



# Introdução à Limnologia Aplicada à Pesca

*Marlon Carlos França*



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
PARÁ

**BELÉM  
2014**

Presidência da República Federativa do Brasil  
Ministério da Educação  
Secretaria de Educação a Distância

© Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA).

Este Caderno foi elaborado em parceria entre o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) para a Rede e-Tec Brasil.

**Reitor**

Élio de Almeida Cordeiro

**Vice-Reitor**

Claudio Alex Jorge da Rocha

**Coordenador Geral da  
EAD/PROEN do IFPA**

Prof. Msc. Márcio Wariss Monteiro

**Coordenador Geral do  
e-TEC do IFPA**

Profa. Msc. Roseane Fernandes  
da Costa

**Coordenador do curso de Pesca  
e-TEC IFPA**

Prof. Dr. Marlon Carlos França

**Equipe de Elaboração**

Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Pará / IFPA

**Professor-Autor**

Prof. Marlon Carlos França

**Equipe de Produção**

Secretaria de Educação a Distância /  
UFRN

**Reitora**

Profa. Ângela Maria Paiva Cruz

**Vice-Reitora**

Profa. Maria de Fátima Freire  
Melo Ximenes

**Secretária de Educação a Distância**

Profa. Maria Carmem Freire Diógenes Rêgo

**Secretária Adjunta de Educação a  
Distância**

Profa. Ione Rodrigues Diniz Moraes

**Coordenador de Produção de  
Materiais Didáticos**

Prof. Marcos Aurélio Felipe

**Revisão**

Edneide da Silva Marques  
Fabíola Barreto Gonçalves  
Jeremias Alves de Araújo  
Orlando Brandão Meza Ucella

**Diagramação**

Bruna Azevêdo  
José Agripino de Oliveira Neto

**Arte e Ilustração**

Alessandro de oliveira Paula

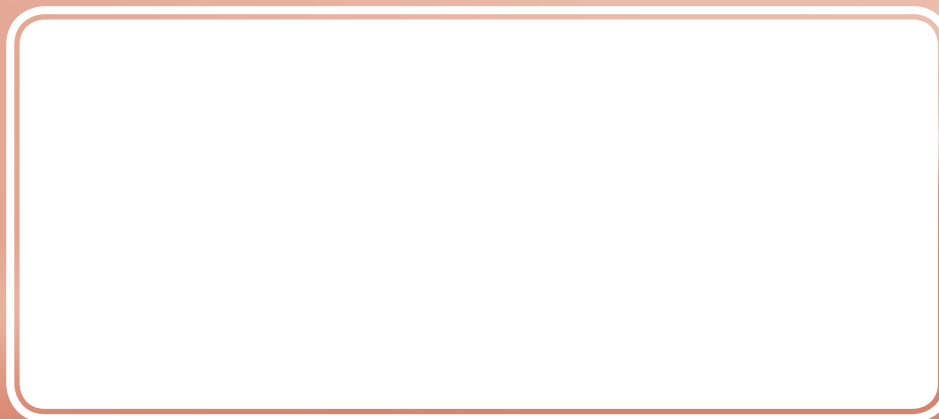
**Revisão Tipográfica**

Letícia Torres

**Projeto Gráfico**

e-Tec/MEC

Ficha catalográfica  
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central - IFPA



# Apresentação e-Tec Brasil

Prezado (a) estudante,

Bem-vindo(a) à Rede e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional de ensino, que por sua vez constitui uma das ações do Pronatec – Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego. O Pronatec, instituído pela Lei nº 12.513/2011, tem como objetivo principal expandir, interiorizar e democratizar a oferta de cursos de Educação Profissional e Tecnológica (EPT) para a população brasileira propiciando caminho de acesso mais rápido ao emprego.

É nesse âmbito que as ações da Rede e-Tec Brasil promovem a parceria entre a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) e as instâncias promotoras de ensino técnico como os Institutos Federais, as Secretarias de Educação dos Estados, as Universidades, as Escolas e Colégios Tecnológicos e o Sistema S.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geográfica ou economicamente, dos grandes centros.

A Rede e-Tec Brasil leva diversos cursos técnicos a todas as regiões do país, incentivando os estudantes a concluir o ensino médio e realizar uma formação e atualização contínuas. Os cursos são ofertados pelas instituições de educação profissional e o atendimento ao estudante é realizado tanto nas sedes das instituições quanto em suas unidades remotas, os polos.

Os parceiros da Rede e-Tec Brasil acreditam em uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – que é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Nosso contato: [etecbrasil@mec.gov.br](mailto:etecbrasil@mec.gov.br)

e-Tec Brasil





# Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



**Atenção:** indica pontos de maior relevância no texto.



**Saiba mais:** oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



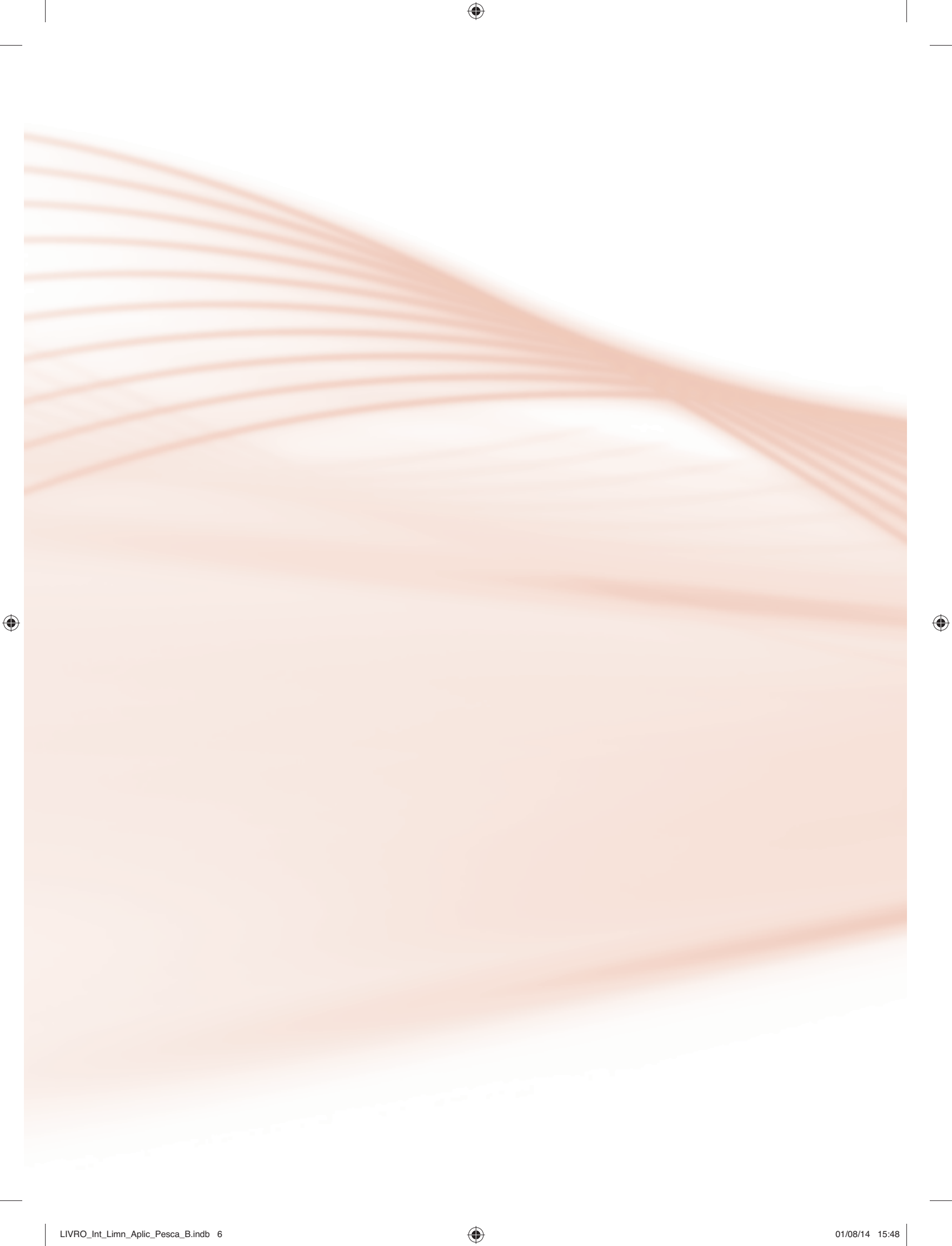
**Glossário:** indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



**Mídias integradas:** remete o tema para outras fontes: livros, filmes, músicas, sites, programas de TV.



**Atividades de aprendizagem:** apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



# Sumário

<b>Palavra do professor-autor</b> .....	<b>9</b>
<b>Apresentação da disciplina</b> .....	<b>11</b>
<b>Projeto instrucional</b> .....	<b>13</b>
<b>Aula 1 – Introdução à Limnologia</b> .....	<b>15</b>
1.1 Conceitos e importância .....	15
1.2 Composição química das águas naturais.....	17
1.3 Classificação das águas naturais e ciclo hidrológico .....	21
<b>Aula 2 – Organismos aquáticos</b> .....	<b>25</b>
2.1 A vida nos ambientes aquáticos.....	25
2.2 Fatores que limitam e controlam as comunidades.....	30
2.3 Cadeias e redes alimentares.....	31
<b>Aula 3 – Ciclos biogeoquímicos</b> .....	<b>35</b>
3.1 A dinâmica dos ciclos biogeoquímicos.....	35
3.2 Ciclo do carbono (C) .....	35
3.3 Ciclo do fósforo (P) .....	38
3.4 Ciclo do nitrogênio (N <sub>2</sub> ) .....	40
3.5 Ciclo do oxigênio (O <sub>2</sub> ) .....	41
3.6 Os organismos e os ciclos biogeoquímicos.....	42
<b>Aula 4 – Lagos e rios</b> .....	<b>45</b>
4.1 Origem dos lagos .....	45
4.2 Zonação em lagos .....	45
4.3 Represas artificiais .....	47
4.4 Atividade pesqueira em lagos .....	51
4.5 Rios como ecossistemas .....	52
<b>Aula 5 – Impactos aquáticos e parâmetros de     qualidade da água</b> .....	<b>57</b>
5.1 Impactos nos ecossistemas aquáticos .....	57
5.2 Eutrofização.....	62
5.3 Mudanças globais e impactos aquáticos.....	64
5.4 Parâmetros de qualidade da água .....	65



## Palavra do professor autor

Prezado (a) aluno,

O principal propósito deste livro é oferecer aos estudantes, professores e interessados em geral, uma visão básica e ampla sobre a Limnologia Aplicada à Pesca, permitindo uma abordagem biológica, física e química sobre os diferentes tipos de ecossistemas aquáticos continentais. Além de fazer uma abordagem sobre os principais impactos que estes ecossistemas sofrem a partir da ação humana.

Nesse sentido, você terá a oportunidade de compreender os principais conceitos sobre a Limnologia e ficará por dentro das principais temáticas dessa ciência. Foram escolhidos cinco temas principais para que você compreenda o funcionamento desses ecossistemas, que podem ser de água doce ou mesmo salgada.

Ao fim desta disciplina, você será capaz de compreender os fatores físicos, químicos e biológicos que interagem com os ecossistemas aquáticos continentais, permitindo a você uma avaliação crítica sobre a qualidade do ambiente aquático e também sobre as potencialidades e respectivos impactos. Espero que aproveite o máximo esta disciplina, bons estudos!

Cordialmente,

Marlon C. França



# Apresentação da disciplina

A disciplina “Introdução à Limnologia Aplicada à Pesca” possui uma carga horária de 60 horas, organizada em cinco aulas. Nesta disciplina, você irá conhecer os principais conceitos sobre a Limnologia e compreender a interação entre os fatores físicos, químicos e biológicos nos ecossistemas aquáticos continentais.

Na Aula 1, você estudará os conceitos e importância da ciência chamada Limnologia. Nesta oportunidade, você compreenderá a composição química das águas naturais, além de reconhecer a importância das propriedades físicas e químicas deste solvente universal. Por fim, você compreenderá a classificação das águas naturais e também o funcionamento do ciclo hidrológico.

Na Aula 2, estudaremos a vida nos ambientes aquáticos, ou seja, como as comunidades aquáticas estão organizadas espacialmente. Além disso, você terá a oportunidade também de estudar e compreender os fatores que limitam e controlam as comunidades aquáticas.

Na Aula 3, você terá a oportunidade de estudar os ciclos biogeoquímicos, assim como compreender a dinâmica de cada um dos ciclos dos principais elementos aquáticos, como: carbono, fósforo, nitrogênio e oxigênio.

Na Aula 4, você encontrará a história sobre a origem dos lagos em ambientes continentais e também como o ambiente lacustre está dividido. Será abordado o tema sobre atividades pesqueiras que são desenvolvidas em lagos. Você terá a chance também de estudar sobre a variação das concentrações de oxigênio em represas artificiais. Nela, não falaremos somente dos lagos, mas também dos rios como ecossistemas, permitindo a você uma compreensão sobre a composição química da água deste ambiente, assim como também a respectiva classificação e zonação.

Por fim, a disciplina será concluída na Aula 5 com a temática envolvendo os impactos aquáticos e parâmetros de qualidade da água. Assim, você verá nessa aula os principais impactos gerados nos ecossistemas aquáticos, permitindo a você uma avaliação crítica sobre o processo de eutrofização. Além dessa temática, você estudará também sobre o impacto das mudanças globais nos ecossistemas aquáticos.

Bons estudos!





# Projeto instrucional

**Disciplina:** Introdução à Limnologia Aplicada à Pesca (Carga horária: 60h)

**Ementa:** Introdução à Limnologia. Organismos aquáticos. Ciclos biogeoquímicos. Lagos e rios. Impactos aquáticos e parâmetros de qualidade da água.

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	CARGA HORÁRIA (horas)
1. Introdução à Limnologia	Compreender o conceito e importância da Limnologia. Reconhecer a composição química das águas naturais e sua importância para a manutenção dos ambientes aquáticos. Classificar as águas naturais e compreender o ciclo hidrológico.	6 horas
2. Organismos aquáticos	Compreender a divisão dos organismos aquáticos. Relacionar os organismos com o fluxo de energia e características alimentares no ambiente aquático.	12 horas
3. Ciclos biogeoquímicos	Compreender a dinâmica dos ciclos biogeoquímicos. Reconhecer os principais elementos dos ciclos biogeoquímicos para a manutenção dos ambientes aquáticos continentais. Compreender o impacto das flutuações das concentrações dos elementos químicos na dinâmica ambiental dos organismos aquáticos.	12 horas
4. Lagos e rios	Compreender o conceito de lagos e caracterizar as diferentes zonas existentes nestes sistemas aquáticos. Reconhecer a importância dos lagos para as atividades pesqueiras Reconhecer as diferentes zonas dos sistemas fluviais (rios).	20 horas
5. Impactos Aquáticos e Parâmetros de Qualidade da Água	Compreender a classificação dos impactos aquáticos. Reconhecer os principais impactos gerados nos ecossistemas aquáticos. Compreender o processo de eutrofização nos ecossistemas aquáticos. Compreender o impacto das mudanças globais nos ecossistemas aquáticos. Reconhecer os principais parâmetros de avaliação da qualidade das águas.	10 horas



# Aula 1 – Introdução à Limnologia

## Objetivos

Compreender o conceito e importância da Limnologia.

Reconhecer a composição química das águas naturais e sua importância para a manutenção dos ambientes aquáticos.

Classificar as águas naturais e compreender o ciclo hidrológico.

## 1.1 Conceitos e importância

A ciência chamada **Limnologia**, significa o estudo científico das águas continentais, ou seja, todas as águas que estão nas regiões dos continentes, como: lagos, represas, rios, lagoas, pântanos, lagos salinos. Além disso, inclui também o estudo dos corpos d'água encontrados nas regiões costeiras, como lagoas costeiras e estuários. Portanto, a Limnologia é considerada a ciência que estuda as inter-relações ecológicas, biológicas, físicas e químicas dos processos e os métodos pelos quais a matéria e a energia são transformadas nos ambientes continentais.

O conceito desta ciência foi descrito por diversos autores ainda nos séculos XIX e XX, como por exemplo: Forel (1892) a definiu como a Oceanografia dos lagos, Lind (1979), como a Ecologia Aquática e Margalef (1983), como a Ecologia das Águas não marinhas (TUNDISI; TUNDISI, 2008). De forma geral, essa ciência faz uma abordagem dos problemas e processos ocorridos no meio aquático continental.

Você sabia?

As águas marinhas possuem concentrações entre 35 e 39 g de sais por kg de água, enquanto que as águas continentais, normalmente possuem 1g de sais por kg de água.



Para melhorar o seu entendimento sobre a classificação entre as águas marinhas e continentais, tomando como ponto referência a quantidade de sais dissolvidos na água, você pode acessar o site abaixo e responder a questão após o link: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>.



