outros)
<i>Drenagem</i>	* (limpeza das vias)	** (esgotamento de águas diretamente no sistema público de drenagem)	*** (fichas de registro, fotos, entre outros)
<i>Efluente Doméstico do Canteiro de Obras</i>	* (contaminação do solo, saúde do trabalhador, entre outros)	** (lançamento no sistema público)	*** (fichas de registro, fotos, documentos solicitando ligação ao SEMASA)
<i>Abastecimento de Água</i>	* (saúde do trabalhador)	** (abastecimento através do sistema público)	*** (fichas de registro, fotos, documentos solicitando ligação ao SEMASA)

* Listar os impactos causados pelos serviços listados na coluna anterior;

** Descrever a ação de controle dos impactos / interferências;

*** Descrever as formas de registro adotada, tais como, fotos, relatórios, fichas de registro, CTR's, documentos fiscais, etc.

Exercícios

01.No lançamento de efluentes tratados em uma água Classe 1, é necessário observar alguns procedimentos.

Considerando esses procedimentos, julgue as assertivas abaixo:

- I. Atender as condições e padrões de lançamento de efluentes.
- II. Não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para a Classe 1, nas condições da vazão de referência.
- III. Atender as outras exigências aplicáveis.
- IV. Elevar o pH do corpo receptor.
- V. Elevar a DBO do corpo receptor.

02. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam às condições e padrões previstos nessa Resolução. Considerando essa informação, julgue as assertivas a seguir:

- I. O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.
- II. Os critérios de toxicidade previstos no item anterior devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.
- III. A temperatura deverá ser inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura, desde que não comprometa os usos previstos para o corpo de água.
- IV. Os materiais sedimentáveis, quantificados em cone 1 m h o f f por u ma hora, deverão ser $\leq 1\text{mL/L}$.
- V. Os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes, para lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula.

03.Pela sua toxicidade comprovada, a concentração de chumbo total deve ser controlada nos efluentes líquidos. Por isso, existe uma concentração máxima que pode ser lançada em um corpo receptor.

Considerando essa informação, julgue os itens abaixo:

- I. 0,1 mg Pb/L. II. 0,2 mg Pb/L. III. 0,3 mg Pb/L. IV. 0,4 mg Pb/L. V. 0,5 mg Pb/L.

04. O ciclo hidrológico é de vital importância para a manutenção da vida na terra. Em relação aos fenômenos que estão envolvidos nesse ciclo, julgue os itens abaixo:

- I. Evaporação e precipitação.
- II. Evaporação, precipitação e infiltração.

- III. Evaporação e infiltração.
- IV. Evaporação e escoamento superficial.
- V. Evaporação, precipitação, escoamento superficial e infiltração.

05. A poluição natural das águas decorre de fenômenos naturais, alheios à presença do homem. Com relação às fontes naturais de poluição, julgue as assertivas abaixo:

- I. Arraste de poeira e microrganismos presentes no ar pela chuva.
- II. Decomposição de folhas nos rios e lagos.
- III. A água, como solvente universal, reflete a composição do terreno por onde passa.
- IV. Excreta (fezes e urina) e resíduo sólido urbano.
- V. Despejos sólidos, líquidos e gasosos das indústrias.

06. No tratamento de efluentes líquidos domésticos, são envolvidas algumas etapas. Com relação a essas etapas, julgue os itens abaixo:

- I. Tratamentos físico e químico.
- II. Tratamentos físico e biológico.
- III. Tratamentos químico e biológico.
- IV. Tratamentos físico, químico e biológico.
- V. Tratamentos físico e térmico.

07. O tratamento de efluentes líquidos industriais requer o cumprimento de etapas indispensáveis. Considerando-se todas essas etapas, julgue os itens abaixo:

- Tratamentos físico e químico.
- II. Tratamentos físico, químico e biológico.
- III. Tratamentos físico e térmico.
- IV. Tratamentos físico e biológico.
- V. Tratamentos químico e biológico.

08. O nível de tratamento do efluente líquido de uma indústria depende de algumas variáveis. Considerando-se as variáveis importantes, julgue as assertivas abaixo:

- I. Características do efluente líquido bruto.
- II. Padrão efluente para descarga em um corpo receptor específico.
- III. Disponibilidade de área.
- IV. Vazão do corpo líquido receptor.
- V. Concentração de oxigênio do corpo líquido receptor.

