





Química do Meio Aquático


Eutrofização

rjsilva@fc.ul.pt

Faculdade de Ciências
UNIVERSIDADE DE LISBOA

1. Introdução:

Eutrofização: originalmente referia-se ao fluxo de azoto, fósforo e outros nutrientes de zonas húmidas para lagos (significa “enriquecer com nutrientes”).



Mais recentemente, refere-se ao fluxo de nutrientes de origem antropogénica para baias e lagos causando a propagação de algas e outros organismos que resultam na degradação da qualidade da água.

1. Introdução:

(...) resulta na degradação da qualidade da água em termos químicos e organolépticos (exemplo: marés vermelhas).



A regulação e monitorização das emissões de compostos azotados e fosforados para os rios e o mar permite proteger os ecossistemas destes fenómenos.

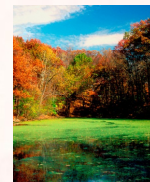


2. Classificação de lagos pelo nível trófico:

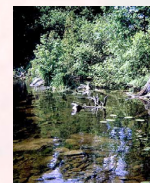
Oligotrófico: Lago com poucos nutrientes necessários ao crescimento de plantas; apresenta número reduzido de organismos;



Eutrófico: Lago muito rico em nutrientes apresentado uma elevada produtividade;



Mesotrófico: Estagio intermédio.



2. Classificação de lagos pelo nível trófico:

| PHOSPHORUS AND CHLOROPHYLL CONCENTRATIONS AND SECCHI DISK DEPTHS CHARACTERISTIC OF THE TROPHIC CLASSIFICATION OF LAKES | | | | |
|---|---------|--------------|-------------|-----------|
| MEASURED PARAMETER | | Oligotrophic | Mesotrophic | Eutrophic |
| Total Phosphorus (mg/m ³) | Average | 8 | 26.7 | 84.4 |
| | Range | 3.0 - 17.7 | 10.9 - 95.6 | 16 - 386 |
| Chlorophyll <i>a</i> (mg/m ³) | Average | 1.7 | 4.7 | 14.3 |
| | Range | 0.3 - 4.5 | 3 - 11 | 3 - 78 |
| Secchi Disk Depth (m) | Average | 9.9 | 4.2 | 2.45 |
| | Range | 5.4 - 28.3 | 1.5 - 8.1 | 0.8 - 7.0 |

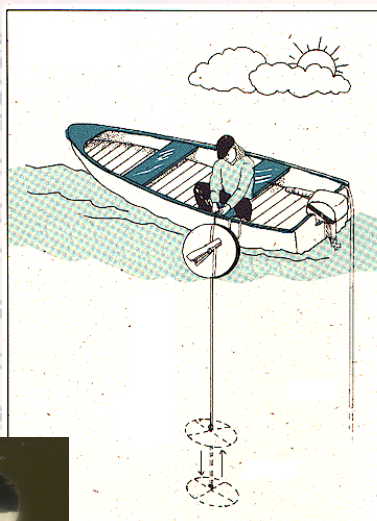
Data from Wetzel, 1983

2. Classificação de lagos pelo nível trófico:

Medição da
transparência com um
disco de Secchi

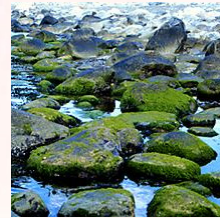
| PHOSPHORUS AND CHLOROPHYLL CONCENTRATIONS AND SECCHI DISK DEPTHS CHARACTERISTIC OF THE TROPHIC CLASSIFICATION OF LAKES | | | | |
|---|---------|--------------|-------------|-----------|
| MEASURED PARAMETER | | Oligotrophic | Mesotrophic | Eutrophic |
| Total Phosphorus (mg/m ³) | Average | 8 | 26.7 | 84.4 |
| | Range | 3.0 - 17.7 | 10.9 - 95.6 | 16 - 386 |
| Chlorophyll <i>a</i> (mg/m ³) | Average | 1.7 | 4.7 | 14.3 |
| | Range | 0.3 - 4.5 | 3 - 11 | 3 - 78 |
| Secchi Disk Depth (m) | Average | 9.9 | 4.2 | 2.45 |
| | Range | 5.4 - 28.3 | 1.5 - 8.1 | 0.8 - 7.0 |

Data from W

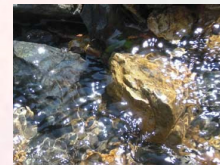


3. Eutrofização em áreas marinhas:

Têm sido desenvolvidos mecanismos de protecção das zonas costeiras junto das cidades. Nas áreas mais expostas ao fluxo de nutrientes, desenvolvem-se algas e cianobactérias.