Qual definição, segundo a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, para os diferentes tipos de água (doce, salobra e salgada)?

---

---

---

O estudo limnológico é basicamente, como em outras ciências, ou seja, uma procura por princípios, para as devidas definições e compreensões sobre os processos físicos, químicos e biológicos. Esses princípios que atuam em certos processos e mecanismos de funcionamento podem ser utilizados em predições e também comparações entre os diversos ambientes continentais, com as mais diversas características.

O fato de a Limnologia possibilitar o estudo e compreensão dos ambientes continentais, isto a qualifica como uma ciência, principalmente do ponto de vista prático e aplicado.

Durante os últimos anos, você tem observado a maior degradação dos ecossistemas, principalmente sobre aqueles que estão próximos aos grandes centros urbanos, seja pelo lançamento de resíduos ou mesmo pelo efeito do desmatamento nas zonas próximas aos rios ou lagos, além da poluição atmosférica, em função da emissão de gases provenientes da queima de combustível fóssil (petróleo).

Portanto, para conter esse avanço humano sobre os processos naturais do planeta, torna-se necessária a obtenção de conhecimento sobre os ambientes, sejam continentais ou mesmo marinhos, para entender os respectivos efeitos antropogênicos (efeito humano) nestes ambientes.

No entanto, para isso é importante construir uma base sólida de informações e conhecimento, que poderá ser gerada a partir do estudo desses ambientes.

Além dos problemas de poluição e deterioração que as águas continentais sofrem, devemos considerar que o manejo adequado desses ecossistemas é um fator relevante para o melhor aproveitamento dos recursos naturais existentes. Neste sentido, conseguimos observar a necessidade do conhecimento científico sobre esses ambientes para compreender também a distribuição das espécies e, certamente, as condições mais favoráveis para os estoques pesqueiros.

Acesse o site abaixo para obter mais informações sobre os impactos, a recuperação e a conservação dos ecossistemas aquáticos: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos\\_agua\\_doce/impactos,\\_recuperacao\\_e\\_conservacao\\_de\\_ecossistemas\\_aquaticos.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_doce/impactos,_recuperacao_e_conservacao_de_ecossistemas_aquaticos.html)>.



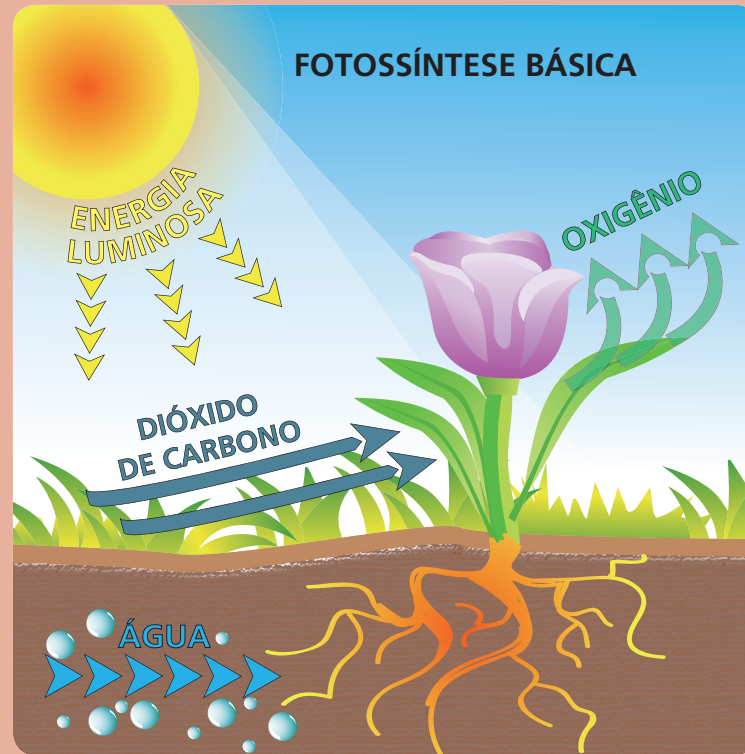
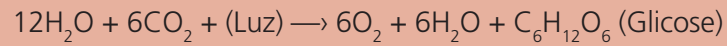
## 1.2 Composição química das águas naturais

As águas naturais possuem uma composição química bastante diferenciada e complexa, principalmente, devido ao grande número de substâncias dissolvidas encontradas, como resultado das condições naturais e também dos locais de origem. Dependendo do local de origem podem ocorrer diferentes tipos de composição, devido à influência dos solos, das rochas e também da composição química da atmosfera.

Naturalmente, como você já deve saber, a água pura possui em sua composição 2 moléculas de hidrogênio e 1 de oxigênio, formando o que nós conhecemos com  $H_2O$ . Essa substância é essencial para a manutenção da vida dos animais e vegetais.

Todos os processos básicos na vida de qualquer organismo dependem da água. Também conhecida como um solvente universal, ela transporta gases, elementos, substâncias e compostos orgânicos dissolvidos que são a base da vida de plantas e animais em nosso planeta.

O hidrogênio da água (H<sub>2</sub>O) funciona como uma fonte de elétrons no processo que nós já conhecemos como fotossíntese, ou seja, o processo físico-químico realizado por seres clorofilados (vegetais) para obtenção de glicose por meio da energia da luz.



**Figura 1.1: Interação entre a energia luminosa, dióxido de carbono e água, para obtenção de oxigênio e glicose para as plantas.**

Fonte: Ilustrado por Alessandro de Oliveira.

Como você observou anteriormente, a água apresenta diversas substâncias dissolvidas, formando o que nós chamamos de águas naturais, como, por exemplo, as águas dos rios, lagos e lagoas (água continental). Na tabela abaixo você pode observar as substâncias dissolvidas nas águas naturais.

**Tabela 1.1: Principais substâncias dissolvidas nas águas naturais.**

Principais elementos	Na <sup>+</sup> , k <sup>+</sup> , Mg <sup>++</sup> , Ca <sup>++</sup> , SO <sub>4</sub> , Cl <sup>-</sup> e HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Gases atmosféricos	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>
Principais nutrientes	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>--</sup> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> , SiO <sub>2</sub> , Fe <sup>+++</sup> , Mn <sup>+++</sup> , CO <sub>2</sub> e HCO <sub>3</sub>

Fonte: Modificado de MOSS (1988).



As substâncias encontradas nas águas naturais possuem uma origem bastante complexa, além de inúmeras e variadas reações químicas. Essas substâncias representam vários estágios de decomposição da vegetação natural próxima dos corpos d'água e também da composição química dos solos e rochas, que representam um papel fundamental para os ecossistemas aquáticos continentais.

Para facilitar o entendimento sobre a origem das substâncias que estão dissolvidas nas águas naturais, além dos principais elementos, gases e nutrientes, observe a tabela:

**Tabela 1.2: Origem e natureza das substâncias orgânicas dissolvidas na água.**

Origem nos organismos vivos, nas bacias hidrográficas	
Proteínas	Metano, aminoácidos, uréia, fenóis.
Lípideos (gorduras, óleos e hidrocarbonetos)	Metanos, carboidratos e hidrocarbonetos.
Carboidratos (celulose, amido e lignina)	Metano, glicose, frutose, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos.
Clorofila das plantas	Ácidos e alcóois.

Fonte: Modificado de MOSS (1988).

Sobre a matéria orgânica que está dissolvida na água, é muito importante que você compreenda a respectiva classificação, a qual é subdividida em dois grupos: substâncias húmicas e substâncias não húmicas.

**Substâncias húmicas:** é uma categoria geral de substâncias orgânicas biogênicas que ocorre naturalmente, de grande heterogeneidade e podem ser caracterizadas pelas cores amarela e preta. São substâncias não solúveis em água com pH ácido (abaixo de 2), mas podem ser solúveis em pH mais elevado.

**Substâncias não húmicas:** são as substâncias que conhecemos como aminoácidos, carboidratos, graxas e resinas.

Qual importância da composição química das águas naturais para a manutenção da vida nos ambientes aquáticos?

---

---

---

---

---



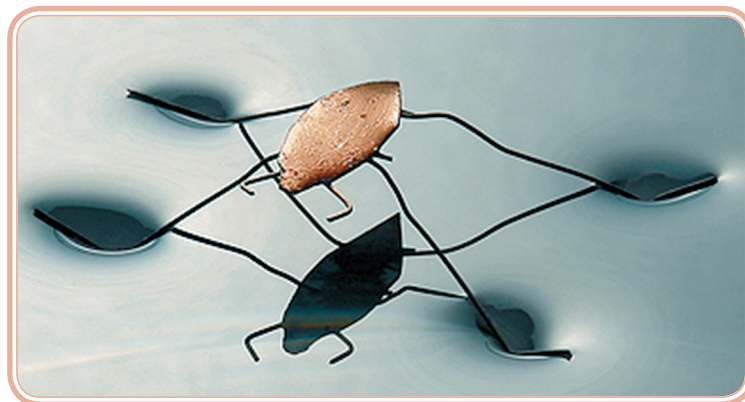
As águas naturais possuem dois grupos principais de substâncias: as **dissolvidas**, que constituem os gases, os minerais e compostos orgânicos; e as **partículas em suspensão**, como por exemplo, partículas não vivas, pequenas plantas e animais que denominamos de plâncton. Essas são de grande importância para a manutenção da vida no ambiente aquático. Você pode acompanhar na tabela abaixo algumas dessas substâncias:

Tabela 1.3: Substâncias dissolvidas e particuladas encontradas nas águas naturais.	
Substâncias dissolvidas	Partículas em suspensão
Oxigênio, dióxido de carbono e hidrogênio (gases).	Partículas minerais: silte e argilas.
Sais de cálcio, magnésio, sódio, potássio e ferro. Compostos nitrogenados e fosfatados (minerais).	Organismos microscópicos vivos: formas vegetais (fitoplâncton) e formas animais (zooplâncton).
Compostos orgânicos, como proteínas e carboidratos.	Materiais orgânicos como os detritos e também os organismos mortos.

Fonte: Modificado de MOSS (1988).

### 1.2.1 Importância das propriedades físicas e químicas da água

Todo o ciclo de vida e comportamento dos organismos aquáticos são influenciados pelas propriedades físicas e químicas da água, principalmente a **densidade**, as anomalias de densidade, as propriedades térmicas da água e sua capacidade como solvente universal. Por outro lado, temos também outro fator chamado de **tensão superficial**, que possui também grande importância biológica. Esse fator varia de acordo com a temperatura e com a concentração de sólidos dissolvidos na água. A tensão superficial da água permite que um conjunto de organismos utilize a interface entre a água e a atmosfera como suporte e para se movimentar, como você pode observar na figura abaixo.



**Figura 1.2: Inseto sobre a água como demonstração da tensão superficial.**

Fonte: <[http://2.bp.blogspot.com/\\_p\\_ylaaSK5o/R9Wzotu4yVI/AAAAAAAAAGnI/TjAWGG10x94/s1600/metal\\_walker.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_p_ylaaSK5o/R9Wzotu4yVI/AAAAAAAAAGnI/TjAWGG10x94/s1600/metal_walker.jpg)>. Acesso em: 23 abr. 2013.

Outra propriedade importante da água, principalmente sob o ponto de vista biológico, é a **viscosidade dinâmica**, que é a força requerida para deslocar 1 kg por 1 metro durante 1 segundo na massa de água. A viscosidade depende da temperatura da água e do conteúdo de sais. Portanto, o deslocamento dos organismos aquáticos depende da viscosidade, da forma do corpo e da temperatura da água.

Considerando a viscosidade, quais os fatores que determinam essa propriedade?

---

---

---

---

---



### 1.3 Classificação das águas naturais e ciclo hidrológico

As águas naturais podem ser classificadas de diversas formas, de acordo com os objetivos de estudo, por exemplo: de acordo com a sua origem, qualidade, composição química, mineralógica e finalidade.

No ambiente amazônico podemos encontrar diferentes tipos de águas nos rios, com diferentes cores e diferentes composições, que podem ser classificados como rios de águas brancas, águas claras e águas negras:

**Águas brancas:** também conhecidas como águas barrentas, são as águas dos rios que estão localizados normalmente em regiões geologicamente mais recentes, como a região dos Andes, que podem fornecer grandes quantidades de partículas em suspensão, por meio dos processos erosivos. Normalmente essas águas são ricas em sais minerais, possuem grandes quantidades de Magnésio e Cálcio, porém baixas quantidades de Sódio e Potássio. O pH dessas águas normalmente estão entre 6,7 e 7.

**Águas claras:** são rios originados em regiões geologicamente mais antigas, como as planícies das regiões mais centrais do Brasil. As águas claras possuem naturalmente menor concentração de sedimentos em suspensão na água.



Para você compreender melhor sobre a classificação das águas naturais, temos alguns links abaixo: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-agua/classificacao-da-agua.php>>; <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>.

**Águas negras:** essas águas ocorrem nos rios que estão localizados também em regiões geológicas mais antigas, com solos arenosos e vegetação do tipo campina e florestas. A cor dessas águas é resultado dos processos de decomposição da matéria orgânica.

Essas águas não realizam o transporte de grandes quantidades de material em suspensão, pois esses rios originam-se em regiões planas, antigas (sob o ponto de vista geológico) e com a presença de solos arenosos.

### 1.3.1 Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico é o princípio unificador fundamental de todos os processos que se referem à água. Sendo assim, é considerado o modelo pelo qual se representam a interdependência e movimento contínuo da água nas fases sólidas, líquida e gasosa. A água do nosso planeta está sempre em constante movimentação, percorrendo os principais reservatórios. Dentro desse ciclo, evidentemente a fase de maior importância para a manutenção dos ambientes aquáticos é a fase líquida. De acordo com (TUNDISI; TUNDISI, 2008), os principais componentes dentro do ciclo hidrológico são:

**Precipitação:** água adicionada à superfície da Terra a partir da atmosfera, na qual pode ser líquida (chuva) ou mesmo sólida (neve ou gelo).

**Evaporação:** processo de transformação da água líquida para a fase de vapor ou gasosa. A maior parte da evaporação ocorre nos oceanos, devido à grande superfície de contato com a atmosfera, que interage também com os raios solares.

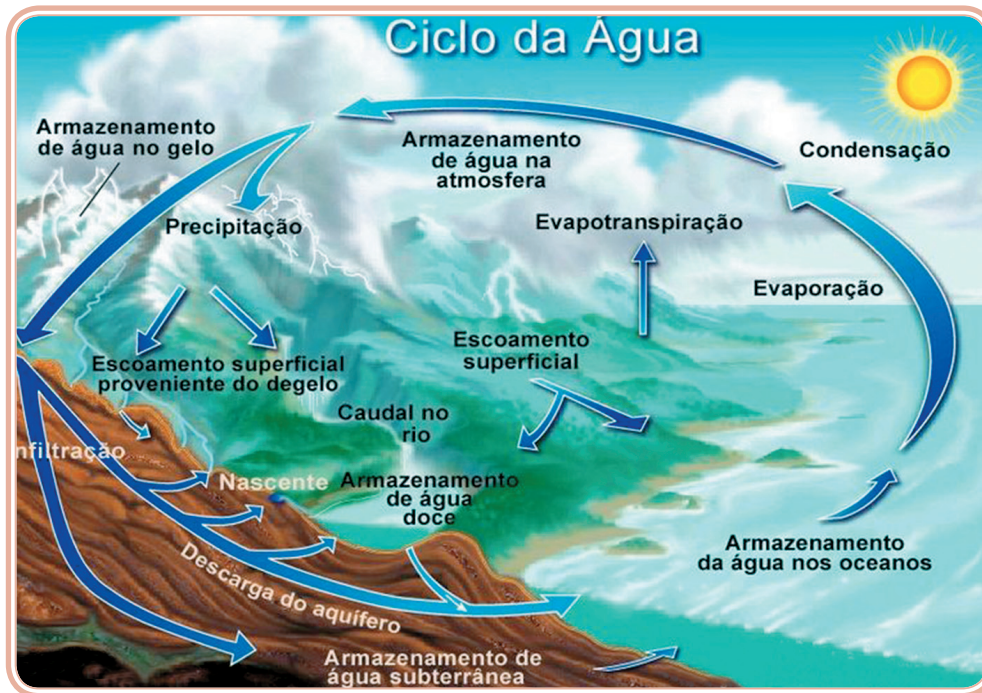
**Transpiração:** processo de perda de vapor d'água pelas plantas, o qual se dispersa para a atmosfera.

**Infiltração:** processo pelo qual a água é absorvida pelo solo.

**Percolação:** processo pelo qual a água entra no solo e nas formações rochosas até o nível do lençol freático.

**Drenagem:** movimento de deslocamento da água nas superfícies durante a precipitação.

Na figura a seguir, você pode acompanhar o ciclo hidrológico. Essa figura ajudará na compreensão do ciclo da água em nosso planeta.