- Em uma pequena comunidade não existe estação de tratamento de esgotos. Para atender à implantação de um restaurante em um parque municipal, a secretaria de meio ambiente do município encarregou você de fazer os estudos da necessidade de tratamento dos efluentes deste restaurante, considerando como parâmetro de decisão a Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (índice de concentração de matéria orgânica presente num volume de água e, por consequência, um indicativo dos seus efeitos na poluição). Como você sabe, a DBO é dada em mg/L, ou seja, o número de miligramas indica a quantidade necessária de oxigênio para que bioquimicamente seja estabilizada a matéria orgânica presente em um litro de esgoto. Ao analisar o projeto, você estudou dados referentes ao restaurante e ao córrego onde se deseja depositar o efluente desse restaurante, como descrito no quadro abaixo.

Dados/Informações Técnicas

Quanto ao restaurante:

- irá servir 500 refeições diárias;
- terá uma contribuição diária de despejos de 25 L / refeição;
- a DBO do seu efluente é de 300 mg /L.

Quanto ao córrego onde se deseja depositar o efluente desse restaurante:

- apresenta uma vazão crítica de 40 L/ s;
- apresenta DBO admissível de 10 mg/L;
- apresenta DBO real de 9,6 mg/L.

Diante dos resultados dos estudos que você apresentou ao secretário do meio ambiente, ele lhe fez as seguintes solicitações:

a) explique a necessidade de tratamento dos efluentes do restaurante considerando a DBO como parâmetro de decisão

b) indique qual será a redução de DBO, em mg / l, necessária para adequação do efluente às condições do córrego.

-Lagoas de estabilização consistem em sistema simplificado, de eficiência satisfatória e baixo custo para tratamento de efluentes urbanos e diversos efluentes industriais. O projeto de um sistema de lagoas usualmente associa uma ou mais modalidades (anaeróbias, facultativas, de maturação) oferecendo vantagens e desvantagens para cada caso. Apresente as vantagens e riscos potenciais de emprego de lagoas anaeróbias antecedendo as facultativas para remoção de poluentes orgânicos.

-Apresente as razões para emprego de profundidade mais elevada em lagoas anaeróbias, comparativamente as lagoas facultativas.

-Descreva as características de funcionamento de lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação.

- Em que consiste e para que serve um sistema de tratamento de águas residuárias?

- Descreva: Impacto Ambiental e Poluição Ambiental.

- A qualidade da água pode ser expressa por um conjunto de parâmetros característicos entre os quais encontra-se a DBO e a DQO. Em que consiste, para que serve e como se obtém esses parâmetros?

- Quais as medidas de controle de poluição ambiental?

- Descreva como você entende o tratamento químico, tratamento biológico e qual o objetivos destes tratamentos.

- Cite vantagens da implantação do controle ambiental no Setor INDUSTRIAL.

10.0 Legislação Federal

Resolução CONAMA nº 20, de 18 de Junho de 1996

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, no uso de suas atribuições que lhe confere o art. 7º, inciso IX, do Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, e o que estabelece a RESOLUÇÃO CONAMA nº 003, de 5 de junho de 1984;

Art. 21 – Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam às seguintes condições:

- a) pH entre 5 e 9;
- b) Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C;
- c) Materiais Sedimentáveis: até m/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nulas, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor;
- e) Óleos e graxas:
 - Óleos minerais até 20 mg/L;
 - Óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/L;
- f) Ausência de materiais flutuantes;
- g) Valores máximos admissíveis das seguintes substâncias:

Amônia	5,0 mg/L N
Arsênio	0,5 mg/L As
Bário	5,0 mg/L Ba
Boro Total	5,0 mg/L B
Cádmio Total	0,2 mg/L Cd
Chumbo Total	0,5 mg/L Pb
Cianetos	0,2 mg/L CN
Cobre Total	1,0 mg/L Cu
Cromo Hexavalente	0,5 mg/L Cr
Cromo Trivalente	2,0 mg/L Cr
Estanho Total	4,0 mg/L Sn

Ferro Solúvel	15,0 mg/L Fe
Fluoretos	10,0 mg/L F
Índice de Fenóis	0,5 mg/L
C ₆ H ₅ OH Manganês Solúvel	1,0 mg/L Mn
Mercúrio Total	0,01 mg/L Hg
Níquel Total	2,0 mg/L Ni
Prata Total	0,1 mg/L
Ag Selênio Total	0,05 mg/L
Se Sulfetos	1,0 mg/L S
Sulfitos	1,0 mg/L
SO ₃	
Zinco	5,0 mg/L Zn

Outras substâncias em concentrações que poderiam ser prejudiciais: de acordo com limites a serem fixados pelo CONAMA.

h) Tratamento especial, se provirem de hospitalar e outros estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos.