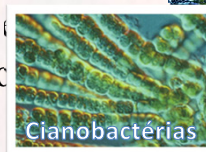


A presença de nutrientes não é um problema quando esta não afecta negativamente os ecossistemas. Os nutrientes mais importantes são o azoto e o fósforo disponíveis nas formas de nitratos, nitritos, amónia e fosfatos.

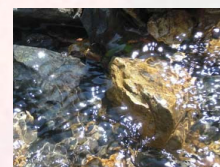


3. Eutrofização em áreas marinhas:

Têm sido desenvolvidos mecanismos de protecção das zonas costeiras junto das cidades. Nas áreas mais expostas ao fluxo de nutrientes, desenvolvem-se algas e cianobactérias.



A presença de nutrientes não é um problema quando esta não afecta negativamente os ecossistemas. Os nutrientes mais importantes são o azoto e o fósforo disponíveis nas formas de nitratos, nitritos, amónia e fosfatos.



4. Fontes de fertilizantes:

Setas pretas (→): Fluxo do azoto fertilizante;

Setas cinzentas (→): Fluxo de N₂.

- O azoto dos fertilizantes azotados não volatilizado, adsorvido pelas plantas ou ligado aos sedimentos, chega gradualmente ao mar. (...)



4. Fontes de fertilizantes:

(...)

Por exemplo, hoje em dia, as águas suecas têm mais nutrientes que há 40 anos. O fornecimento de azoto de origem antropogénica duplicou entre 1950 e 1985 tendo vindo a baixar sem chegar aos níveis do passado.

-A origem destes nutrientes não é necessariamente sueca.

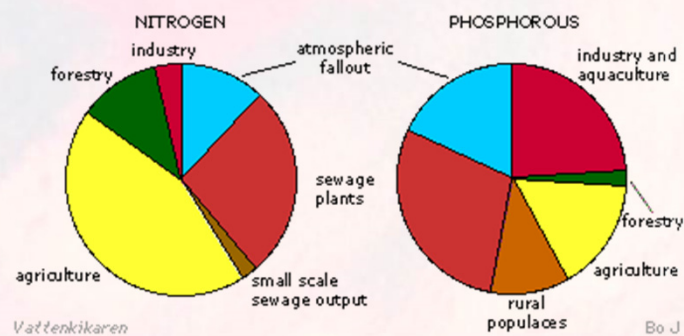


4. Fontes de fertilizantes:

No caso Sueco, acredita-se que os nutrientes mais importantes para a fertilização das suas áreas costeiras são o azoto e o fósforo. A fontes principais destes nutrientes são a agricultura, os esgotos urbanos e as emissões gasosas....



4. Fontes de fertilizantes:



A maioria dos nutrientes provém da agricultura...

4.1. Fontes de fertilizantes: Agricultura

A maioria dos nutrientes provém da agricultura...

- A produção animal intensiva produz muitos resíduos difíceis de tratar a baixo custo. Os adubos líquidos produzidos são facilmente lixiviáveis para o mar. Estes adubos são uma fonte de nitratos e amónia.
- A produção animal extensiva não tem um impacto tão nefasto no ambiente porque os resíduos são integrados no ciclo de vida da pastagem.



4.1. Fontes de fertilizantes: Agricultura

A maioria dos nutrientes provém da agricultura...

(...)

O adubo animal que as plantas não retêm é transferido para a atmosfera como amónia ou escoado para os rios como nitratos.



4.1. Fontes de fertilizantes: Agricultura

Os adubos artificiais contêm diferentes formas de azoto, fósforo e potássio. Se forem usados em excesso, são facilmente lixiviados para os rios e o mar.