**Figura 1.3: Ciclo hidrológico.**

Fonte: <[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9a/Ciclo\\_da\\_%C3%A1gua.jpg/800px-Ciclo\\_da\\_%C3%A1gua.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9a/Ciclo_da_%C3%A1gua.jpg/800px-Ciclo_da_%C3%A1gua.jpg)>. Adaptado por Alessandro de Oliveira. Acesso em: 23 abr. 2014.

Qual importância do ciclo hidrológico para os ambientes aquáticos?

---



---



---



---



---



## Resumo

Nesta aula, apresentamos a você o conceito e a importância da Limnologia para que você faça uma relação com a área de Pesca. Vimos também algumas das propriedades físicas e químicas da água que influenciam os ecossistemas aquáticos. Você teve também a oportunidade de aprender sobre a classificação das águas naturais e sobre a importância do ciclo hidrológico. Até a próxima aula!



# Aula 2 – Organismos aquáticos

## Objetivos

Compreender a divisão dos organismos aquáticos.

Relacionar os organismos com o fluxo de energia e características alimentares no ambiente aquático.

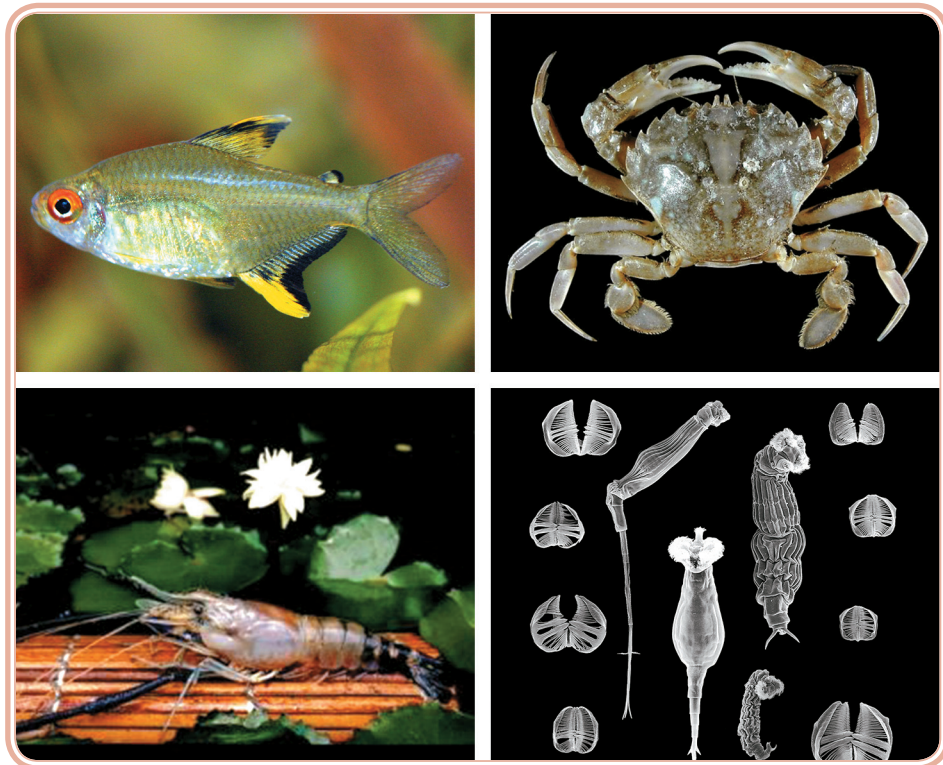
## 2.1 A vida nos ambientes aquáticos

O conjunto de organismos que vive em diferentes sistemas aquáticos continentais (lagos, rios, represas, tanques artificiais, áreas alagadas e estuários) é um complexo de grande importância botânica, zoológica, ecológica e também econômica, como os peixes.

Lévêque (1997) define “espécies de águas doces” da seguinte forma:

Algumas espécies que dependem de água doce para todos os estágios do seu ciclo de vida, por exemplo: peixes de água (a), crustáceos (b, c), e rotíferos (d), como você pode observar na figura seguinte. Nos peixes, a exceção deve ser feita às espécies diadromas, ou seja, as que migram entre sistemas marinhos e de água doce.

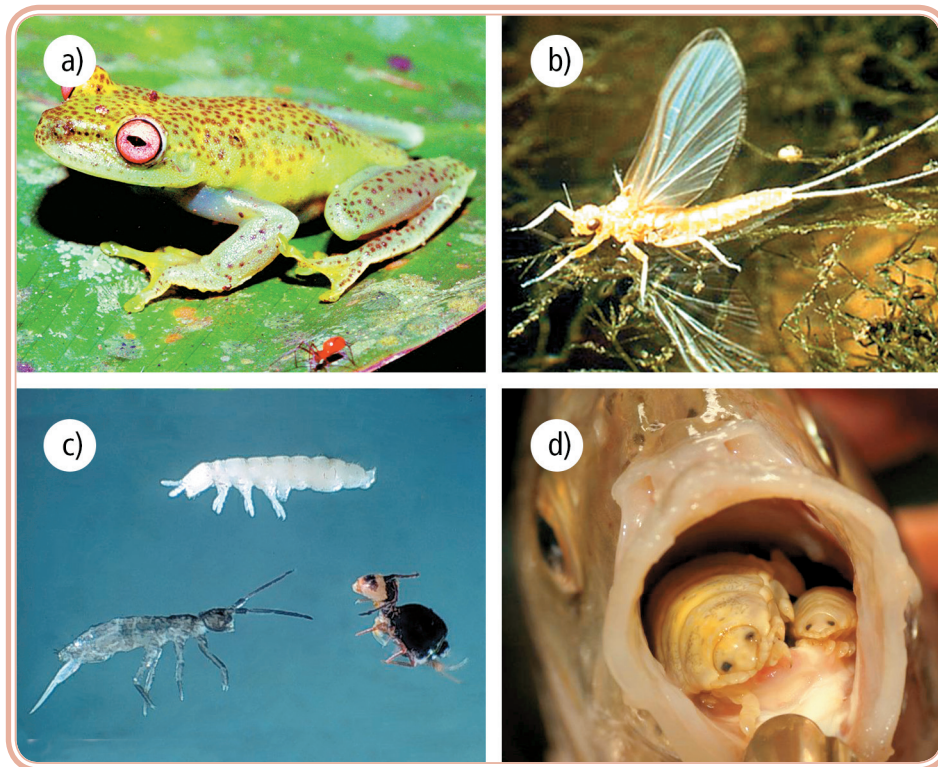




**Figura 2.1: Conjunto de organismos de água doce.**

Fonte: <[http://4.bp.blogspot.com/\\_dk5NT-quqpY/TVBUq\\_5D0wI/AAAAAAAAABPI/PNMVJ1kPljE/s1600/peixes.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_dk5NT-quqpY/TVBUq_5D0wI/AAAAAAAAABPI/PNMVJ1kPljE/s1600/peixes.jpg)>, <[http://imguol.com/2012/10/15/liocarcinus-vernalis-caranguejo-cinza-encontrado-em-aguas-rasas-da-africa-ocidental-a-mar-do-norte-1350313338349\\_615x470.jpg](http://imguol.com/2012/10/15/liocarcinus-vernalis-caranguejo-cinza-encontrado-em-aguas-rasas-da-africa-ocidental-a-mar-do-norte-1350313338349_615x470.jpg)>, <<http://camiloaparecido.blog.terra.com.br/files/2008/08/camarao-pitu2.jpg>>, <<http://www.blogcurioso.com/wp-content/uploads/2009/02/rotiferos1.jpg>>. Adaptado por Alessandro de Oliveira. Acesso em: 24 abr. 2014.

- Algumas espécies necessitam de águas doces para completar seu ciclo de vida, tais como anfíbios e insetos.
- Outras espécies necessitam somente de habitats úmidos, como algumas espécies de *Collembola*.
- Há também as que são dependentes de água doce para alimento ou habitat, como exemplo: pássaros, mamíferos e parasitas que utilizam um hospedeiro animal, que é um organismo de água doce. Portanto, podem-se considerar espécies que são “verdadeiramente de água doce” e espécies que são “dependentes de água doce”.



**Figura 2.2:** a) Anfíbio; b) Inseto; c) Collembola; d) Parasitas em um peixe.

Fonte: <[http://www.ra-bugio.org.br/images/anfibios/anf\\_sob\\_00\\_0g.jpg](http://www.ra-bugio.org.br/images/anfibios/anf_sob_00_0g.jpg)>; <[http://1.bp.blogspot.com/\\_5f8TWWvli64/TKUznCKZJtI/AAAAAAAAG\\_8/Kh7zDkJffVU/s1600/mayfly03.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_5f8TWWvli64/TKUznCKZJtI/AAAAAAAAG_8/Kh7zDkJffVU/s1600/mayfly03.jpg)>; <<http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSBlgSd1yzj14B82-gyLX-vSCdzEXd9eKp9160a5msVKGOpbil6>>; <[http://hypescience.com/wp-content/uploads/2013/01/424168\\_10152409046935603\\_1766419987\\_n.jpg](http://hypescience.com/wp-content/uploads/2013/01/424168_10152409046935603_1766419987_n.jpg)>. Acesso em: 14 nov. 2013.



Pesquisas científicas identificaram aproximadamente 100.000 espécies para os ambientes de água doce, metade destas é representada por insetos. Cerca de 20.000 espécies de vertebrados (35-40%) (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Os organismos e as comunidades têm um papel fundamental nos processos de funcionamento de rios, lagos, represas e áreas alagadas. Portanto, o ecossistema é considerado a unidade básica para a Limnologia e Ecologia, em que devem ser investigadas minuciosamente as principais inter-relações entre os componentes das comunidades e os meios físico e químico. Assim, precisamos conhecer um pouco mais sobre a descrição dos principais grupos de organismos que compõem as comunidades aquáticas, como você vai poder observar a seguir. É importante lembrar que você já conhece os principais grupos dos ecossistemas aquáticos, como foi abordado na disciplina Biologia Aquática e Pesca.

**Vírus:** são organismos em geral com pequenas dimensões (0,02  $\mu\text{m}$ ), que podem ser visualizados apenas com a utilização de técnicas especiais e microscópicas. O papel desses organismos ainda é pouco conhecido, porém, sabemos que esses organismos podem causar doenças (ex. Hepatite). Esse grupo demonstra sua importância também na participação dos processos de decomposição de organismos planctônicos.

**Bactérias e fungos:** esses organismos têm um papel muito importante no ecossistema, pois realizam a reciclagem da matéria orgânica e inorgânica. Bactérias e fungos constituem também o alimento para outros organismos aquáticos, uma vez que formam uma camada de material orgânico na superfície, a qual pode ser utilizada como alimento para outros organismos. Esses organismos exercem um papel importante também na redução dos índices de poluição dos ecossistemas aquáticos.

**Algas:** as algas de modo geral podem constituir parte do que consideramos como o fitoplâncton ou encontram-se presas em substratos. Possuem grande importância como produtores primários da matéria orgânica, pois realizam o processo que já conhecemos como fotossíntese (Aula 1 – Introdução à Limnologia Aplicada à Pesca).

**Poríferos (esponjas de água doce):** as esponjas de água doce ocorrem em rios, lagos e represas. Esses organismos funcionam como indicadores ambientais, pois ocupam regiões de inundação temporária e também substratos profundos dos rios amazônicos.

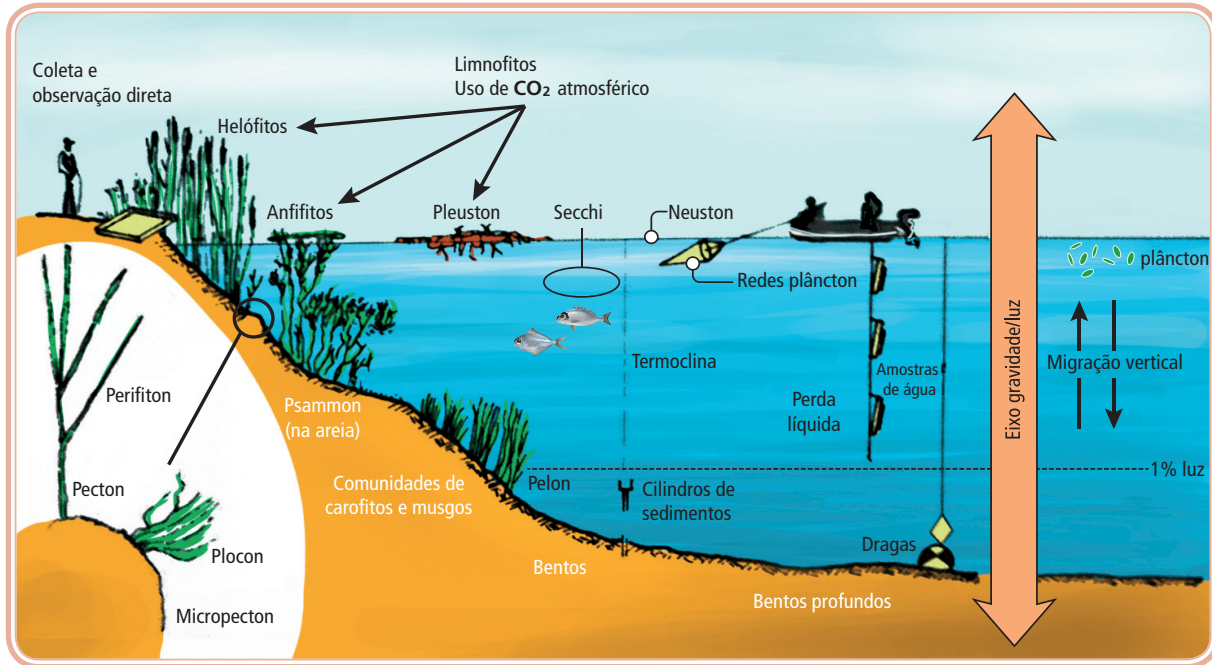
**Moluscos:** esses organismos exercem também um papel importante no ecossistema, pois se alimentam de detritos, fitobentos (organismos que realizam fotossíntese e estão aderidos ao sedimento) e bactérias.

**Peixes:** esses organismos constituem parte da comunidade nectônica de grande importância evolutiva, econômica e ecológica. A interação dos peixes com o ecossistema aquático e a biota aquática ocorre por meio de inter-relações alimentares e de efeitos na composição química das águas (respiração e excreção) e no sedimento (remoção de outros organismos, perturbação do sedimento). Além disso, os peixes são responsáveis pelo transporte de material orgânico e inorgânico verticalmente e horizontalmente no ambiente aquático.

### **2.1.1 A organização espacial das comunidades aquáticas**

As comunidades aquáticas estão localizadas em diferentes regiões e substratos, na água livre ou apoiando-se em diferentes estruturas. Sendo assim, cada uma dessas comunidades recebe um nome específico de acordo com a sua localização. Essa divisão implica em um uso diferenciado de recursos (radiação solar, nutrientes, dióxido de carbono e oxigênio) que possibilitam a colonização e o desenvolvimento de diferentes populações e comunidades.

Na próxima figura, você poderá observar os diferentes tipos de comunidades que podem ser caracterizadas em um ecossistema aquático. De forma geral, encontramos no ambiente aquático os organismos planctônicos, que estão divididos em fitoplâncton (vegetais) e zooplâncton (animais). Podemos encontrar também os organismos nectônicos e os organismos bentônicos. Observe a Figura 2.3 e também o Quadro 2.1, que apresenta alguns conceitos e exemplos desses organismos.



**Figura 2.3: Diferentes comunidades funcionais nos ecossistemas aquáticos.**

Fonte: Margalef (1983). Adaptado por Alessandro de Oliveira.

**Quadro 2.1: Comunidades aquáticas e suas respectivas características.**

Comunidades	Características
Plâncton	É a comunidade que habita as águas livres com limitada capacidade de locomoção e com sistemas que possibilitam a flutuabilidade permanente ou limitada.
Nécton	Esta comunidade é formada por organismos que vivem independentes do fundo aquático, apresentam uma capacidade natatória e estão representados por invertebrados e vertebrados.
Bentos	São organismos que vivem associados ao fundo (sedimento).

Fonte: Autoria própria.

Qual importância dos organismos planctônicos para as comunidades aquáticas?