10.1 Portaria N°154, de 22 de Julho de 2002 (DOE - 01.10.2002).

PORTARIA N.º154/2002

Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras.

A Superintendente da SEMACE, no uso de suas atribuições legais, especificamente nas disposições do art. 9º, inciso III, XIV e art.20 e incisos da Lei Estadual nº 11.411, de 28 de dezembro de 1987, com a nova redação da Lei nº 12.274, de 05 de abril de 1994, e:

CONSIDERANDO a necessidade de estabelecer-se padrões de lançamento para os efluentes das indústrias instaladas nos Distritos Industriais dotados de Sistema Público de Esgoto provido de Estação de Tratamento;

CONSIDERANDO a necessidade de estabelecer-se os padrões de lançamento nos corpos receptores, para os efluentes industriais e de outras fontes de poluição hídrica, que se encontram instaladas em áreas desprovidas de um sistema de esgotamento sanitário;

CONSIDERANDO a necessidade de estabelecer-se padrões de lançamento para os efluentes industriais e outras fontes de poluição hídrica que utilizam a Rede Pública de Esgoto com disposição final no oceano através do Emissário Submarino;

CONSIDERANDO que a saúde e o bem estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático não devem ser afetados em consequência da deterioração da qualidade das águas;

CONSIDERANDO o regime de intermitência dos corpos receptores dos efluentes líquidos industriais e domésticos e a escassez das reservas de água do Estado;

RESOLVE:

Art. 1º As indústrias instaladas em Distritos Industriais dotados de Sistema Público de Esgoto provido de Estação de Tratamento deverão, obrigatoriamente, utilizar-se do referido sistema. Parágrafo único - Os casos excepcionais serão analisados por esta autarquia.

Art. 2º O efluente industrial ao ser lançado na rede coletora pertencente ao Sistema de Esgotamento Sanitário dos Distritos Industriais, deverá obedecer aos seguintes padrões de lançamento:

I - pH : 6,0 a 10,0 ;

II - temperatura: inferior a 40º C;

III - materiais sedimentáveis: até 20,0 mL/L em teste de 1 hora em “Cone Imhoff”.

IV - substâncias solúveis em hexano: 100,0 mg/L;

V - ausência de solventes, gasolina, óleos leves e substâncias explosivas ou inflamáveis;

VI - ausência de substâncias que causem ou possam causar obstruções das canalizações ou interferência na operação do sistema de tratamento;

VII - ausência de qualquer substância em concentração potencialmente tóxica aos processos biológicos de tratamento de esgoto;

VIII - concentração máxima dos seguintes elementos, ou substâncias, conforme Anexo I.

IX - regime de lançamento contínuo de 24 (vinte e quatro) horas por dia, com vazão máxima de até 1,5 (uma vez e meia) a vazão média horária;

X - ausência de águas pluviais em qualquer quantidade;

XI - qualquer lançamento de águas residuárias no sistema público deverá ser feito por gravidade. Quando houver necessidade de recalque dos efluentes, estes deverão passar por uma caixa quebra de pressão, do qual partirá um conduto livre até o coletor;

XII - no ponto de ligação dos despejos industriais à rede pública de esgoto deverá haver medidor de vazão e facilidade de acesso à coleta para amostragem;

XIII - caso a concentração de qualquer elemento ou substância estabelecida nesta Portaria, atingir valores prejudiciais ao bom funcionamento do sistema de coleta, transporte e tratamento de esgotos, os limites fixados nos incisos I, III, IV e VIII, bem como as concentrações máximas de outras substâncias potencialmente prejudiciais, poderão ser revistos pela concessionária de serviços públicos responsável por sua operação com a prévia anuência desta autarquia de controle ambiental;