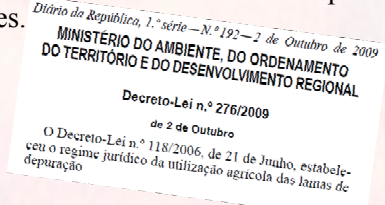
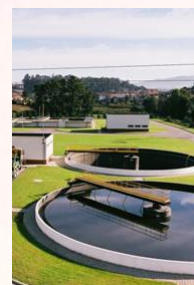
O azoto é mais facilmente lixiviado que o fósforo que tem tendência para se ligar aos sedimentos e solos.

A especialização em determinadas culturas agrícolas leva à lixiviação de nutrientes entre produções.

4.2. Fontes de fertilizantes: Esgotos

Os esgotos contêm muitos nutrientes que acabam por chegar ao mar. As estações de tratamento retêm alguns nutrientes que são queimados, armazenados em aterros ou usados para fins agrícolas.

A fertilização dos solos com estes produtos deve ser feita nos picos de produção. Estes materiais devem ser caracterizados relativamente à presença de contaminantes.



Nos finais de 2010, os esgotos da parte central de Lisboa deixaram de escoar directamente para o tejo.

Algumas cidades costeiras libertam os esgotos sem tratamento a alguns km da costa.

4.3. Fontes de fertilizantes: Atmosfera

Cerca de 80% do ar que respiramos é N_2 . Geralmente as plantas não absorvem esta forma de azoto; só na forma de iões em solução. As cianobactérias absorvem N_2 e, desta forma, contribuem para a sobrefertilização. O N_2 fixado é posteriormente convertido em nitratos. Este fenómeno é importante no mar Báltico.



Poluição

A poluição do ar é outra fontes de nutrientes.

Nutrientes principais: Amoníaco e óxido de azoto emitidos pelo estrume, fertilizantes artificiais e combustão. Estes compostos são depositados com os aerossóis ou lixiviados pela chuva.

O tráfego de carros é responsável por cerca de metade do NO_2 que contamina a atmosfera. O restante provém da indústria (principalmente a que envolve a queima de carvão).

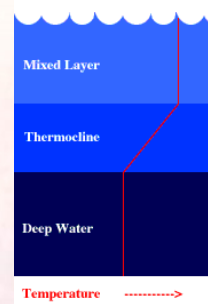


5. Poluição em baías pouco profundas

O plâncton morto que se acumula no fundo é filtrado por bivalves e processado por bactérias. Este consumo leva à libertação de mais nutrientes e ao consumo de oxigénio.

❶ Por vezes, os níveis de oxigénio baixam de forma a inviabilizar a vida de moluscos e peixes. Este fenómeno ocorre mais frequentemente abaixo da termoclina (cama onde o gradiente de temperatura é maior) visto que esta camada é menos oxigenada.

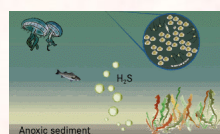
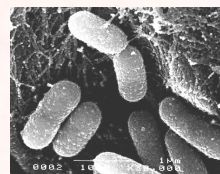
❷ O aumento do fitoplâncton também aumenta a turvação reduzindo a entrada de luz.



5. Poluição em baías pouco profundas

③ Quando baixa o nível de oxigénio no fundo das baías, as bactérias sulfurosas começam a produzir sulfureto de hidrogénio (meio aeróbico). Este composto é venenoso para grande parte da fauna e flora subaquática.

④ Quando a matéria orgânica é processada num fundo rico em oxigénio, os iões fosfato livres precipitam como fosfato férrico (FePO_4). Sem oxigénio, o fosfato fica livre contribuindo para a fertilização.



5. Poluição em baías pouco profundas

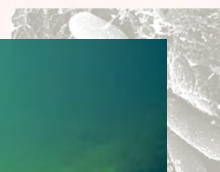
③ Quando baixa o nível de oxigénio no

fundo
a pr
aer
para
sub

④

pro
os
fos
fos

fertilização.



5. Poluição em baías pouco profundas

No entanto, este fenómeno até beneficia a produção animal e vegetal em mar alto.

Desde 1920, a captura de arenque e bacalhau aumentou de uma forma consistente até finais dos anos 70. Pensa-se que este aumento deve-se ao efeito combinado de melhorias nas técnicas de pesca e aumento de nutrientes no mar alto.