---



---



---

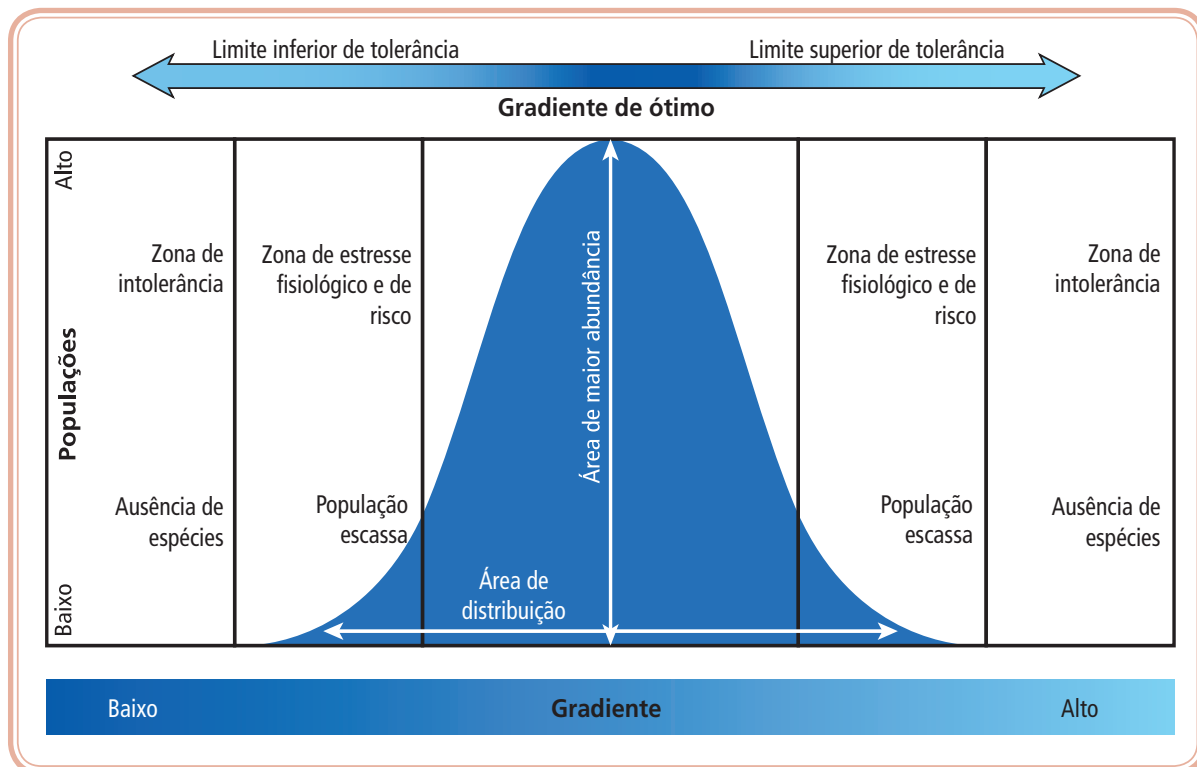




## 2.2 Fatores que limitam e controlam as comunidades

Seguindo as observações realizadas por Tundisi e Tundisi (2008), a diversidade de espécies nos ecossistemas aquáticos continentais depende de vários fatores e processos evolutivos nos quais ocorrem interações entre as espécies, o período e os mecanismos de colonização, assim como também a resposta desses organismos às condições ambientais, como a composição química da água, temperatura, efeitos dos parasitas, predadores, além de outras características físicas, químicas e biológicas do ambiente aquático.

Nessas condições, fatores climáticos, tais como precipitação e períodos de seca, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, que são considerados **fatores abióticos**, podem funcionar como mecanismos limitantes para a expansão e a colonização de espécies de águas interiores. De modo geral, os fatores físicos, químicos e biológicos podem afetar a distribuição dos organismos. Esses fatores apresentam gradientes (variações) verticais ou horizontais e tendem a afetar todas as espécies existentes no ecossistema aquático, com maior ou menor intensidade, dependendo da resposta também dos organismos. A figura abaixo apresenta uma relação entre esses fatores, evidenciando as variações.



**Figura 2.4: Gradiente de tolerância dos organismos a vários fatores ambientais e de interação com outras espécies.**

Fonte: Tundisi e Tundisi (2008). Adaptado por Alessandro de Oliveira.

Variações de salinidade em regiões estuarinas (foz dos rios), alterações do substrato em rios, oscilações entre períodos chuvosos ou períodos secos, variação do oxigênio dissolvido na água são alguns fatores que interferem na distribuição dos organismos aquáticos e podem também limitar ou expandir a diversidade.

O ambiente de cada espécie é, portanto, um complexo conjunto de fatores que interagem e esses fatores são de origem física, química, biológica ou mesmo geológica (HUTCHINSON, 1957).

Dentro desse contexto, temos também os **fatores bióticos**, que são responsáveis pela diversidade e distribuição das espécies, somando um conjunto variado de processos, como: competição, predação, produção de substâncias inibidoras (hormônios) e interações químicas entre as espécies, populações e comunidades.

## 2.3 Cadeias e redes alimentares

A energia flui nos ecossistemas aquáticos por meio de sucessivos níveis tróficos, ou seja, são os níveis de nutrição a que pertencem os indivíduos ou mesmo espécies, indicando a passagem de energia entre os seres vivos dentro de um ecossistema.

Naturalmente, a produção primária, a partir do que já conhecemos como fotossíntese, provê a quantidade e a qualidade de alimento disponível para os animais herbívoros e carnívoros, que serão descritos abaixo. Muitos organismos aquáticos são onívoros, ou seja, aqueles que apresentam uma variação no cardápio para alimentação, variando conforme as estações do ano e a disponibilidade de alimento.

Sendo assim, um dos primeiros aspectos que vamos considerar é o tipo de alimentação dos organismos aquáticos, cuja estrutura dos órgãos de alimentação varia enormemente do ponto de vista morfológico, apresentando diferentes eficiências. A seguir, você vai encontrar uma descrição de acordo com os hábitos alimentares dos organismos:

**Herbívoros:** alimentam-se de plantas aquáticas, fitoplâncton, perífiton ou macrófitas.

**Carnívoros:** alimentam-se de organismos aquáticos herbívoros ou de outros organismos aquáticos, exceto plantas.

**Detritívoros:** alimentam-se de restos vegetais, sedimento ou mesmo restos de animais.



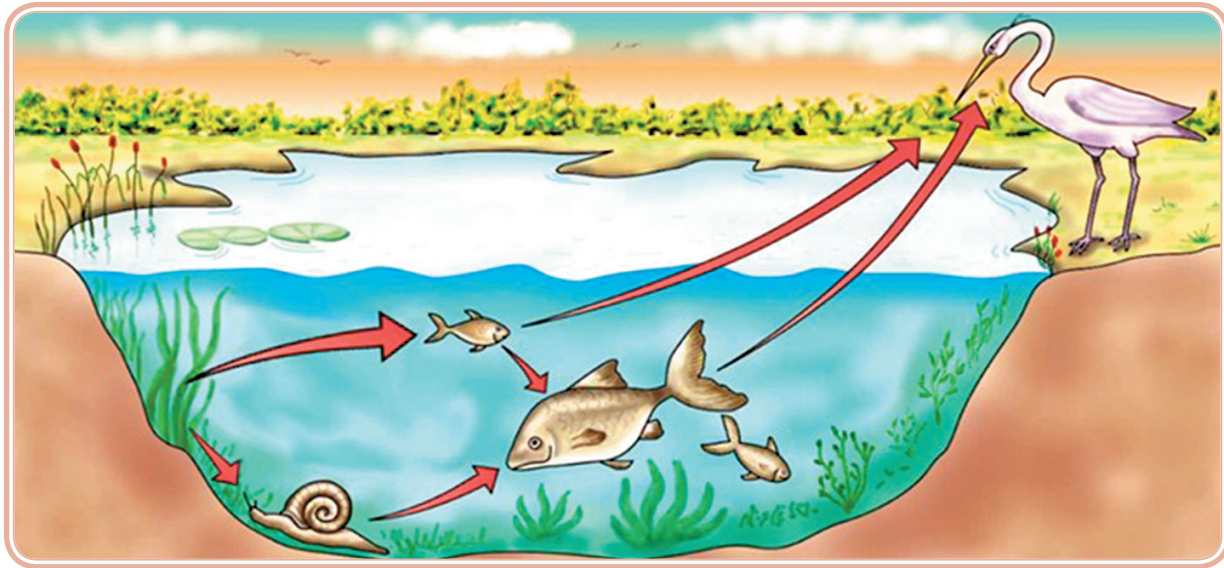
Para ampliar o seu conhecimento, você pode acessar o link abaixo e, descobrir mais informações sobre os níveis tróficos. No referido link, você encontrará informações sobre os três principais níveis tróficos e alguns exemplos de cadeias e teias alimentares. Aproveite: [http://pt.wikipedia.org/wiki/N%C3%ADvel\\_tr%C3%B3fico](http://pt.wikipedia.org/wiki/N%C3%ADvel_tr%C3%B3fico). Acesso em: 17 dez. 2013.



Para ampliar o seu conhecimento, você pode acessar o link abaixo e descobrir mais informações sobre cadeia alimentar. No link, você vai encontrar alguns conceitos e também exemplos para os diferentes níveis tróficos. Aproveite: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Cadeia\\_alimentar](http://pt.wikipedia.org/wiki/Cadeia_alimentar). Acesso em: 17 dez. 2013.

**Onívoros:** possuem hábitos alimentares variados, incluindo plantas, animais ou detritos em suspensão na água ou no sedimento.

Na figura abaixo, você pode observar também um exemplo de teia alimentar aquática.



**Figura 2.5: Teia alimentar.**

Fonte: <[http://1.bp.blogspot.com/\\_dYgAWPclpjo/SHYCiMMM1PI/AAAAAAAAAHI/VTF4JJTScLk/s400/sopinha.gif](http://1.bp.blogspot.com/_dYgAWPclpjo/SHYCiMMM1PI/AAAAAAAAAHI/VTF4JJTScLk/s400/sopinha.gif)>. Acesso em: 25 abr. 2013.



Observe a Figura 2.5 acima e identifique os organismos que fazem parte dessa teia alimentar, de acordo com os respectivos hábitos alimentares:

---

---

---

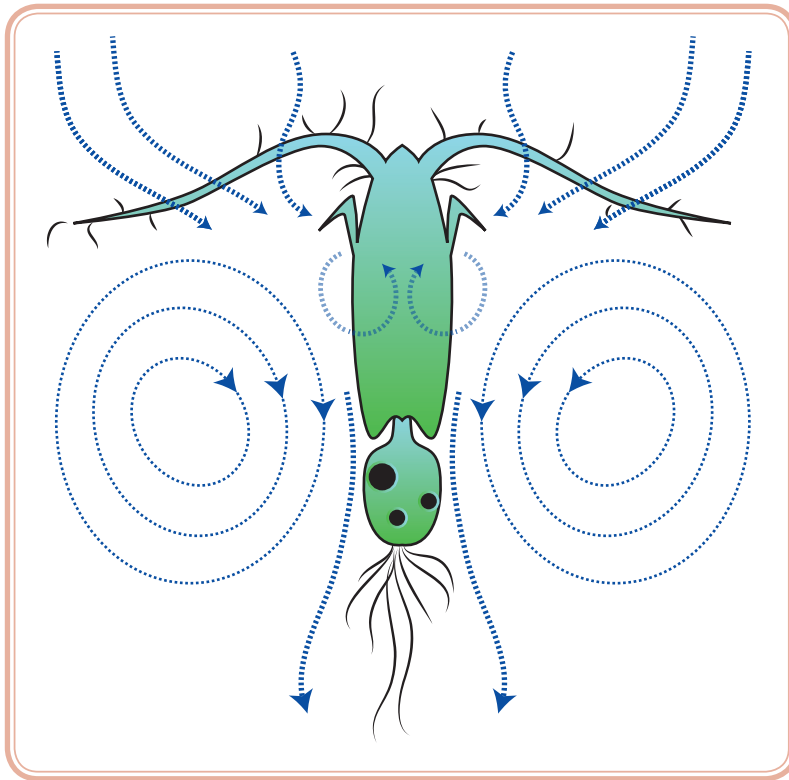
---

---

Os organismos ainda podem apresentar sistemas de captura ou filtração de alimento, classificando-se em:

**Filtradores:** são organismos que possuem a capacidade de **filtrar** a água para obtenção do seu alimento. O caso clássico de filtração de partículas em suspensão (fitoplâncton, bactérias ou partículas orgânicas) é o dos copépodes planctônicos, como você pode observar na figura a seguir.





**Figura 2.6: Mecanismo de filtração dos Copépodes herbívoros.**

Fonte: Tundisi e Tundisi (2008). Adaptado por Alessandro de Oliveira.

**Coletores:** são os organismos que **coletam** partículas de variadas dimensões em suspensão na água ou no fundo de rios e lagos.

**Raspadores:** são organismos que **raspam** superfícies e alimentam-se de microfitobentos, bactérias ou matéria orgânica que está agregada às partículas encontradas nos ambientes aquáticos.

**Coletores de sedimento:** são organismos que **coletam**, agregam e consolidam partículas de sedimento, ricas em matéria orgânica.

Portanto, as pirâmides tróficas biológicas com os valores nutricionais de cada nível trófico podem ser construídas, desde o fitoplâncton e o perifíton, que são a base da rede alimentar, até os carnívoros predadores, com os grandes peixes ou outros vertebrados, no topo da rede alimentar.



# Aula 3 – Ciclos biogeoquímicos

## Objetivos

Compreender a dinâmica dos ciclos biogeoquímicos.

Reconhecer os principais elementos dos ciclos biogeoquímicos para a manutenção dos ambientes aquáticos continentais.

Compreender o impacto das flutuações das concentrações dos elementos químicos na dinâmica ambiental dos organismos aquáticos.

## 3.1 A dinâmica dos ciclos biogeoquímicos

Os ciclos dos elementos químicos e das substâncias estão inter-relacionados com processos biológicos, geoquímicos e físicos. A distribuição e a concentração dos elementos e substâncias na água dependem da fixação e concentração ativa de carbono, hidrogênio, nitrogênio, fósforo e enxofre e dos micronutrientes, como manganês, ferro, cobre e zinco. Esses elementos, que são caracterizados como macro e micronutrientes, encontram-se concentrados na matéria orgânica viva ou na matéria orgânica particulada e em decomposição, ou dissolvidos na água.

A distribuição dos nutrientes está relacionada com a circulação que ocorre nos ambientes aquáticos. O sedimento do fundo dos rios, lagos, represas e estuários são reservatórios importantes de nutrientes. A taxa de reciclagem dos nutrientes depende das inter-relações entre as misturas vertical e horizontal e a atividade dos organismos aquáticos.

## 3.2 Ciclo do carbono (C)

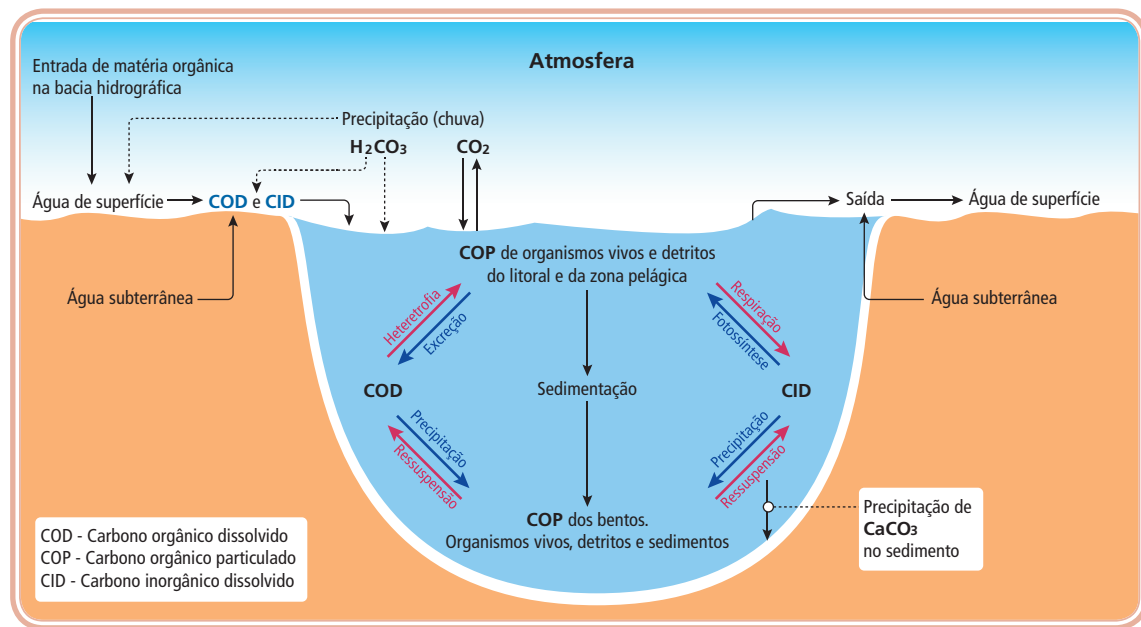
O carbono é um elemento utilizado em grandes quantidades pelos organismos fotossintetizantes, o qual é encontrado no ambiente aquático em diferentes formas, como: CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), CO<sub>3</sub><sup>-</sup> (carbonato) e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (bicarbonato). É um dos elementos fundamentais nos ciclos biogeoquímicos das águas naturais (TUNDISI; TUNDISI, 2008).