XIV - as indústrias com vazões de efluentes iguais ou superiores a 500,0 m³/dia deverão dispor de medidores de vazão do tipo volumétrico, com capacidade para medir vazão instantânea e para totalização de volume acumulado em períodos pré-determinados, bem como medidores de pH, temperatura e parâmetros especificados por esta autarquia de controle ambiental, respeitando-se a existência de tecnologia para a referida medição, devendo os dados estarem disponíveis a qualquer momento para esta entidade ambiental e para a concessionária dos serviços de esgotos;

XV - as indústrias com vazões de efluentes inferiores a 500,0 m³/dia deverão dispor de medidor de vazão calibrado de acordo com as normas da ABNT e certificado por instituição credenciada pelo INMETRO;

XVI - os efluentes industriais referidos no caput deste artigo deverão ser lançados na rede pública de esgotos, através de ligação única, cabendo à concessionária de serviços de esgotamento sanitário do sistema admitir, em casos excepcionais e tecnicamente justificáveis, o recebimento dos efluentes por mais de uma ligação;

§1º Em relação à concentração máxima da substância Sulfeto Total, constante do Anexo I, as empresas terão o prazo de 24 (vinte e quatro) meses, a partir da data de publicação dessa Portaria, para atenderem ao parâmetro no limite estabelecido. Nesse período o valor máximo permitido será de 15,0 mg S/L.

§2º As indústrias terão o prazo de 6 (seis) meses para atendimento aos incisos XIV e XV deste artigo. O prazo mencionado será contado a partir da data de publicação desta Portaria.

Art. 3º Os efluentes de qualquer fonte poluidora, incluindo as indústrias, que estejam instaladas em região dotada de Rede Pública de Esgoto com disposição final no oceano através do Emissário Submarino, deverão ser obrigatoriamente interligados ao Sistema, obedecendo aos seguintes padrões de lançamento:

I - pH : 6,0 a 10,0;

II - temperatura: inferior a 40º C;

III - materiais sedimentáveis: até 20,0 mL/L em teste de 1 hora em "Cone Imhoff";

IV - substâncias solúveis em hexano: 100,0 mg/L;

- V - ausência de solventes, gasolina, óleos leves e substâncias explosivas ou inflamáveis;
- VI - ausência de substâncias que causem ou possam causar obstruções das canalizações ou interferência na operação do emissário submarino;
- VII - concentração máxima dos seguintes elementos, conjunto de elementos ou substâncias, conforme Anexo II.
- VIII - regime de lançamento contínuo de 24 (vinte e quatro) horas por dia, com vazão máxima de 1,5 (uma e meia) vez a vazão diária;
- IX - ausência de águas pluviais em qualquer quantidade;
- X - qualquer lançamento de águas residuárias no sistema público deverá ser feito por gravidade, quando houver necessidade de recalque dos efluentes, estes deverão passar por uma caixa quebra de pressão, do qual partirá um conduto livre até o coletor;
- XI - no ponto de ligação dos efluentes líquidos à Rede Pública de Esgoto deverá haver um medidor de vazão e facilidade de acesso à coleta para amostragem;
- XII - caso a concentração de qualquer elemento ou substância estabelecida nesta Portaria atingir valores prejudiciais ao bom funcionamento do sistema de coleta, transporte e tratamento de esgotos, os limites fixados nos incisos I, III, IV e VIII, bem como as concentrações máximas de outras substâncias potencialmente prejudiciais, poderão ser revistos pela concessionária de serviços públicos responsável por sua operação com a prévia anuência desta autarquia de controle ambiental;
- XIII - as indústrias com vazões de efluentes iguais ou superiores a 500,0 m³/dia deverão dispor de medidores de vazão do tipo volumétrico, com capacidade para medir vazão instantânea e para totalização de volume acumulado em períodos pré-determinados, bem como medidores de pH, temperatura e parâmetros especificados pela entidade ambiental, respeitando-se a existência de tecnologia para a referida medição, devendo os dados estarem disponíveis a qualquer momento para esta entidade ambiental e para a concessionária dos serviços de esgotos;
- XIV - as indústrias com vazões de efluentes inferiores a 500,0 m³/dia deverão dispor de medidor de vazão calibrado de acordo com as normas da ABNT e certificado por instituição credenciada pelo INMETRO;
- XV - os efluentes industriais referidos no caput deste artigo deverão ser lançados na rede pública de esgotos, através de ligação única, cabendo à concessionária de serviços de esgotamento sanitário do sistema admitir, em casos excepcionais e tecnicamente justificáveis, o recebimento dos efluentes por mais de uma ligação.
- §1º Em relação à concentração máxima da substância Sulfeto Total constante do Anexo II, as empresas terão um prazo de 24 (vinte e quatro) meses, a partir da data de publicação dessa Portaria, para atenderem ao parâmetro no limite estabelecido. Nesse período o valor máximo permitido será de 15,0 mg S/L.
- §2º As indústrias terão um prazo de 6 (seis) meses para atendimento aos incisos XII e XIV deste artigo. O prazo mencionado será contado a partir da data de publicação desta Portaria.
- Art. 4º As indústrias ou qualquer fonte poluidora localizadas em áreas não dotadas de Rede Pública de Esgoto provida de Sistema de Tratamento, deverão possuir Estação de Tratamento Própria, de maneira a atender aos padrões de qualidade dos cursos de água estabelecidos em função de sua classe, segundo seus usos preponderantes, bem como a enquadrar seus