5. Poluição em baías pouco profundas

A sobrefertilização em áreas pouco profunda favorece a propagação de algas filamentosas sazonais de crescimento rápido e vida curta, em detrimento das algas perenes. Estas algas crescem à volta de um hospedeiro (epífitas). Quando muito abundantes também se agarram aos sedimentos.

As baías pouco profundas são importantes para a alimentação e reprodução de aves e peixes (bacalhau e linguado).

Os fenómenos de eutrofização afectam distribuição das espécies. As populações de enguias e caranguejos de costa aumentam em baías com mais nutrientes.

Este cenário pode ser combatido (...)

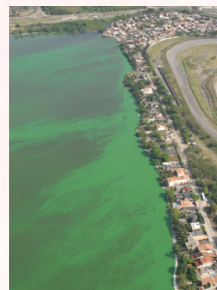


6. Como evitar a eutrofização dos mares?

As cianobactérias conseguem reter o N_2 do ar mas o seu desenvolvimento é restringido pela falta de fosfato.

- O desenvolvimento de algas e fitoplâncton é restringido pela falta de azoto e fósforo;
- O desenvolvimento de cianobactérias é restringido pela falta de fósforo;

Desta forma, a redução de fosfatos é uma forma eficiente de reduzir o crescimento de algas e cianobactérias. Os fosfatos provêm maioritariamente dos esgotos » precipitação química dos fosfatos.



6.1. Redução de descargas: Agricultura

- Adicionar fertilizantes no início da cultura (pico de produção);
- Fermentar estrume para a produção de metano (valorização energética);
- Promover produções pecuárias extensivas;
- Ajustar a fertilização às necessidades da cultura;
- Manter os terrenos a produzir evitando perdas de nutriente;
- Assegurar a drenagem de águas por canais longos e abertos para permitir processos biológicos.



6.2. Redução de descargas: Esgotos

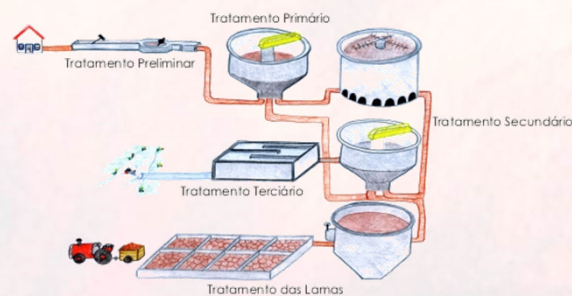
Os efluentes urbanos, industriais e agrícolas devem ser tratados de forma adequada;

Podem usar-se algas e bactérias para reter azoto (redução de 70-80%);

Os fosfatos podem ser removidos com tratamentos químicos.

As estações de tratamento não são capazes de eliminar os surfactantes dos detergentes usados para substituir os fosfatos poluidores » estes compostos dificultam o trabalho das bactérias.

Após a remoção da ureia, a urina é um fertilizante muito valioso.



6.3. Redução de descargas: Atmosfera

Estima-se que as emissões de NO_2 e NH_3 têm de reduzir 75% para se parar a destruição do meio ambiente.

- Utilizar catalisadores nos carros (reduz 70-75% da emissão de NO_2);
- Reduzir o consumo de energia;
- Usar soluções energéticas mais eficientes;
- Tratar efluentes gasosos;
- Utilizar energias renováveis;
- Reduzir ou moderar o uso de veículos automóveis (a circulação a 120 km/h produz quatro vezes mais NO_2 que a 60 km/h);
- Desenvolver combustíveis e motores mais eficientes.



6.4. Colheita de algas

A colheita de algas filamentosas pode reduzir o seu impacto no ambiente, retirando nutrientes por si armazenadas. Este material pode ser usado na agricultura ou na produção de biogás.



7. Caso de Eutrofização: Lago Erie

Nos anos 60 o lago Erie (USA) ficou eutrofizado devido à contaminação de fosfatos (PO_4^{3-}) resultantes de polifosfatos usados nos detergentes e do escoamento de fosfatos usados na agricultura. Os fosfatos são, muitas vezes o nutriente limitante do crescimento de algas.



Proliferação de algas



Faculdade de Ciências
UNIVERSIDADE DE LISBOA

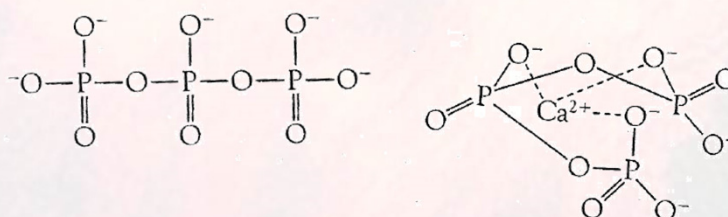
7. Caso de Eutrofização: Lago Erie

O teor de fosfatos foi reduzido em mais de 2/3 através do tratamento das águas residuais urbanas e da redução da utilização de fosfatos nos detergentes.

8. Utilização de fosfatos nos detergentes

Os detergentes sintéticos formam complexos com os iões Ca^{2+} e Mg^{2+} diminuindo a sua eficácia.

São adicionados polifosfatos para formar complexos preferenciais com estes iões...

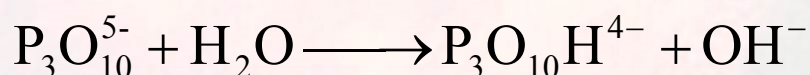


Agente quelante: Tripolifosfato (TPF)

8. Utilização de fosfatos nos detergentes

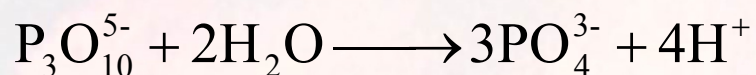
Este composto torna a água de lavagem ligeiramente alcalina facilitando a remoção da sujidade de alguns tecidos.

O tripolifosfato de sódio foi muito usado no passado (STP)[base fraca]:



8. Utilização de fosfatos nos detergentes

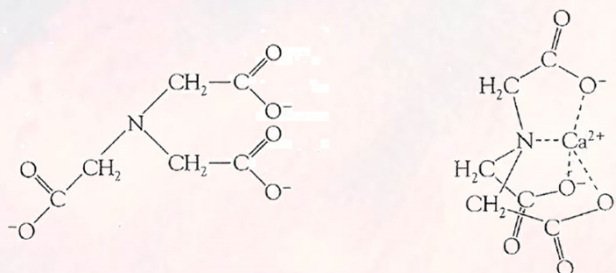
O STP em excesso reage lentamente com a água produzindo fosfatos:



[quando se decompõe comporta-se como um ácido]

8. Utilização de fosfatos nos detergentes

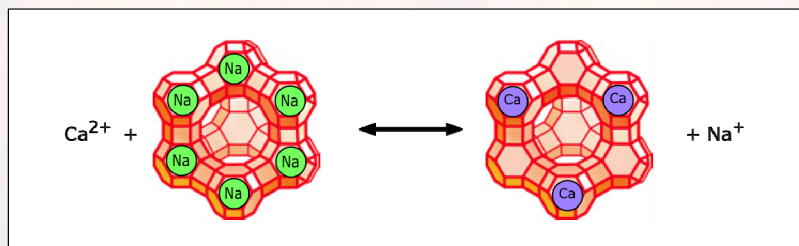
O STP foi substituído por outros agentes quelantes. O nitrilotriacetato é muito usado na Europa:



Nalguns países não são usados devido a suspeitas de capacidade de solubilização de metais pesados e devido à sua persistência.

8. Utilização de fosfatos nos detergentes

Podem ser usados outros compostos como zeólitos: aluminossilicatos minerais que permutam o sódio pelo cálcio e magnésio (aumentam a carga sólida dos efluentes).



8. Utilização de fosfatos nos detergentes

O ião fosfato pode ser removido dos efluentes urbanos e industriais por adição de hidróxido de cálcio, Ca(OH)₂, que forma os fosfatos insolúveis Ca₃(PO₄)₂ e Ca₅(PO₄)₃OH (Hidroxiapatita).

Alguns peritos defendem a utilização de fosfatos nos detergentes e a remoção do excesso de fosfatos nas ETAR.

A eliminação do escoamento de fosfatos dos terrenos agrícolas é mais difícil de gerir!