Para você ampliar o seu conhecimento sobre os principais ciclos biogeoquímicos e a respectiva importância desses elementos, acesse o link abaixo: <<http://www.grupoescolar.com/pesquisa/os-ciclos-biogeoquimicos.html>>.

Sendo assim, de forma geral, a atividade fotossintética das plantas aquáticas e dos organismos fitoplanctônicos (algas) remove carbono das águas superficiais para a fabricação de substâncias como a glicose.

Quando os organismos aquáticos morrem, ocorre uma rápida sedimentação da matéria orgânica, ou seja, essa matéria é depositada sobre o sedimento de fundo, a qual tem grande importância para no ciclo do carbono, como você pode observar na figura abaixo.



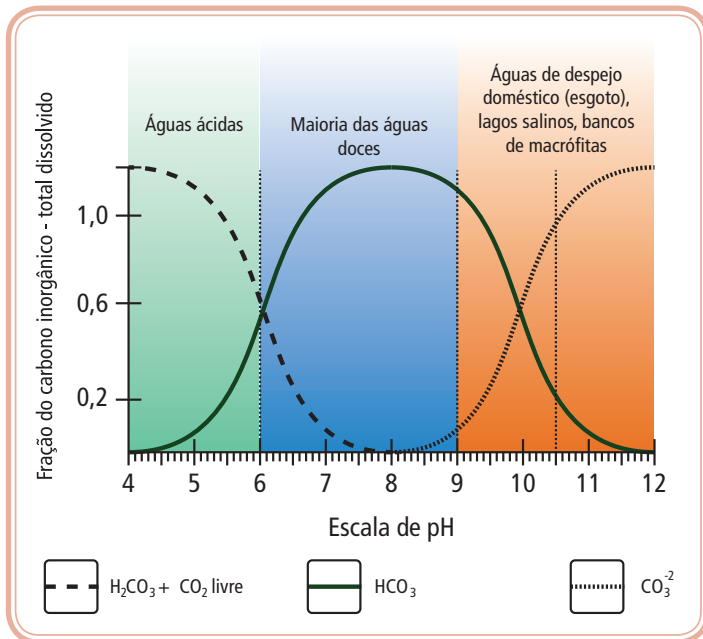
**Figura 3.1: Ciclo do carbono em um ambiente de água doce.**

Fonte: Tundisi e Tundisi (2008). Adaptado por Alessandro de Oliveira.

O dióxido de carbono ( $CO_2$ ) é um gás de grande importância biológica para os ecossistemas aquáticos. Este gás dissolve-se na água para formar o dióxido de carbono solúvel, que ao reagir com a água produz o que chamamos de ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ).

As plantas aquáticas podem utilizar  $CO_2$ ,  $HCO_3^-$  ou, mais raramente,  $CO_3^{--}$  como fonte de carbono. Algumas macrófitas aquáticas utilizam  $HCO_3^-$ , depois de convertê-lo a  $CO_2$  por meio da ação de uma enzima chamada amilase carbônica. A maioria dos lagos apresenta concentrações de  $HCO_3^-$  adequadas para a fotossíntese em um intervalo de pH (potencial hidrogeniônico) que varia de aproximadamente 6,0 a 8,5. Em uma escala, o pH indica a acidez ou a alcalinidade do ambiente (valores entre 0 e 6,9 indicam pH ácido; valores entre 7,1 e 14 indicam pH alcalino). De modo geral, o  $CO_2$  é a forma dominante em pH baixo e o  $CO_3^{--}$  é a forma dominante em pH acima de 8,0.

Você pode observar na figura abaixo as formas de carbono que ocorrem na água em diferentes gradientes de pH.



**Figura 3.2: Inter-relação de pH, CO<sub>2</sub> livre dissolvido, íon hidrocarbonato (HCO<sub>3</sub>) e íon carbonato (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>).**

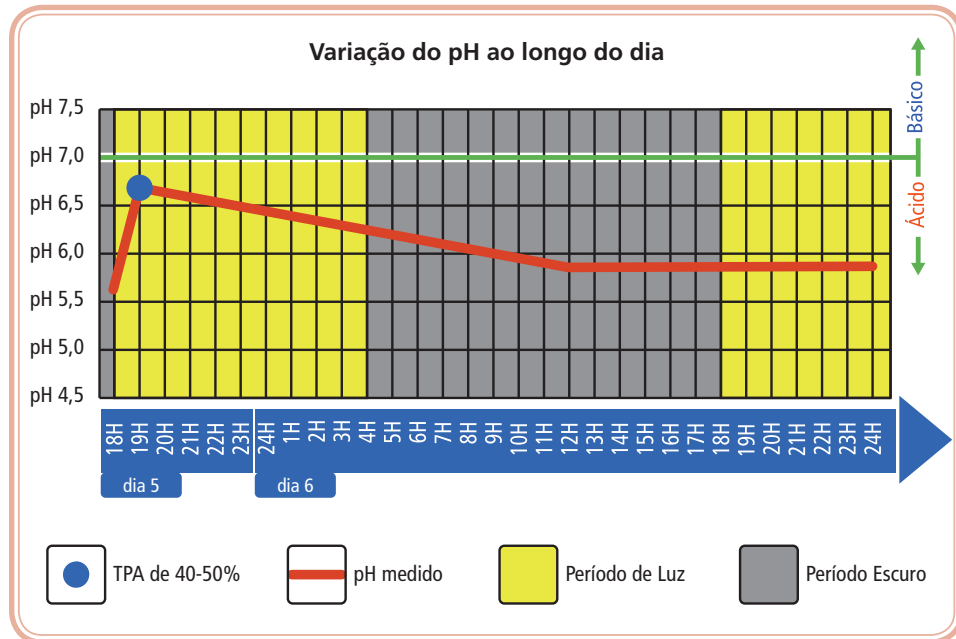
Fonte: Tundisi e Tundisi (2008).

### 3.2.1 O pH e a concentração de CO<sub>2</sub>

Durante o processo fotossintético, o CO<sub>2</sub> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> são removidos da água pelos produtos primários. Como resultado, o pH da água sofrerá um aumento, tornando-se alcalino. Portanto, em função da redução das concentrações de carbono dissolvido na água, devido às reações fotossintéticas, o pH torna-se mais elevado.

No entanto, durante a noite, por exemplo, as atividades fotossintéticas são paralisadas e naturalmente o ambiente aquático apresenta uma tendência de acúmulo de dióxido de carbono em função dos processos respiratórios dos organismos aquáticos. O aumento dessas concentrações favorece a reação do dióxido de carbono com a água, formando o ácido carbônico, o qual irá reduzir o valor do pH da água.

A figura a seguir apresenta a variação do pH em um ambiente aquático ao longo do dia.



**Figura 3.3: Variação do pH da água durante o dia e durante a noite.**

Fonte: <<http://www.qualalbatroz.pt/aquariofilia/ph02.jpg>>. Acesso em: 14 jan. 2014. Adaptado por Alessandro de Oliveira.



Descreva a importância do dióxido de carbono para os ecossistemas aquáticos.

---



---



---



---



---



---

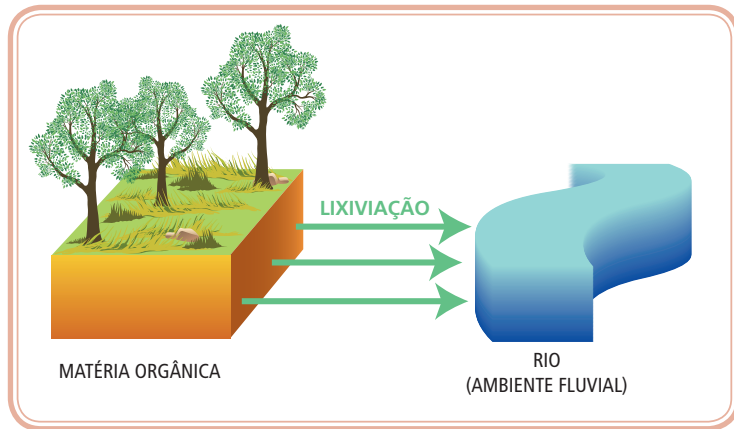


### 3.3 Ciclo do fósforo (P)

Fósforo é um elemento essencial para o funcionamento e para o crescimento das plantas aquáticas, pois está presente nos ácidos nucleicos e adenosina trifosfato, que são responsáveis pelo armazenamento de energia nas plantas.

O fluxo de fósforo para as águas continentais depende diretamente dos processos geoquímicos que ocorrem nas bacias hidrográficas. De modo geral, as formas mais comuns de fósforo orgânico são de origem biológica, ou seja, gerado a partir de um organismo. O fósforo que encontramos no meio aquático (fósforo dissolvido) é devido ao processo que chamamos de lixiviação, como você pode observar na figura abaixo, que é responsável pelo transporte de material orgânico proveniente das florestas para dentro dos rios e lagos das regiões continentais.

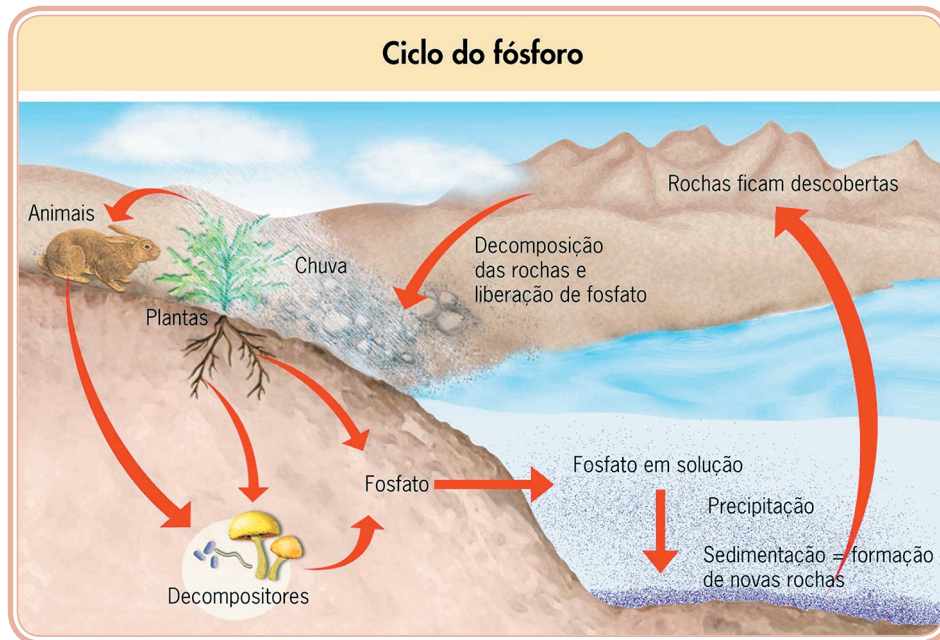
Para você ampliar o seu conhecimento sobre este elemento (fósforo), acesse os links abaixo:  
 <[http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_nucleico](http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_nucleico)>  
 e <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Trifosfato\\_de\\_adenosina](http://pt.wikipedia.org/wiki/Trifosfato_de_adenosina)>.



**Figura 3.4: Processo de lixiviação.**

Fonte: Arquivos do Prof. Marlon C. França. Adaptado por Alessandro de Oliveira.

O fósforo pode ser encontrado em partículas de várias dimensões. A sedimentação de partículas e excretas de animais planctônicos ou bentônicos contribui para o acúmulo desse elemento no sedimento e nas águas. A principal forma do fósforo nas águas ou mesmo no sedimento é ortofosfato dissolvido, que se encontra de fácil acesso para as plantas aquáticas e também para o fitoplâncton. Como esse elemento não possui um componente gasoso, sua disponibilidade depende das rochas fosfatadas e dos ciclos que ocorrem no ambiente aquático e no sedimento (Figura 3.5), dos quais a decomposição e a excreção dos organismos são partes importantes.



**Figura 3.5: Ciclo do fósforo.**

Fonte: <<http://www.profpc.com.br/ciclofosforo2.JPG>>. Acesso em: 29 abr. 2014.



Qual a importância do fósforo para os organismos aquáticos?

---

---

---

---

---

### 3.4 Ciclo do nitrogênio (N<sub>2</sub>)

As plantas aquáticas utilizam nitrogênio principalmente na síntese de proteínas e aminoácidos. As principais formas do nitrogênio encontradas são nitrato, nitrito, amônio, amônia, compostos nitrogenados dissolvidos como ureia e aminoácidos livres. No ambiente, este elemento é fixado por alguns organismos como espécies de cianobactérias.

Os principais processos que estão relacionados com o ciclo do nitrogênio são:

**Fixação do nitrogênio (N):** o gás N<sub>2</sub> e a energia química são transformados em amônio como fase orgânica. Este processo é realizado por cianobactérias, como você viu no parágrafo anterior.

**Nitrificação:** esse processo consiste na transformação do amônio em nitrito e nitrato.

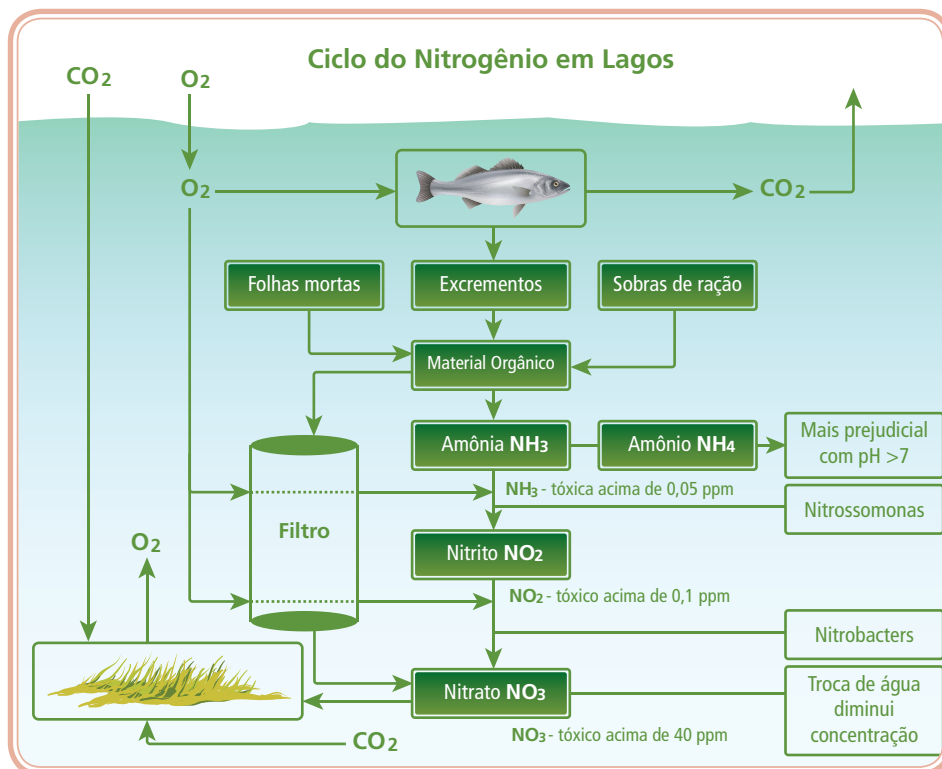
**Desnitrificação:** o nitrato, por meio dos processos de redução, é transformado em gás novamente (N<sub>2</sub>).

**Assimilação:** é o momento em que o nitrogênio inorgânico dissolvido (amônio, nitrato ou nitrito) é incorporado em compostos orgânicos.

**Excreção:** os animais excretam nitrogênio sob a forma de amônio, ureia ou ácido úrico.

A figura a seguir apresenta para você as principais etapas do ciclo do nitrogênio em um ambiente lacustre, revelando os processos, como você pôde observar no parágrafo anterior.





**Figura 3.6: Ciclo do nitrogênio.**

Fonte: Ilustrado por Alessandro de Oliveira.

Qual a importância do nitrogênio para os organismos aquáticos?

---



---



---



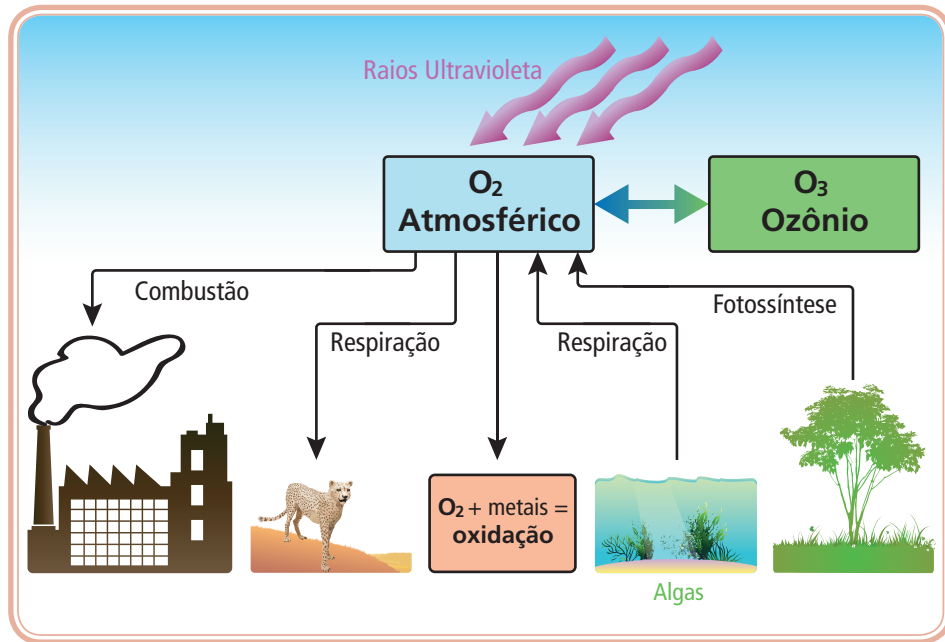
---



### 3.5 Ciclo do oxigênio (O<sub>2</sub>)

O ciclo do oxigênio é o movimento desse elemento dentro dos ecossistemas e também da atmosfera terrestre, que depende dos processos geológicos, físicos, hidrológicos e biológicos. Esse gás compõe cerca de 21% da atmosfera terrestre, satisfazendo as necessidades dos organismos aquáticos ou terrestres por meio dos processos respiratórios.

A principal fonte desse elemento está no processo que nós conhecemos como fotossíntese, que favorece a fabricação desse gás para os ambientes aquáticos, terrestres e também atmosféricos, como você pode observar na figura a seguir.



Para você ampliar o seu conhecimento sobre este elemento (oxigênio), acesse o link abaixo. Nele você vai encontrar informações sobre a movimentação do oxigênio no planeta Terra. Aproveite! <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_do\\_oxig%C3%AAnio](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_do_oxig%C3%AAnio)>.

**Figura 3.7: Ciclo do oxigênio.**  
 Fonte: Ilustrado por Alessandro de Oliveira.

### 3.6 Os organismos e os ciclos biogeoquímicos

Os organismos aquáticos têm grande importância nos ciclos biogeoquímicos em função das seguintes razões.

- Excretam nitrogênio, fósforo e compostos orgânicos.
- Decompõem-se após a morte e contribuem com o nitrogênio e fósforo.
- Contribuem para o transporte ativo de nutrientes nos eixos vertical e horizontal do sistema.
- As plantas aquáticas fixam biologicamente os elementos.

Os elementos como: oxigênio (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), nitrogênio (N<sub>2</sub>) e fósforo (P) naturalmente apresentam variações dentro dos ecossistemas aquáticos, que estão relacionadas com as alterações da temperatura da água, circulação da água, ciclo fotossintético e também pela quantidade de matéria orgânica disponível no ambiente aquático.

Essas variações apresentam uma relação bastante estreita com a distribuição dos organismos aquáticos, pois dependem desses elementos para a sobrevivência.

Seguindo o que foi exposto sobre os ciclos biogeoquímicos, qual a importância destes processos para os ecossistemas aquáticos?



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Resumo

Nesta aula, você conheceu os principais ciclos biogeoquímicos e suas respectivas relações e importância para os ecossistemas aquáticos. Até a próxima aula!

## Atividade de aprendizagem

Considerando o conteúdo abordado nesta aula, leia o material que está no link abaixo e explique por que ocorre a alteração do pH da água, durante o dia e a noite: <[http://abccam.com.br/site/wp-content/uploads/2013/10/MANEJO\\_DO\\_CICLO\\_DO\\_pH\\_PARA\\_MANTER\\_A\\_SADE\\_ANIMAL.pdf](http://abccam.com.br/site/wp-content/uploads/2013/10/MANEJO_DO_CICLO_DO_pH_PARA_MANTER_A_SADE_ANIMAL.pdf)>.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Aula 4 – Lagos e rios

## Objetivos

Compreender o conceito de lagos e caracterizar as diferentes zonas existentes nestes sistemas aquáticos.

Reconhecer a importância dos lagos para as atividades pesqueiras.

Conhecer as diferentes zonas dos sistemas fluviais (rios).

## 4.1 Origem dos lagos

Os lagos são sistemas aquáticos de grande relevância para os estudos limnológicos e também sobre o ponto de vista para o desenvolvimento da pesca. Um lago é um corpo de água estacionário, que não possui conexão com o oceano. Naturalmente, todos os sistemas aquáticos continentais originam-se a partir de uma variedade de processos naturais e mecanismos de formação que variam entre as diferentes regiões geológicas. Os lagos, especialmente, possuem diferentes formações e podem ser classificados de acordo com suas respectivas origens: a) tectônica; b) vulcânica; c) ação fluvial; d) impactos de meteoritos.

Além das classificações de lagos, baseados na geomorfologia (forma geológica), é necessário considerar também a perenidade (longa duração ou mesmo contínuos) dos sistemas ou sua intermitência (lagos que aparecem e desaparecem). Assim, podemos encontrar diferentes formações, como: lagos com fases úmidas e de inundação muito irregulares, áreas alagadas, canais e lagoas de inundação em rios, lagoas e lagoas costeiras, intermitentes (sem ligação com as águas costeiras; ou permanentemente, conectados às águas costeiras por meio de canais).

## 4.2 Zonação em lagos

As formas e características de um lago são peculiares dependendo da região onde está localizado. No entanto, determinadas estruturas de lagos são comuns e merecem ser sempre observadas nos estudos limnológicos.



Você pode acessar o link abaixo para adquirir mais conhecimento sobre os lagos: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Lago>>. Acesso em: 17 dez. 2013.

Conheça abaixo a representação clássica da zonação em lagos, de acordo com as respectivas terminologias, para caracterizar as diferentes regiões dentro desse ambiente.

**Zona litoral:** é a região onde ocorre luz suficiente para permitir o crescimento de macrófitas aquáticas (plantas aquáticas).

**Zona sublitoral:** é uma zona fracamente iluminada, com poucas espécies de macrófitas que sobrevivem em baixa intensidade luminosa.

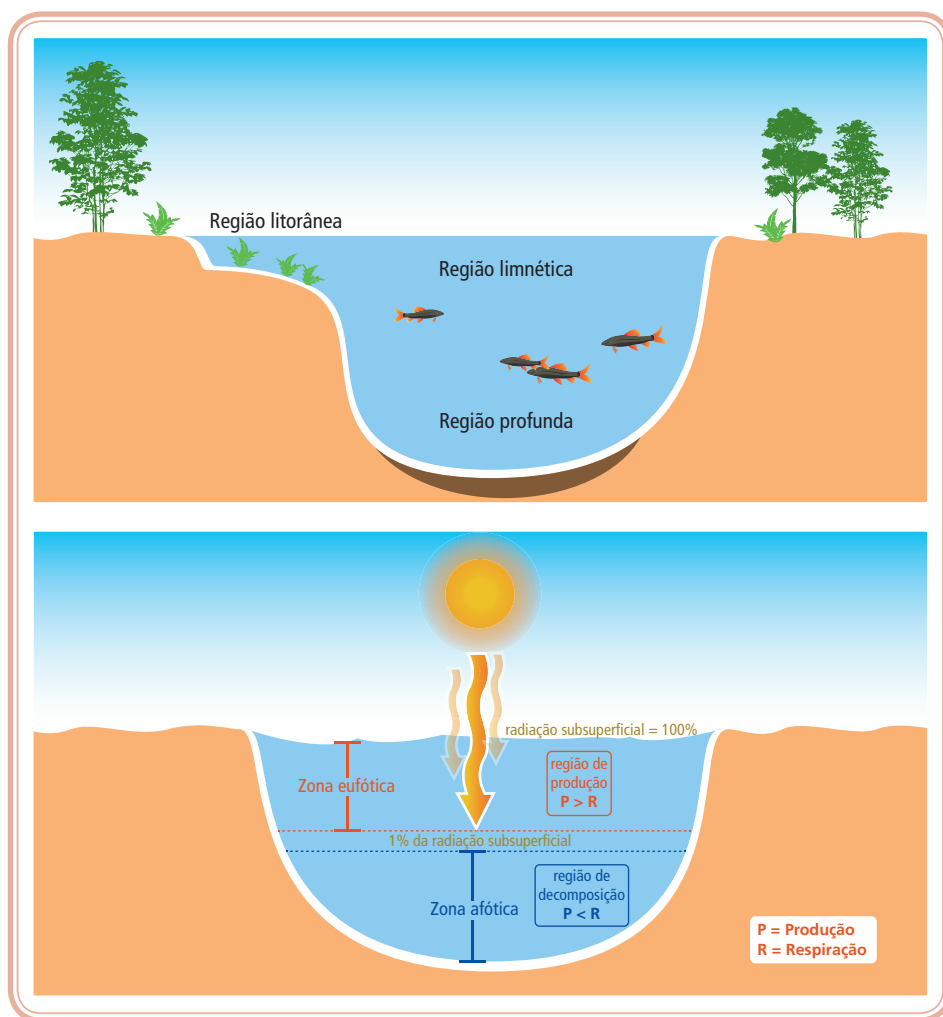
**Zona profunda:** essa zona é constituída por sedimentos com partículas muito finas, resultantes de margens e da contínua sedimentação de partículas em suspensão, plâncton e restos de outros organismos mortos. Nessa zona, normalmente a luz não consegue chegar, e em lagos estratificados (divididos) acumulam-se gases como metano e gás sulfídrico.

**Zona pelágica ou limnética:** é uma região que não apresenta tanta interação com o fundo, a qual apresenta quantidades razoáveis de luz para a manutenção e crescimento do fitoplâncton.

**Zona eufótica:** é a região iluminada do lago, que se estende até a profundidade em que ocorre 1% da luz que chega à superfície.

**Zona afótica:** basicamente corresponde à região não iluminada do lago, localizada em zonas mais profundas.

Na figura abaixo, você poderá observar com detalhes a localização das principais zonas existentes em um lago.



**Figura 4.1: Identificação das zonas que ocorrem em um lago.**

Fonte: Laboratório de Limnologia e Planejamento Ambiental (UFES).

### 4.3 Represas artificiais

As represas são formadas principalmente pelo represamento de rios para atender os objetivos antrópicos (humanos), como: abastecimento de águas, obtenção de energia elétrica, irrigação, navegação e recreação. O barramento de rios construídos pelo homem é feito há milhares de anos, porém essas construções tiveram início no Brasil a partir do início do século passado (1901). Em consequência do desenvolvimento industrial do país, foram construídas inúmeras barragens, com o objetivo final de geração de energia elétrica. Esse processo gerou a formação de inúmeros ecossistemas lacustres artificiais, que possuem uma quantidade de impactos positivos e negativos, como você pode observar na tabela a seguir.

#### Quadro 4.1: Efeitos positivos e negativos para a construção de represas.

Efeitos positivos	Efeitos negativos
Produção de energia elétrica.	Deslocamento de populações.
Criação de purificadores de água com baixa energia.	Emigração humana excessiva, que gera impactos sociais.
Retenção de água para abastecimento.	Perda de espécies nativas.
Representativa diversidade biológica.	Perda de terras férteis.
Maior prosperidade para setores das populações locais, como geração de empregos.	Perda de biodiversidade.
Recreação e turismo.	Degradação da qualidade hídrica.
Aumento das possibilidades de pesca.	Redução do oxigênio de fundo.
Armazenamento de águas para períodos secos do ano.	Barreira à migração de peixes.
Aumento do potencial de irrigação.	Retirada excessiva de água.
Navegação.	Redução da vazão à jusante do rio.
Controle de enchentes.	Introdução de espécies exóticas.
Aumento na produção de peixes por aquicultura.	Aumento da quantidade de gases produzidos pelos processos de decomposição.

Fonte: Tundisi e Tundisi (2008).

Como os reservatórios são utilizados para usos múltiplos, a determinação da qualidade da água, a avaliação dos futuros impactos e o monitoramento permanente são fundamentais para a compreensão dos processos de integração que ocorrem entre os usos da bacia hidrográfica, os usos múltiplos e a conservação ou deterioração da qualidade da água.

Portanto, o gerenciamento de reservatórios é um ponto importante dentro desse contexto, pois as represas artificiais, ao contrário de lagos ou rios naturais, são construídas para diversos usos, e o gerenciamento deve incorporar e otimizar esses usos múltiplos e os seus respectivos custos e impactos, diretos e indiretos.



Identifique em sua região alguma represa que tenha sido construída e descreva os impactos positivos e negativos.

---

---

---

---

---

---

---

---



A construção de barragens, com a conseqüente formação de grandes lagos artificiais, produz diferentes alterações no ambiente, não apenas no ambiente aquático, mas também no ambiente terrestre adjacente (TUDISI; TUNDISI, 2008). Essas modificações podem ser benéficas, assim como prejudiciais. Portanto, estudos sobre quais os impactos gerados pela construção dos lagos artificiais tornam-se indispensáveis antes do represamento de um rio.

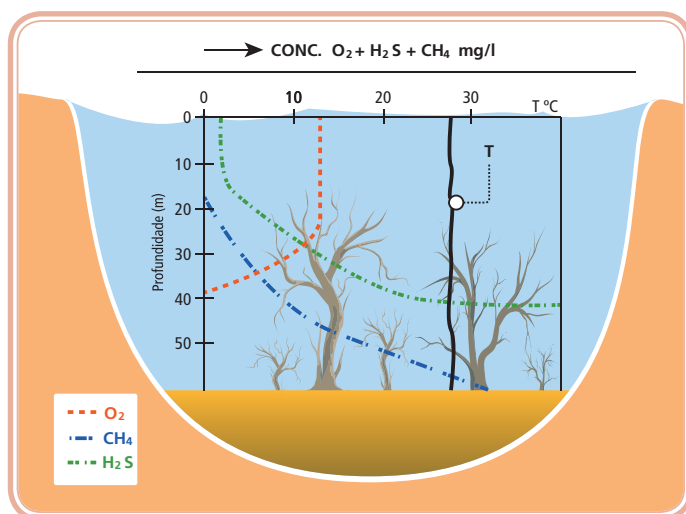


Accese o link abaixo para adquirir mais conhecimento sobre a construção de barragens: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Barragem>>. Acesso em: 17 dez. 2013.

### 4.3.1 A construção de represas e a concentração de oxigênio

A construção de represas sobre áreas florestadas, como a região amazônica, tem gerado resultados na indisponibilidade de oxigênio dissolvido na água. Nessas áreas, grande parte do oxigênio é consumido a partir dos processos de decomposição da matéria orgânica, gerando uma diminuição da concentração desse gás para as espécies locais.

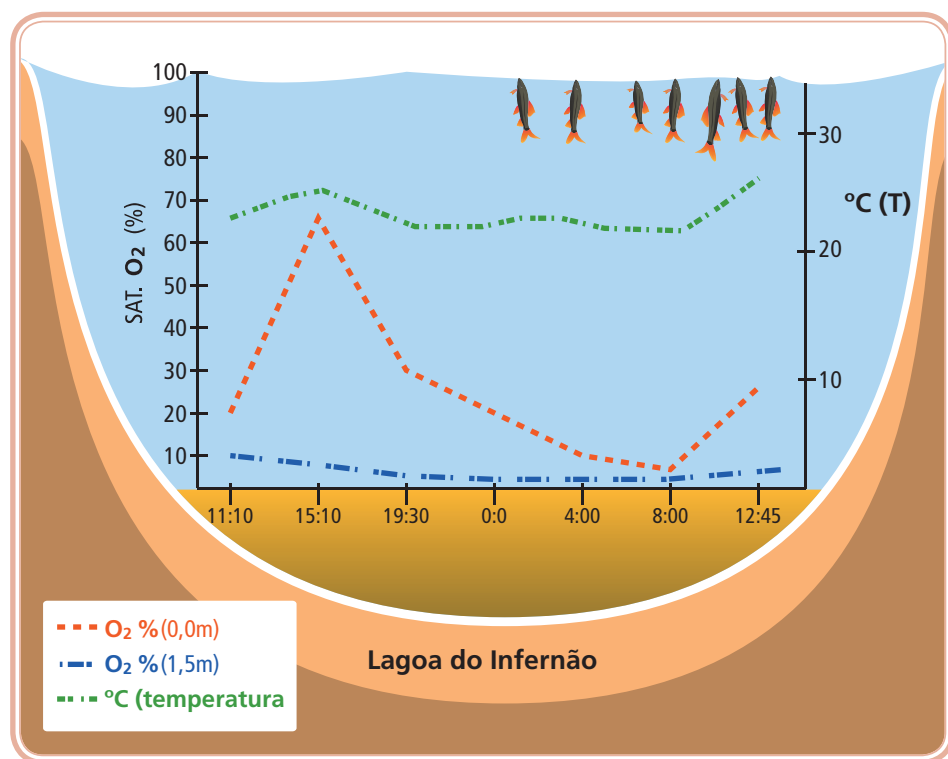
Após os primeiros anos de vida do reservatório, a fase crítica de desoxigenação passa a se restringir ao período de estiagem (menos quantidade de chuvas). Nesse período, a presença de elevadas concentrações de gás sulfídrico e metano tornam também as condições ambientais ainda mais desfavoráveis para os organismos aquáticos (ESTEVES, 1998). Durante o período de estiagem é observada maior mortandade de peixes, especialmente das espécies que não conseguem realizar os processos migratórios ou mesmo aquelas que não dispõem de mecanismos de respiração adicionais tanto no reservatório como à jusante deste, pois as concentrações de oxigênio dissolvido na água diminuem consideravelmente, como você pode observar na figura seguinte.



**Figura 4.2: Distribuição vertical de oxigênio, metano e gás sulfídrico em um reservatório sobre uma floresta tropical.**

Fonte: Esteves (1998).

Naturalmente as concentrações de oxigênio apresentam uma flutuação durante o dia e a noite nos ecossistemas aquáticos, pois esse gás está relacionado diretamente com as reações fotossintéticas. Durante o dia, em função da atividade fotossintética dos organismos fitoplanctônicos e vegetais ocorre um aumento nas concentrações de oxigênio dissolvido. Porém, durante a noite, como você pode observar na imagem abaixo, ocorre uma diminuição dessas concentrações, principalmente devido à falta de produção do gás pela fotossíntese e também em função dos processos de decomposição da matéria orgânica e respiração dos organismos aquáticos.



**Figura 4.3:** Flutuação das concentrações de oxigênio dissolvido na água.

Fonte: Esteves (1998).



Acesse o link abaixo para ler o artigo que trata sobre as concentrações de oxigênio dissolvido e a temperatura em lagos da região central amazônica. Após a leitura, descreva a importância do oxigênio para os organismos aquáticos e como ocorre a flutuação das concentrações desse gás no ambiente aquático.

<[http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta\\_limnologica\\_content-s1302E\\_files/Artigo%205\\_13\(2\).pdf](http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_content-s1302E_files/Artigo%205_13(2).pdf)>. Acesso em: 17 dez. 2013.



## 4.5 Rios como ecossistemas

Os rios apresentam-se como **sistemas lóticos**, ou seja, possuem água corrente, são diferentes dos lagos, áreas alagadas, represas e tanques, os quais são classificados como **sistemas lênticos**, isto é, a água possui baixo fluxo. As duas características principais dos rios são: a) a água está em movimento horizontal constante e, b) possui interação constante com a bacia hidrográfica, a qual permite o transporte de material proveniente de diferentes regiões (material alóctone), principalmente matéria orgânica terrestre, como folhas, frutos, restos de vegetação e animais.

Os ambientes lóticos, naturalmente apresentam uma corrente constante, apresenta troca do material sedimentar, que é transportado pelas correntes. Além disso, ocorre também baixa oscilação das concentrações de oxigênio dissolvido, pois a movimentação constante da água permite a reoxigenação do ambiente.



Para você ampliar o seu conhecimento sobre os tipos de materiais existentes em um ambiente aquático, acesse os links abaixo: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Al%C3%B3ctone>>. Acesso em: 17 dez. 2013. <[http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas\\_materia.php](http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_materia.php)>. Acesso em: 17 dez. 2013.



Descreva a diferença entre a matéria orgânica autóctone e a matéria orgânica alóctone.

---

---

---

---

A fauna de invertebrados em rios é dominada principalmente por invertebrados bentônicos, enquanto que a fauna de vertebrados aquáticos é dominada por peixes. Podemos encontrar organismos planctônicos também nos rios, mas somente em bacias ou áreas de baixa corrente (TUNDISI; TUNDISI, 2008). A biota aquática, ou seja, a fauna e a flora líticas são, portanto, adaptadas ao fluxo constante e à estrutura do sedimento de fundo, como tipo e composição química.

O permanente movimento unidirecional é uma das características mais relevantes para os rios, a qual controla a estrutura do fundo e do material que ocorre no sedimento (areia, silte, argila), determinando também a distribuição dos organismos.

O transporte de material orgânico dentro da bacia de drenagem, através da ação dos rios, ocorre principalmente devido aos processos erosivos das margens e também em função dos processos de lixiviação, que permitem a entrada de material terrestre dentro do ecossistema aquático. Deposição de sedimento erodido das margens ou proveniente da erosão do solo nas bacias hidrográficas ocorre nas diversas regiões dos rios, especialmente nas áreas de várzea, em remansos e zonas de baixa velocidade. Posteriormente, as partículas

de material em suspensão depositam-se de acordo com a sua dimensão e densidade (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

### 4.5.1 Composição química da água

Os rios recebem das bacias hidrográficas e da rede de drenagem onde eles estão localizados uma grande quantidade de matéria orgânica e inorgânica, que constitui a base da composição química da água e dos ciclos biogeoquímicos, como você aprendeu na aula anterior (ciclo do carbono, fósforo, nitrogênio e oxigênio).

Portanto, além da água, o rio transporta também um conjunto de materiais constituído de:

- **Matéria inorgânica em suspensão:** alumínio, ferro, silício, cálcio, potássio, magnésio, sódio, fósforo.
- **Íons principais dissolvidos:**  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$
- **Nutrientes dissolvidos:** nitrogênio, fósforo, silício.
- **Matéria orgânica dissolvida e particulada:** restos da vegetação e também de animais.
- **Gases:**  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ .
- **Metais traços sob forma de partículas dissolvidas:** cobre, mercúrio, zinco.

Além desses elementos, precisamos acrescentar também os elementos que são adicionados aos ambientes aquáticos provenientes das atividades antrópicas nas bacias de drenagem, como alumínio, mercúrio, chumbo, cádmio, zinco, cobalto, cobre e cromo, os quais se apresentam dissolvidos ou em forma particulada e são incorporados às teias alimentares, causando danos na fauna e na flora.

Outros componentes que também fazem parte da composição química da água dos rios são os pesticidas, herbicidas, óleos e graxas, que dependem da ação humana sobre os processos agrícolas.

### 4.5.2 Classificação e zonação dos rios

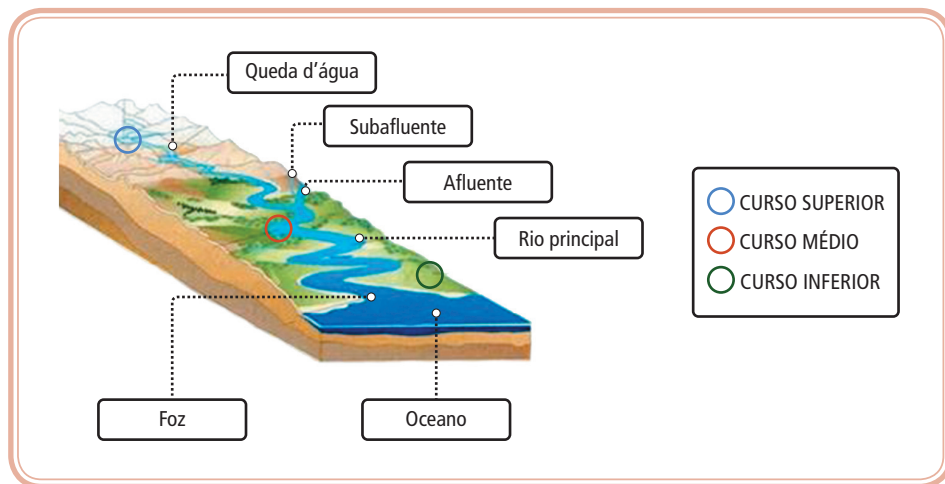
Os rios são ecossistemas complexos, especialmente porque apresentam grandes alterações espaciais, desde suas nascentes até as grandes áreas de várzea nas planícies fluviais. De forma geral, a zonação dos rios foi um esforço para caracterizar os sistemas lóticos em contraposição ao sistema de classificação dos lagos.



Você já ouviu falar sobre várzea? Descubra mais informações acessando o link abaixo: <http://pt.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1rzea>. Acesso em: 17 dez. 2013.

O sistema fluvial apresenta duas principais zonas, que são a zona de remanso e a zona de fluxo intenso. Naturalmente, a zona de remanso é porção do rio com águas eventualmente mais profundas, em que a velocidade da corrente é menor e ocorre a deposição de sedimentos no leito do curso, enquanto que a zona de maior fluxo (intenso) é porção do ambiente com água de fluxo contínuo e forte, que possibilita o transporte de sedimento inconsolidado.

Os cursos d'água apresentam estágios progressivos de desenvolvimento, desde sua nascente até sua foz. As alterações são mais pronunciadas na parte superior do curso devido à variação rápida do declive e a composição química. Dessa forma, são identificadas três principais regiões denominadas como zona de montante (curso superior), zona de transição (curso médio) e zona deposição (curso inferior), como você pode observar na figura abaixo.



**Figura 4.4: Zonas dos ambientes fluviais.**

Fonte: <<http://odisseiadabiologia.blogspot.com/2010/03/zonas-de-risco-geomorfologicos.html>>. Acesso em: 17 dez. 2013.

No curso superior, também conhecido como zona montante, a precipitação favorece a formação de muitos córregos que fluem rapidamente devido à declividade, erodindo essas regiões, sendo comum também a ocorrência de cachoeiras e correntes mais intensas. No curso médio, ocorre uma diminuição das correntes e também uma diminuição da declividade do terreno. Esse processo favorece o amortecimento dos processos erosivos. Curso inferior é marcado por uma menor elevação do terreno, onde o rio tende a fluir sinuosamente através de vales, podendo dividir-se também em vários canais. Essa zona também pode chamada de zona de deposição.

Nas margens dos rios, devido ao fluxo contínuo das águas, é mais comum a predominância de vegetação marginal (árvores), que auxilia na fixação do solo, minimizando muitas vezes os processos erosivos. É possível encontrar também macrófitas aquáticas, porém somente em regiões de baixa turbulência, principalmente em rios com baixa declividade.

Existem duas principais zonas, que são classificadas conforme a velocidade da corrente:

**Rhithron:** é definida como a zona de alta velocidade de corrente; volume de poucos metros cúbicos; regiões onde a média anual de temperatura não excede 20°C; substrato com rochas, pedras, seixos e areia fina.

**Potamon:** é definida como a zona de baixa velocidade de corrente, predominantemente laminar; média anual de temperatura maior que 20°C, ou, em latitudes tropicais, temperatura máxima acima de 25°C; substrato com sedimento orgânico; pequenas poças e tanques naturais com baixa concentração de oxigênio.

## Resumo

Nesta aula, você conheceu a origem dos lagos, aprendeu sobre a divisão dos lagos em zonas. Abordamos também o tema sobre as represas artificiais e a relação com as concentrações de oxigênio. Você teve a oportunidade de observar a importância dos lagos para as atividades pesqueiras. Por fim, foi apresentado a você o rio como ecossistema, seguindo suas respectivas divisões. Bons estudos!

## Atividade de Aprendizagem

Descreva os principais impactos nos ecossistemas aquáticos a partir das atividades humanas em sua região.

---

---

---

---

---

---

---

---





# Aula 5 – Impactos aquáticos e parâmetros de qualidade da água

## Objetivos

- Compreender a classificação dos impactos aquáticos.
- Reconhecer os principais impactos gerados nos ecossistemas aquáticos.
- Compreender o processo de eutrofização nos ecossistemas aquáticos.
- Compreender o impacto das mudanças globais nos ecossistemas aquáticos.
- Reconhecer os principais parâmetros de avaliação da qualidade das águas.

## 5.1 Impactos nos ecossistemas aquáticos

Todos os ecossistemas aquáticos continentais estão susceptíveis aos impactos ambientais, como resultado das atividades humanas e dos usos múltiplos das bacias hidrográficas, onde estão inseridos os rios, lagos, áreas alagadas, riachos, brejos e represas.

Esses impactos provocam alterações nos ambientes aquáticos, desde as alterações nas características físico-químicas da água até alterações também nas comunidades dos organismos. O somatório dos impactos produzidos pelas atividades humanas produz grandes alterações na estrutura e na função dos ecossistemas aquáticos.

Os impactos gerados nos ecossistemas aquáticos estão classificados da seguinte forma:

**Primários:** são impactos imediatos e relevantes, como a interferência no ciclo hidrológico ou mesmo a entrada de poluentes por fontes pontuais.

**Secundários:** são impactos mais difíceis de detectar ou mensurar, portanto, são impactos mais severos, como alterações na rede alimentar.

**Terciários:** são impactos que apresentam respostas complexas de longo prazo, como alteração na composição química da água e do sedimento, além também das modificações na composição das espécies.

Os impactos gerados pelas atividades humanas possuem uma longa história. No entanto, precisamos considerar que a maior quantidade e complexidade dos impactos vêm ocorrendo a partir da Revolução Industrial (segunda metade do século XIX), e também como consequência dos processos de ocupação humana nas regiões próximas dos corpos d'água.

A diversidade das atividades humanas tem gerado uma série de ameaças aos ecossistemas aquáticos, como você pode observar no **Quadro 5.1**. Esses processos têm como resultado diferentes ameaças e problemas ambientais, causando riscos para as diversas populações.

A interferência contínua das atividades humanas no ambiente vem produzindo uma acumulação de impactos e um conjunto de efeitos, como foi registrado e descrito por Tundisi (2008):

- Desmatamento
- Irrigação
- Mineração
- Urbanização
- Construção de estradas
- Construção de canais
- Descarga de esgoto com fontes pontuais e não pontuais
- Descarga de efluentes industriais e agrícolas
- Introdução de espécies exóticas nos sistemas terrestres e aquáticos
- Remoção de espécies dos ecossistemas
- Construção de represas

- Disposição de resíduos sólidos nas bacias hidrográficas
- Construção de hidrovias
- Impactos nos mananciais (desmatamento, disposição de resíduos sólidos, ocupação de bacias hidrográficas)

**Quadro 5.1: Impactos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos, devido às atividades humanas.**

Atividade humana	Impacto nos ecossistemas aquáticos	Valores/serviços em risco
Construção de represas	Altera o fluxo dos rios e o transporte de nutrientes e sedimentos, bem como interfere na migração e na reprodução de peixes	Altera hábitos e as pescas comercial e esportiva, assim como os deltas e suas economias.
Construção de diques e canais	Destroi a conexão do rio com as áreas inundáveis	Afeta a fertilidade natural das várzeas e os controles das enchentes.
Alteração do canal natural dos rios	Danifica ecologicamente os rios; modifica os fluxos dos rios	Afeta os habitats, as pescas comercial e esportiva, a produção de hidroeletricidade e o transporte.
Drenagem de áreas alagadas	Elimina um componente chave dos ecossistemas aquáticos (água)	Perda de biodiversidade, de funções naturais de filtragem, de reciclagem de nutrientes e de habitats para peixes e aves aquáticas.
Desmatamento/ uso do solo	Altera padrões de drenagem; inibe a recarga natural dos aquíferos; aumenta a sedimentação	Altera a qualidade e a quantidade da água, a pesca comercial, a biodiversidade e o controle de enchentes.
Poluição não controlada	Diminui a qualidade da água	Altera o suprimento de água e a pesca comercial; aumenta os cursos de tratamento; diminui a biodiversidade; afeta a saúde humana.
Remoção excessiva de biomassa	Diminui os recursos vivos e a biodiversidade	Altera as pescas comercial e esportiva, assim como os ciclos naturais dos organismos; diminui a biodiversidade.
Introdução de espécies exóticas	Diminui as espécies nativas; altera ciclos de nutrientes e ciclos biológicos	Perda de habitats, da biodiversidade natural e de estoques genéticos; alteração de pesca comercial.
Poluentes do ar (chuva ácida) e metais pesados	Altera a composição química de rios e lagos	Altera a pesca comercial; afeta a biota aquática, a recreação, a saúde humana e a agricultura.
Mudanças globais do clima	Afeta drasticamente o volume dos recursos hídricos; altera padrões de distribuição de precipitação e evaporação	Afeta o suprimento de água, o transporte, a produção de energia elétrica, a produção agrícola e a pesca; aumenta as enchentes e o fluxo de água em rios.
Crescimento da população e padrões gerais do consumo humano	Aumenta a pressão para construção de hidroelétricas, a poluição da água e a acidificação de lagos e rios; altera ciclos hidrológicos	Afeta praticamente todas as atividades econômicas que dependem dos serviços dos ecossistemas aquáticos.

Fonte: Tundisi e Tundisi (2008).



Descreva os principais impactos e problemas na qualidade da água de lagos, represas e rios.