despejos líquidos aos seguintes padrões:

I - pH entre 5,0 a 9,0;

II - temperatura inferior a 40°C, sendo que a elevação da temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C;

III - materiais sedimentáveis : até 1,0 ml/L em teste de 1 hora em Cone Imhoff;

IV - regimes de lançamento com vazão máxima de até 1,5 (uma e meia) vezes a vazão média do período da atividade diária do empreendimento;

V - substâncias solúveis em hexano, da seguinte forma:

a) óleos minerais até 20,0 mg/L;

b) óleos vegetais e gorduras animais até 50,0 mg/L;

VI - ausência de materiais flutuantes;

VII - valores máximos admissíveis das substâncias constantes do Anexo III.

VIII- Demanda Química de Oxigênio (DQO): 200,0 mg/L;

IX- Sólidos em suspensão totais, da seguinte forma

a) para efluentes industriais: 100,0 mg/L

b) para efluentes predominantemente domésticos: 50,0 mg/L;

X - NMP de coliformes fecais: 5000 CF/100 mL;

XI - Tratamento especial se provierem de hospitais e outros estabelecimentos, nos quais hajam despejos infectados por microrganismos patogênicos;

XII - Além de obedecerem aos padrões de emissão deste artigo, os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com a classe do mesmo;

§ 1º Para outras substâncias potencialmente prejudiciais, não constantes do Anexo III, serão fixadas concentrações máximas de lançamento por esta entidade ambiental.

§ 2º Devido às características específicas, os efluentes provenientes de sistemas de lagoas de estabilização deverão obedecer aos mesmos padrões estabelecidos para o Art. 4º, com exceção dos seguintes:

I - pH: entre 7,5 à 10,0;

II - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) da amostra filtrada em filtro de fibra de vidro e poro com diâmetro (\emptyset) entre 0,7 à 1,0 μ m: 60,0 mg/L;

III - Demanda Química de Oxigênio (DQO) da amostra filtrada em filtro de fibra de vidro e poro com diâmetro (\emptyset) entre 0,7 à 1,0 μ m: 200,0 mg/L;

IV - Sólidos em suspensão: 150,0 mg/L;

V - Oxigênio dissolvido > 3,0 mg/L.

Art. 5º Não será permitido o despejo de efluentes de qualquer fonte poluidora diretamente em estruturas hídricas lânticas (lagos, lagoas ou reservatórios).

Parágrafo único. Os casos excepcionais serão analisados por esta autarquia de controle ambiental.

Art. 6º A reutilização de efluentes de origem doméstica em atividades agrônômicas (irrigação e drenagem, dessedentação de animais e aquicultura) deverá obedecer aos seguintes limites:

I - Atividades Tipo 1 : Irrigação de vegetais ingeridos crus e sem remoção de película, dessedentação de animais e aquicultura, conforme se segue:

a) Coliformes fecais < 1000 CF/100 mL.

b) Ovos de geohelmintos < 1 ovo/L de amostra.

c) Condutividade elétrica < 3000 μ S/cm

II - Atividades Tipo 2 : aquelas não referidas no inciso anterior, conforme se segue:

a) Coliformes fecais < 5000 CF/100 mL.

b) Ovos de geohelmintos < 1ovo/L de amostra.

c) Condutividade elétrica < 3000 μ S/cm

§1º Os limites da alínea “a”, dos incisos I e II serão auferidos pela média geométrica de amostras coletadas durante 5 (cinco) semanas consecutivas.