---

---

---

---

---

---

---

---

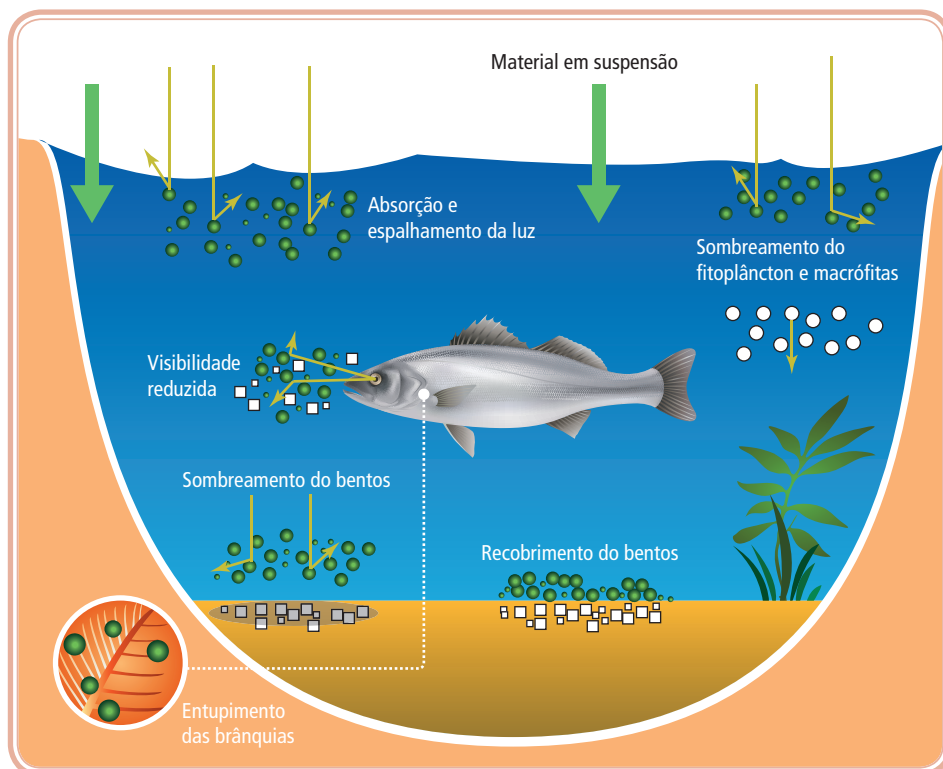
---

---

Como consequência dos impactos humanos, muitos problemas foram causados nos ambientes aquáticos, que produziram efeitos diretos ou mesmo efeitos indiretos, os quais você pode conhecer a seguir.

**Eutrofização:** como consequência de atividades como descarga de esgotos domésticos não tratados e descargas industriais e agrícolas, há um rápido aumento da eutrofização dos ecossistemas aquáticos continentais, incluindo zonas estuarinas e regiões costeiras. Você vai aprender um pouco mais sobre o processo de eutrofização nas próximas páginas.

**Aumento da turbidez e material em suspensão:** em razão do uso inadequado dos recursos hídricos, principalmente a retirada da mata ciliar (desmatamento), esse é um dos grandes problemas que afetam os rios. O aumento da turbidez é causado principalmente devido o aumento da quantidade de materiais dissolvidos ou particulados na água. Muitas consequências ocorrem resultantes do aumento da turbidez, como por exemplo, a redução da produção primária fitoplanctônica, gerando danos severos nos peixes e também na produtividade pesqueira. Veja na figura a seguir os impactos do material em suspensão na água sobre os peixes e outros organismos aquáticos.



**Figura 5.1: Impactos no material em suspensão nos organismos aquáticos.**

Fonte: Modificado de Melack (1985).

**Perda de diversidade biológica:** a introdução de espécies exóticas, o desmatamento, a construção de represas, as atividades de mineração e a perda da vegetação que ocorre nas zonas próximas aos corpos d'água produzem drásticas reduções na diversidade biológica.

**Alterações no ciclo hidrológico:** as mudanças no ciclo hidrológico podem ser atribuídas a diversos fatores, como, modificações na reserva de água, construção de represas, aumento ou alterações na evapotranspiração de lagos e represas, modificação no nível dos aquíferos e alterações na descarga. O desmatamento das matas ciliares ao longo dos rios produz alterações e reduz a recarga dos aquíferos.

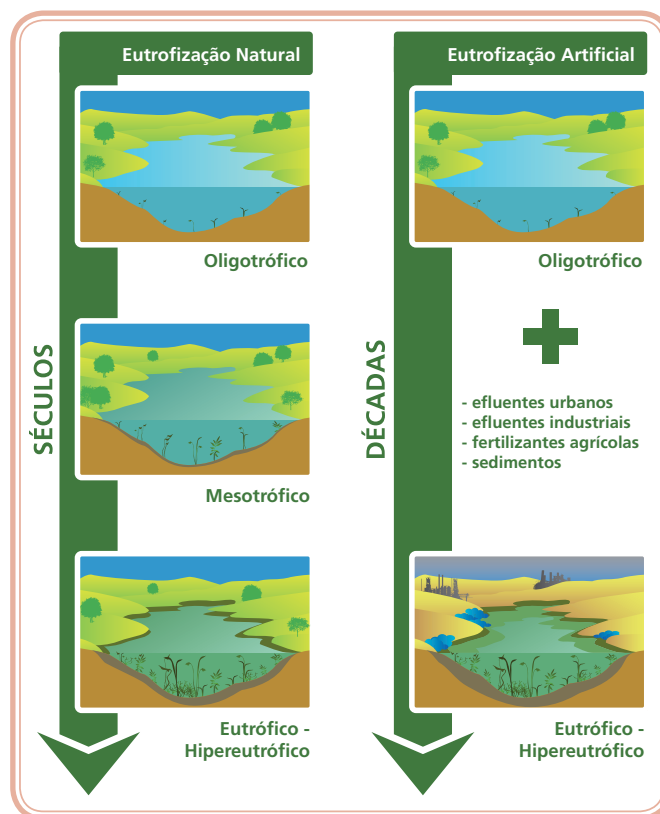
**Mudanças nas cadeias alimentares:** com a introdução de espécies exóticas e a remoção de espécies-chave, muitas alterações nas cadeias alimentares podem ocorrer. A perda de espécies endêmicas de peixes é um exemplo dessas alterações.

**Expansão da distribuição geográfica de doenças:** com a rápida alteração da qualidade da água e a construção de represas, uma expansão das doenças tropicais de veiculação hídrica é gerada.

## 5.2 Eutrofização

Eutrofização é um processo denominado para o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio nos ecossistemas aquáticos, que resulta no aumento da produtividade primária. Este pode ser um processo natural ou artificial. Quando ocorre de forma natural é um processo lento e contínuo, que resulta do aporte de nutrientes transportados pelos processos de lixiviação do solo, para dentro do ambiente aquático. No entanto, quando este processo apresenta-se de forma artificial, ou seja, que sofre ação humana, possui velocidades mais acentuadas, desencadeando uma série de danos aos organismos aquáticos, como principalmente a falta de oxigênio.

Como consequência desse processo, o ambiente aquático recebe algumas denominações de acordo com o seu estado trófico, ou seja, de acordo com a disponibilidade de nutrientes, que resultam em maior ou menor produtividade. Dessa forma, as condições do ambiente aquático variam entre oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico. Esses termos são atribuídos principalmente devido às condições de fertilidade do ambiente aquático. Na figura a seguir, você pode acompanhar a evolução entre os ambientes oligotróficos e hipereutrótricos, distinguindo a ação natural e a ação artificial (humana).



**Figura 5.2: Comparação dos processos de eutrofização natural e artificial em relação ao tempo de evolução de cada um deles.**

Fonte: <<http://www.dern.ufes.br/limnol/aging.jpg>>. Acesso em: 17 dez. 2013.

A intensificação dos processos de eutrofização em águas continentais, principalmente em lagos, está diretamente relacionada com o aumento da população, intensificação dos processos industriais e utilização de fertilizantes químicos na agricultura.

Esse processo pode ser considerado com uma reação em cadeia, que envolve causas e efeitos. A principal característica deste processo é a quebra da estabilidade do ecossistema. A estabilidade do ambiente aquático está relacionada com a produção de matéria orgânica e o seu respectivo consumo e decomposição. Porém, a partir da quebra desta estabilidade, em função dos processos de eutrofização, o ecossistema aquático passa a produzir mais matéria orgânica do que é capaz de consumir ou decompor.

Como uma reação em cadeia, o aumento das concentrações de nutrientes, principalmente fosfato, podemos observar efeitos diretos sobre a densidade de organismos fitoplanctônicos e, conseqüentemente, sobre a produção primária do ambiente. Naturalmente, ocorre um aumento na densidade do fitoplâncton, que aumenta sua biomassa, porém parte desta biomassa inicia o processo de decomposição, resultando no consumo de oxigênio, desfavorecendo outros organismos, como os peixes.

O que você entende por eutrofização e quais as conseqüências para a produtividade pesqueira da região que sofre com esse processo?



---

---

---

---

---

---

---

O aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo produzidos pelas atividades humanas acelera de forma bastante acentuada o processo de eutrofização, reduzindo as características naturais de lagos e represas, principalmente, causando a deterioração do ambiente e também desequilibrando a qualidade da água, tornando-a não disponível para vários usos. Na **Figura 5.3**, você pode observar o aumento da quantidade de macrófitas aquáticas, principalmente devido à intensificação dos processos de eutrofização, que resulta no desequilíbrio ambiental.



**Figura 5.3: Resultado da intensificação do processo de eutrofização.**

Fonte: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/algas.jpg>>. Acesso em: 17 dez. 2013.

### **5.3 Mudanças globais e impactos aquáticos**

Pesquisas recentes têm apresentado claramente a existência de alterações significativas nas concentrações de gases atmosféricos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), que resultam em alterações da temperatura superficial da Terra (IPCC, 1996, 2007). A emissão desses gases a partir dos processos industriais e também queima de combustível fóssil tem resultado na intensificação do efeito que nós chamamos de “efeito estufa”, o qual promove o aquecimento atmosférico. Durante o último século, a temperatura média da superfície da Terra aumentou cerca de  $0,6^\circ \text{C}$ . As projeções indicam para os próximos cem anos um aumento médio de  $3,5^\circ \text{C}$ .

As temperaturas mais elevadas deverão acelerar os processos que envolvem o ciclo hidrológico, a frequência de inundações e secas. Essas alterações podem gerar também um aumento nas taxas de evapotranspiração, alterando no solo, a umidade do solo e a distribuição e os ciclos de organismos aquáticos. Com a alteração dos padrões regionais de precipitação, poderá ocorrer também uma alteração no volume das águas dos lagos, rios e represas.

Os lagos são particularmente sensíveis às mudanças globais, em razão de suas respostas às condições climáticas. A variação na temperatura do ar, radiação solar e precipitação causam alterações na evaporação e no balanço de calor, nos regimes hidroquímicos e ciclos biogeoquímicos dos lagos. As alterações na qualidade da água dos lagos são possíveis consequências das mudanças climáticas globais, colocando em risco os recursos hídricos disponíveis e promovendo alterações na



diversidade de espécies aquáticas por aumento da salinidade e da condutividade, ou seja, o aumento das concentrações dos elementos químicos na água.

São esperadas alterações no balanço iônico, ou seja, alterações nas concentrações dos elementos como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{F}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{CO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^-$ , produzindo efeitos na fauna e na flora aquática, alterando as condições químicas da água. Com o aumento das temperaturas dos ambientes aquáticos, também ocorre uma diminuição das concentrações do oxigênio dissolvido, afetando a vida aquática.

As alterações do balanço hídrico promovem alterações na vazão dos rios e níveis dos lagos. Essas condições podem desencadear a intensificação dos processos de eutrofização das águas interiores, que naturalmente também promovem a diminuição das concentrações de oxigênio. Essa é uma das consequências mais severas para os ecossistemas aquáticos, colocando em risco a vida aquática e a qualidade da água.

## 5.4 Parâmetros de qualidade da água

As variáveis sobre a qualidade da água, isto é, as características físicas, químicas ou biológicas são extremamente importantes para a sobrevivência dos organismos aquáticos, pois eles precisam de um ambiente com características favoráveis para o bom desenvolvimento. Nos próximos parágrafos, você vai ter a oportunidade de aprender sobre alguns desses fatores.

**Temperatura:** os organismos aquáticos, de forma geral, precisam de uma temperatura estável para o bom desenvolvimento. Geralmente, conhecemos três grupos de temperaturas, que são fria, morna e quente. Na região em que vivemos, as temperaturas das águas naturais são consideradas quentes (região equatorial).

**Potencial hidrogeniônico (pH):** esse parâmetro é o índice da concentração de hidrogênio na água, que é utilizado para determinar se água é ácida (pH menor que 7), neutra (pH igual a 7) ou básica (pH maior que 7). Normalmente as águas naturais, na região amazônica, o pH é ácido, principalmente devido à ação dos ácidos húmicos e fúlvicos, provenientes dos processos de decomposição da matéria orgânica da floresta.

**Oxigênio dissolvido ( $\text{O}_2$ ) e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ):** estes são os dois gases mais importantes da atmosfera, além do nitrogênio (N). A atmosfera terrestre possui cerca de 21% de  $\text{O}_2$  e 0,033% de  $\text{CO}_2$ , e ambos são trocados entre a água e o ar. Foi apresentado para você na Aula 3 (Ciclos biogeoquímicos) as

informações mais relevantes sobre esses gases e suas respectivas importâncias para o ambiente aquático.

**Nutrientes inorgânicos:** plantas e animais aquáticos necessitam dos seguintes nutrientes para o crescimento: carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, fósforo, enxofre, cálcio, magnésio, potássio, sódio, cloro, ferro, manganês, zinco, cobre, boro, cobalto e molibdênio.

**Material particulado, cor e turbidez:** o material particulado e turbidez da água dependem diretamente da quantidade de matéria orgânica e sedimentos disponíveis. A cor da água também é um fator que depende da quantidade de sedimentos disponíveis, mas também da atividade fitoplanctônica. Uma avaliação prática da quantidade de material particulado, cor e turbidez pode ser realizada pela observação da cor da água, medindo a profundidade de visibilidade como um índice de turbidez.

## Resumo

Nesta aula, você estudou os principais impactos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos e suas respectivas classificações. Você conheceu também o processo de eutrofização e as respectivas diferenças entre a origem natural e a origem antrópica. Você também teve a oportunidade de compreender o efeito das mudanças globais nos ecossistemas aquáticos, além de observar os principais parâmetros de qualidade da água. Bons estudos!

## Atividade de aprendizagem

Para concluir o estudo da aula, você deverá formar um grupo com mais três colegas de sala e elaborar uma descrição sobre o processo de eutrofização e suas respectivas consequências nos ecossistemas aquáticos.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Referências

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciências, 1998. 575 p.

FOREL, F. A. **Le Léman**: Monographic Limnologique. Géographic, Hydrographic, Géologie, Climatologie, Hydrologie, Lausanne, F. Rouge, 1892. 543 p. Tome I. [Reprinted Genève, Slatkine Reprints, 1969].

HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology**. Geography Physics and Chemistry. New York: John Wiley & Sons, 1957.

LÉVÊQUE, C. **Biodiversity dynamics and conservation**: the freshwater fish of tropical Africa. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1997.

LIND, O. T. **Handbook of common methods in limnology**. 2. ed. St. Louis, MO: Mosby Company, 1979. 154 p.

MARGALEF, R. **Ecologia**. Barcelona: Ediciones Omega, 1983. 1010 p.

\_\_\_\_\_. **Limnologia**. Barcelona: Ediciones Omega, 1983.

MOSS, B. **Ecology of fresh waters**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1988.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.



## Currículo do Professor autor

**Marlon C. França** doutorado Sandwich no Exterior (CNPq/SWE) com distinção (Magna Cum Laude) em Geologia e Geoquímica (2013) na Universidade Federal do Pará (PPGG/UFGA) e University of Massachusetts (UMass-Amherst/Department of Geosciences). Possui Mestrado também em Geologia e Geoquímica - PPGG/UFGA - Brasil (2010). Especialista em Gerenciamento, Consultoria e Perícia Ambiental - Instituto de Ensino Superior da Amazônia - Brasil (2009) e Bacharel em Oceanografia - Universidade Federal do Pará - Brasil (2008). Professor e Pesquisador do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), onde atua na Educação Presencial e a Distância (EAD). Orienta alunos de Iniciação Científica, Trabalhos de Conclusão de Curso e Dissertações de Mestrado. Publica artigos na área de reconstituição paleoambiental no Quaternário Tardio e também na área de Recursos Naturais. Coordenador do Laboratório de Oceanografia e Físico-Química do Instituto Federal do Pará. Líder do grupo de pesquisa de Estudos Paleoambientais do Quaternário Tardio em Regiões Tropicais. Atualmente faz parte também do grupo de pesquisa Reconstituição Paleoambiental do Litoral Norte e Sudeste do Brasil durante o Holoceno (Ambiente deposicional, vegetação e clima) financiado pelo CNPq e FAPESP. Tem experiência na área de Oceanografia e Limnologia, com ênfase em Ambientes Costeiros, atuando principalmente nos seguintes temas: Manguezais, Variação no Nível do Mar, Biogeoquímica e Paleoambientes.