§2º Os limites da alínea “b”. dos incisos I e II, serão auferidos pela média aritmética de amostras coletadas durante 5 (cinco) semanas consecutivas.

Art. 7º As estações de tratamento de esgotos existentes (ETEs) deverão adequar-se para atender ao disposto no Artigo 4º . Nos casos onde houver limitações de ordem técnica ou física, a(s) instituição(ões) responsável(eis) pela(s) ETE(s), deverá(ão) apresentar à esta entidade ambiental estudo técnico justificando a não possibilidade de alteração da(s) unidade(s) de tratamento de efluentes.

§ 1º As empresas terão prazo de 06 (seis) meses para apresentação de projeto técnico de adequação de suas ETEs a esta Portaria.

§ 2º No caso das instituições prestadoras de serviços públicos de esgotamento sanitário, os prazos serão de 12 (doze) meses para apresentação de projetos.

§ 3º Após licenciado, o prazo máximo de implementação do projeto junto à entidade ambiental será de 12 (doze) meses.

Art. 8º A responsabilidade de monitorar o efluente interligado a rede pública de esgotos ficará a cargo das concessionárias dos serviços de esgotamento. Caso seja verificado o não atendimento ao disposto nesta Portaria caberá à mesma a comunicação imediata à entidade ambiental para a adoção de providências.

Art. 9º Competirá à entidade de controle ambiental a fiscalização do efluente final que será disposto no corpo receptor, quanto ao atendimento aos padrões de lançamento constantes do artigo 4º.

Art. 10 Em áreas dotadas de rede pública de esgotos fica proibida a disposição de efluentes, mesmo tratados, nas drenagens de águas pluviais.

Parágrafo único. Os casos excepcionais serão analisados por esta autarquia de controle ambiental.

Art. 11 Os padrões de lançamento aqui estabelecidos são passíveis de revisão dentro de 2 (dois) anos e, em seguida, a cada 5 (cinco) anos, quando também poderão ser, eventualmente, acrescentados outros parâmetros de controle.

Art. 12 Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

(Publicado no Diário Oficial do Estado, em 01 de outubro de 2002)

ANEXO I

Amônia total 50,0 mg N/L
Arsênio 1,5 mg As/L
Cádmio 0,1 mg Cd/L
Chumbo 1,5 mg Pb/L
Cianeto 0,2 mg CN/L
Cobre 1,5 mg Cu/L
Cromo hexavalente 0,5 mg Cr/L
Cromo total 5,0 mg Cr/L
Estanho 4,0 mg Sn/L
Ferro total 15,0 mg Fe/L
Índice de Fenóis 5,0 mg C₆H₅OH/L
Fluoretos 10,0 mg F/L
Mercúrio 0,01 mg Hg/L
Níquel 2,0 mg Ni/L
Prata 1,5 mg Ag/L
Selênio 1,5 mg Se/L
Sulfato 1000,0 mg SO₄²⁻/L
Sulfeto Total 1,0 mg S/L *
Zinco 5,0 mg Zn/L

ANEXO II

Arsênio 0,5 mg As/L
Cádmio 0,1 mg Cd/L
Chumbo 0,5 mg Pb/L
Cianeto 0,2 mg CN/L
Cobre 1,0 mg Cu/L
Cromo hexavalente 0,5 mg Cr/L
Cromo total 5,0 mg Cr/L
Estanho 4,0 mg Sn/L
Ferro total 15,0 mg Fe/L
Índice de Fenóis 5,0 mg C₆H₅OH/L
Fluoretos 10,0 mg F/L
Mercúrio 0,01 mg Hg/L
Níquel 2,0 mg Ni/L
Prata 1,0 mg Ag/L
Selênio 0,05 mg Se/L
Sulfeto Total 1,0 mg S/L *
Zinco 5,0 mg Zn/L

ANEXO III

Amônia total 5,0 mg N/L
Arsênio Total 0,5 mg As/L
Bário 5,0 mg Ba/L
Boro 5,0 mg B/L
Cádmio 0,2 mg Cd/L
Chumbo 0,5 mg Pb/L
Cianeto 0,2 mg CN/L
Cobre 1,0 mg Cu/L
Cromo hexavalente 0,5 mg Cr/L
Cromo total 5,0 mg Cr/L
Estanho 4,0 mg Sn/L
Ferro solúvel 15,0 mg Fe/L
Índice de Fenóis 0,5 mg C₆H₅OH/L
Fluoretos 10,0 mg F/L
Manganês solúvel 1,0 mg Mn/L
Mercúrio 0,01 mg Hg/L
Níquel 2,0 mg Ni/L
Prata 0,1 mg Ag/L
Selênio 0,05 mg Se/L
Sulfato 500,0 mg SO₄²⁻/L
Sulfeto Total 1,0 mg S/L
Sulfito 1,0 mg SO₃/L
Zinco 5,0 mg Zn/L
Compostos organofosforados e carbamatos totais 1,0 mg/L em Paration
Sulfeto de carbono: 1,0 mg/L
Tricloroetano 1,0 mg/L
Clorofórmio: 1,0 mg/L
Tetracloroeto de carbono: 1,0 mg/L
Dicloroetano 1,0 mg/L
Compostos organoclorados não listados acima:(pesticidas, solventes, etc.) 0,05 mg/L

Referências Bibliográficas

- GIORDANO, G. Análise e formulação de processos para tratamento dos chorumes gerados em aterros de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro – RJ, 2003. 257 p. Tese de Doutorado (Engenharia Metalúrgica e de Materiais) PUC-Rio, 2003.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto de estações de tratamento de esgotos. NBR-570. 1989.
- JORDÃO, Eduardo P. e PESSÔA, Constantino A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 4ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 1995.
- von SPERLING, Marcos. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos* (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1). Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2005.

<http://www.o2engenharia.com.br/o2eng/sistemas-de-tratamento-de-efluentes-industriais>

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>

http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95.

http://www.kurita.com.br/adm/download/Etapas_do_Tratamento_de_Efluentes.pdf

http://www.crq4.org.br/downloads/EfluentesLiquidos_jair.pdf

<http://www.dcm.puc-rio.br/cursos/TEI/efluentes2006.pdf>

<http://www.direitoambiental.adv.br/ambiental.qps/Ref/PAIA-6SRLFN>

Hino Nacional

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heróico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra, mais garrida,
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores."

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro dessa flâmula
- "Paz no futuro e glória no passado."

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Hino do Estado do Ceará

Poesia de Thomaz Lopes
Música de Alberto Nepomuceno
Terra do sol, do amor, terra da luz!
Soa o clarim que tua glória conta!
Terra, o teu nome a fama aos céus remonta
Em clarão que seduz!
Nome que brilha esplêndido luzeiro
Nos fulvos braços de ouro do cruzeiro!

Mudem-se em flor as pedras dos caminhos!
Chuvas de prata rolem das estrelas...
E despertando, deslumbrada, ao vê-las
Ressoa a voz dos ninhos...
Há de florar nas rosas e nos cravos
Rubros o sangue ardente dos escravos.
Seja teu verbo a voz do coração,
Verbo de paz e amor do Sul ao Norte!
Ruja teu peito em luta contra a morte,
Acordando a amplidão.
Peito que deu alívio a quem sofria
E foi o sol iluminando o dia!

Tua jangada afoita enfune o pano!
Vento feliz conduza a vela ousada!
Que importa que no seu barco seja um nada
Na vastidão do oceano,
Se à proa vão heróis e marinheiros
E vão no peito corações guerreiros?

Se, nós te amamos, em aventuras e mágoas!
Porque esse chão que embebe a água dos rios
Há de florar em meses, nos estios
E bosques, pelas águas!
Selvas e rios, serras e florestas
Brotem no solo em rumorosas festas!
Abra-se ao vento o teu pendão natal
Sobre as revoltas águas dos teus mares!
E desfraldado diga aos céus e aos mares
A vitória imortal!
Que foi de sangue, em guerras leais e francas,
E foi na paz da cor das hóstias brancas!



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação