



Fundamentos de Ecologia e Tecnologia de Tratamento de Resíduos

*Volnei Knopp Zibetti
Endrigo Pino Pereira Lima*

 INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Pelotas-Visconde da Graça

**Pelotas - RS
2013**

Presidência da República Federativa do Brasil

Ministério da Educação

Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

© Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
Este caderno foi elaborado em parceria entre o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Campus Pelotas-Visconde da Graça e a Universidade Federal de Santa Maria para a Rede e-Tec Brasil.

Equipe de Elaboração

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
Sul-rio-grandense – IFSul-Pelotas-Visconde da Graça

Reitor

Antônio Carlos Barum Brod/IFSul-CAVG

Direção Geral

Ricardo Lemos Sainz/IFSul-CAVG

Coordenação Institucional

Cinara Ourique do Nascimento/IFSul-CAVG

Coordenação de Curso

Hilton Grimm/IFSul-CAVG

Professor-autor

Volnei Knopp Zibetti/IFSul-CAVG
Endrigo Pino Pereira Lima/IFSul-CAVG

Equipe Técnica

Marchiori Quevedo/IFSul-CAVG
Maria Isabel Giusti Moreira/IFSul-CAVG
Marisa Teresinha Pereira Neto Cancela/IFSul-CAVG
Pablo Brauner Viegas/IFSul-CAVG
Rodrigo da Cruz Casalinho/IFSul-CAVG

Equipe de Acompanhamento e Validação

Colégio Técnico Industrial de Santa Maria – CTISM

Coordenação Institucional

Paulo Roberto Colusso/CTISM

Coordenação Técnica

Iza Neuza Teixeira Bohrer/CTISM

Coordenação de Design

Erika Goellner/CTISM

Revisão Pedagógica

Andressa Rosemárie de Menezes Costa/CTISM
Fabiane Sarmento Oliveira Fruet/CTISM
Janaína da Silva Marinho/CTISM
Marcia Migliore Freo/CTISM

Revisão Textual

Ana Paula Cantarelli/CTISM

Revisão Técnica

Josiane Pacheco Menezes/CTISM

Ilustração

Gabriel La Rocca Cóser/CTISM
Marcel Santos Jacques/CTISM
Rafael Cavalli Viapiana/CTISM
Ricardo Antunes Machado/CTISM

Diagramação

Cássio Fernandes Lemos/CTISM
Leandro Felipe Aguilair Freitas/CTISM

Ficha catalográfica elaborada por Maristela Eckhardt – CRB 10/737
Biblioteca Central da UFSM

Z64f

Zibetti, Volnei Knopp

Fundamentos de ecologia e tecnologia de tratamento de resíduos / Volnei Knopp Zibetti, Endrigo Pino Pereira Lima. – Pelotas : Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia; Santa Maria : Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria ; Rede e-Tec Brasil, 2013.

**86 p. : il. ; 28 cm
ISBN 978-85-63573-29-2**

1. Ecologia 2. Ecossistemas 3. Tratamento de resíduos I. Lima, Endrigo Pino Pereira II. Título

CDU 504.064

Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,
Bem-vindo a 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 o acesso mais rápido ao emprego.

É neste 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, geograficamente 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, – 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
Março de 2013

Nosso contato
etecbrasil@mec.gov.br



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: sempre que se desejar que os estudantes desenvolvam atividades empregando diferentes mídias: vídeos, filmes, jornais, ambiente AVEA e outras.



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

Palavra do professor-autor	9
Apresentação da disciplina	11
Projeto instrucional	13
Aula 1 – Fundamentos de ecologia	15
1.1 Conceitos básicos em ecologia.....	15
1.2 Interações ecológicas.....	23
Aula 2 – Fundamentos de ecologia – o ecossistema	33
2.1 Conceito de ecossistema.....	33
2.2 O ambiente físico.....	34
2.3 Gradiente e ecótono.....	36
2.4 Ecossistemas terrestres – biomas.....	36
2.5 Ecossistemas aquáticos.....	39
2.6 Ciclos biogeoquímicos.....	41
Aula 3 – Tecnologias de tratamento de resíduos – parte 1	51
3.1 Emissões atmosféricas.....	51
3.2 Resíduos sólidos.....	55
3.3 Efluentes.....	65
Aula 4 – Tecnologias de tratamento de resíduos – parte 2	77
4.1 Produção de biocombustíveis e geração de resíduos.....	77
4.2 Resíduos agrícolas.....	78
4.3 Glicerina.....	79
4.4 Resíduos da produção de etanol.....	79
4.5 Efluentes líquidos.....	81
4.6 Emissões atmosféricas.....	81
Referências	84
Currículo do professor-autor	86



Palavra do professor-autor

Prezado(a) estudante

Bem-vindo(a) ao ambiente virtual de aprendizagem, em especial a esta disciplina. Estaremos juntos, nestas quatro semanas, desenvolvendo conteúdos acerca de temas ambientais, relacionando-os aos fundamentos de Ecologia em um contexto local e global. Sua participação é fundamental para o crescimento da disciplina. Utilize o meio virtual para sanar suas dúvidas e trazer a nós sua realidade local.

Abraços e bons estudos!
Volnei Knopp Zibetti
Endrigo Pino Pereira Lima



Apresentação da disciplina

Diante das intensas atividades naturais que vêm assolando as diversas partes de nosso Planeta, o uso da palavra “Ecologia” vem se intensificando cada vez mais, ora para explicar a ocorrência de tais fenômenos, ora para buscar soluções que diminuam tais atividades de impacto. A massificação do uso dessa palavra tem de certa forma, banalizado o termo.

A Ecologia vai muito além, não se restringindo a manifestações em prol do meio ambiente, como a defesa de espécies ameaçadas pelas práticas comerciais ou culturais – por exemplo, touros (touradas), galos (brigas), baleias (pesca predatória) – e a defesa de ambientes naturais, como banhados, lagoas, mangues e florestas. A Ecologia objetiva estudar as interações dos seres vivos com o ambiente onde se encontram inseridos, e isto vale também para a raça humana, agente que desempenha papel de forte protagonista. Não estamos nos posicionando sob uma perspectiva antropocêntrica, defendendo que nós humanos somos os principais indivíduos a habitarem esse magnífico Planeta, sendo o centro de tudo. Estamos, sim, afirmando que nós, humanos, desempenhamos uma forte influência sobre o meio.

Devemos considerar os principais conflitos gerados pelas atividades humanas, em especial as gerações de resíduos sob suas diferentes formas (gasosa, líquida e sólida), altamente impactantes e fontes de poluição que venham a comprometer o ambiente físico, levando, como consequência a destruição de habitats e posteriores riscos às espécies de animais e plantas presentes nos ambientes de alta vulnerabilidade aos impactos ambientais.

Para um melhor entendimento desse contexto, a disciplina está dividida em quatro aulas, estando a primeira e a segunda focada nos Fundamentos de Ecologia e a terceira e a quarta aulas relacionadas às Tecnologias de Tratamento de Resíduos.

Os conceitos, com suas respectivas definições, contidos nesta apostila não se esgotam em si, cabendo a você, estudante, fazer uso da busca por diferentes fontes bibliográficas acerca dos temas propostos, contribuindo, assim, para sua formação profissional.

Bons estudos!



Projeto instrucional

Disciplina: Fundamentos de Ecologia e Tecnologia de Tratamento de Resíduos (carga horária: 80h).

Ementa: Estudo e aplicação de conceitos e procedimentos básicos de ecologia. Correlação entre meios bióticos e abióticos, em especial às atividades de influência antrópica. Técnicas relacionadas ao gerenciamento e tratamento de resíduos, efluentes e emissões. Estudos das características dos principais resíduos, efluentes e emissões gerados nos processos de produção de biocombustíveis.

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
1. Fundamentos de ecologia	Relacionar os principais conceitos da ecologia, contextualizando com as condições ambientais locais e globais.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	20
2. Fundamentos de ecologia – o ecossistema	Correlacionar os elementos componentes dos sistemas e dos ecossistemas.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	20
3. Tecnologias de tratamento de resíduos – parte 1	Reconhecer conceitos e técnicas relativos ao gerenciamento e tratamento de resíduos, efluentes e emissões.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	20
4. Tecnologias de tratamento de resíduos – parte 2	Reconhecer as características dos principais resíduos, efluentes e emissões gerados nos processos de produção de biocombustíveis, bem como as técnicas e procedimentos utilizados para tratamento e aproveitamento dos mesmos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	20

Aula 1 – Fundamentos de ecologia

Objetivos

Relacionar os principais conceitos da ecologia, contextualizando com as condições ambientais locais e globais.

1.1 Conceitos básicos em ecologia

1.1.1 Ecologia, hábitat e nicho ecológico

Conforme Odum (1988), ecologia (do grego *oikos* = casa, e *logos* = estudo, ciência), literalmente, significa “o estudo da casa”. Esse termo foi empregado pela primeira vez pelo zoólogo alemão Ernst Haeckel (1869 apud ODUM & BARRETT, 2008, p. 3), definindo-o como “o estudo do ambiente natural, inclusive as interações dos organismos entre si e com seus arredores”. É considerada uma ciência multi, trans e interdisciplinar, por lidar, sistematicamente, com outras tantas disciplinas, como estatística, geografia, história, física, química, além das engenharias, direito, antropologia, sociologia, informática, etc. Tem como foco principal as relações entre os seres vivos e destes com o ambiente onde vivem.

Todo indivíduo está localizado espacialmente em um ambiente no qual consegue viver e alimentar-se, podendo ser uma floresta, um campo, um banhado ou, simplesmente, a copa de uma árvore. Esse ambiente recebe a denominação de hábitat e varia de tamanho conforme a espécie observada. Pode ser um macro-hábitat (hábitat em escala maior), como uma mata que serve de refúgio para uma onça, ou micro-hábitat (hábitat em escala menor), por exemplo, um líquen que utiliza a parte sombreada de um tronco de árvore como substrato. Uma vez instalado, o indivíduo desempenhará relações diversas nesse ambiente: morar, alimentar-se ou reproduzir-se.

O conjunto de interações adaptativas de um indivíduo constitui seu nicho ecológico. Duas diferentes espécies podem estar inseridas em um mesmo hábitat, desempenhando nichos ecológicos diferentes, como um preá (*Cavia aperea*) e um graxaim ou cachorro-do-mato (*Pseudalopex gymnocercus*) instalados em uma área de campo. Ambos estão no mesmo hábitat (campo), porém o roedor utiliza gramínea como alimentação e o carnívoro alimenta-se do roedor.

Também, poderão ocorrer situações em que duas espécies diferentes competirão pelo mesmo recurso alimentar. Retornemos ao mesmo campo com gramíneas, agora com a presença de bovinos e capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) competindo pela pastagem. Situações como esta são definidas como sobreposição de nicho, pois duas ou mais espécies competem pelo mesmo recurso. Enquanto houver gramíneas que satisfaçam suas necessidades alimentares, não haverá problema algum. A partir do momento em que esses recursos escassearem, haverá uma competição, prevalecendo aquele indivíduo mais adaptado aos estresses ambientais. Quando dois ou mais indivíduos da mesma espécie (e.g. bovinos) estão em um campo com limitado recurso alimentar não é considerado sobreposição de nicho, mas sim um processo de competição.

1.1.2 Níveis de hierarquia – espécie, população, comunidade e ecossistema

Para melhor compreender não só o funcionamento dos sistemas e suas respectivas relações, mas também a ecologia como um todo, analisaremos a ecologia a partir da perspectiva dos níveis hierárquicos de organização. Começando pela célula – a menor unidade de estudo da biologia, passaremos para o tecido, o órgão, o sistema de órgão, o organismo, a população, a comunidade, o ecossistema, a paisagem, o bioma, a região, até atingirmos a biosfera (ou ecosfera). Nesta aula, estudaremos apenas os níveis de organismo, de população, de comunidade e de ecossistema, ou seja, os principais níveis de interesse da ecologia.

Organismo é um indivíduo pertencente a uma determinada espécie. Permanece distinto, porque, normalmente, não se reproduz com outros indivíduos de espécies diferentes e, quando ocorre o cruzamento, são gerados indivíduos estéreis. Para exemplificar, citamos a mula, um indivíduo híbrido resultante do cruzamento de uma égua (*Equus caballus*) com um jumento (*Equus asinus*). População é o conjunto de indivíduos da mesma espécie, podendo estar amplamente distribuída geograficamente, como a população humana, ou podendo estar em um ambiente restrito, em micro-habitats – formigas em uma árvore, ou macro-habitats – população de cutias (*Dasyprocta aguti*) em uma mata. A comunidade compreende o conjunto de populações interagindo entre si. Já o ecossistema corresponde às populações interagindo em uma determinada área geográfica (ambiente físico), em um determinado período.

Agora, vamos analisar sob uma sequência lógica: uma capivara (organismo) possui hábitos de convivência em grupo, estando associada ao seu bando (população). Essa população convive com outras populações, como as de carrapatos, de garças e de corticeiras-do-banhado (*Erythrina crista-galli*), só

para citar algumas dentre as várias existentes nestes ecossistemas alagados. Esse conjunto de populações forma as comunidades. As comunidades, uma vez interagindo em um ambiente físico, juntas com este, formam o ecossistema que, nesse caso, é uma área alagada ou um banhado. O ecossistema, a unidade básica de estudo da ecologia, será mais bem estudada na Aula 2.

1.1.3 Níveis tróficos e pirâmides ecológicas

No ambiente, encontramos diferentes níveis alimentares, conhecidos como níveis tróficos (*trophus* = nutrição, alimento). No nível mais basal, encontramos os autótrofos (*auto* = próprio; *trophus* = nutrição, alimento) ou produtores (fotossintetizantes e quimiossintetizantes), organismos responsáveis pela captação de energia luminosa ou energia química – no caso dos quimiossintetizantes – utilizada para a síntese de matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas. Esse nível é representado pelas plantas e algas.

Nos níveis seguintes, encontramos os heterótrofos ou consumidores que compreendem os herbívoros (consumidores primários), os carnívoros (consumidores secundários e terciários), parasitos, necrófagos (urubus e siris), detritívoros (minhocas) e decompositores (fungos e bactérias). Imagine um campo, com predominância de gramíneas (representando os produtores), habitado por uma população de preás (herbívoros, consumidores primários) e um graxaim (carnívoro, consumidor secundário). Outro exemplo seria esse mesmo campo com a presença de gafanhotos (consumidores primários), sapos (consumidores secundários), um pássaro de médio porte (consumidor terciário) e um gavião (consumidor quaternário). Em todos esses níveis, os decompositores, representados pelos fungos e bactérias, além dos parasitos, também, estão presentes. Percebemos, nessa sequência, as interações que ocorrem nos diferentes níveis tróficos, nos quais cada componente desempenhará uma determinada função – o nicho ecológico – na qual influencia ou passa a ser influenciado pelos demais.

Uma maneira de representar os diferentes níveis tróficos presentes em um ecossistema com suas respectivas transferências de matéria e energia é o uso de retângulos sobrepostos, sob a forma de pirâmides, daí o nome de pirâmides ecológicas, que são divididas em pirâmide de energia, pirâmide de números e pirâmide de biomassa.

A pirâmide de energia (Figura 1.1) representa o quanto de energia cada nível armazena ou a produtividade do ecossistema. Nunca se apresenta de forma invertida. Na parte basal, por exemplo, encontra-se uma vegetação, no nível acima, alguns herbívoros e no estágio superior encontra-se um carnívoro.



Figura 1.1: Pirâmide de energia representada por: (1) vegetação, (2) herbívoros e (3) carnívoros

Fonte: CTISM, adaptado de Amabis e Martho, 2004

A pirâmide de números (Figura 1.2) apresenta a quantidade, em números, de cada nível trófico. Para exemplificar, observamos uma árvore com 1.654 insetos diversos presentes em sua estrutura e alguns pássaros (12 indivíduos) em busca de alimento.

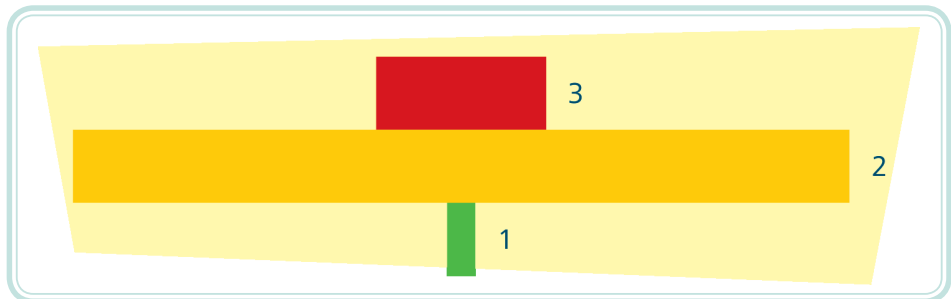


Figura 1.2: Pirâmide de números representada por: (1) árvores; (2) insetos e (3) pássaros

Fonte: CTISM, adaptado de Amabis e Martho, 2004

Já a pirâmide de biomassa (Figura 1.3) representa a quantidade de matéria orgânica presente no corpo dos seres vivos, ou seja, sua biomassa. Como exemplo, tomamos um campo de pastagem (aproximadamente 3.000 kg de gramíneas) com a presença de uma vaca leiteira (465 kg) e um menino (46 kg) que irá se alimentar desse leite.

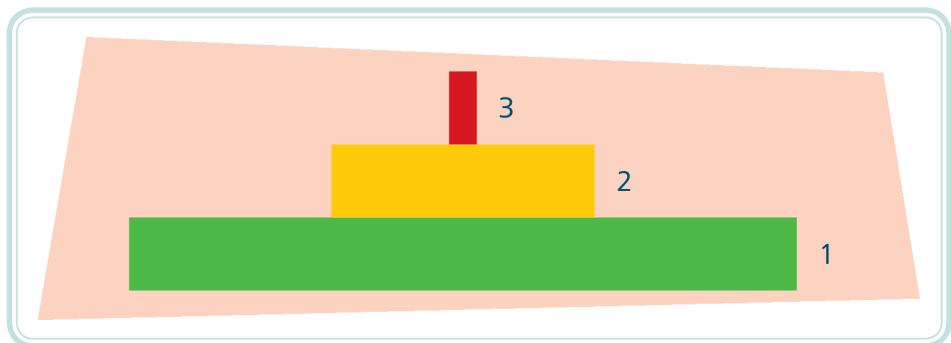


Figura 1.3: Pirâmide de biomassa representada por: (1) campo de pastagem, (2) gado leiteiro e (3) menino

Fonte: CTISM, adaptado de Odum e Barrett, 2008

1.1.4 Cadeias alimentares e teias alimentares

Segundo Amabis e Martho (2004), a cadeia alimentar (ou cadeia trófica) define-se como uma série linear de organismos pela qual flui a energia captada pelos seres produtores (Figura 1.4). Essa energia, junto com a matéria ou biomassa, passa por todos os níveis, partindo dos organismos produtores até atingir os consumidores (heterótrofos) no topo da cadeia. Os organismos decompositores, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica em materiais particulados menores, estão presentes em todas as etapas da cadeia.

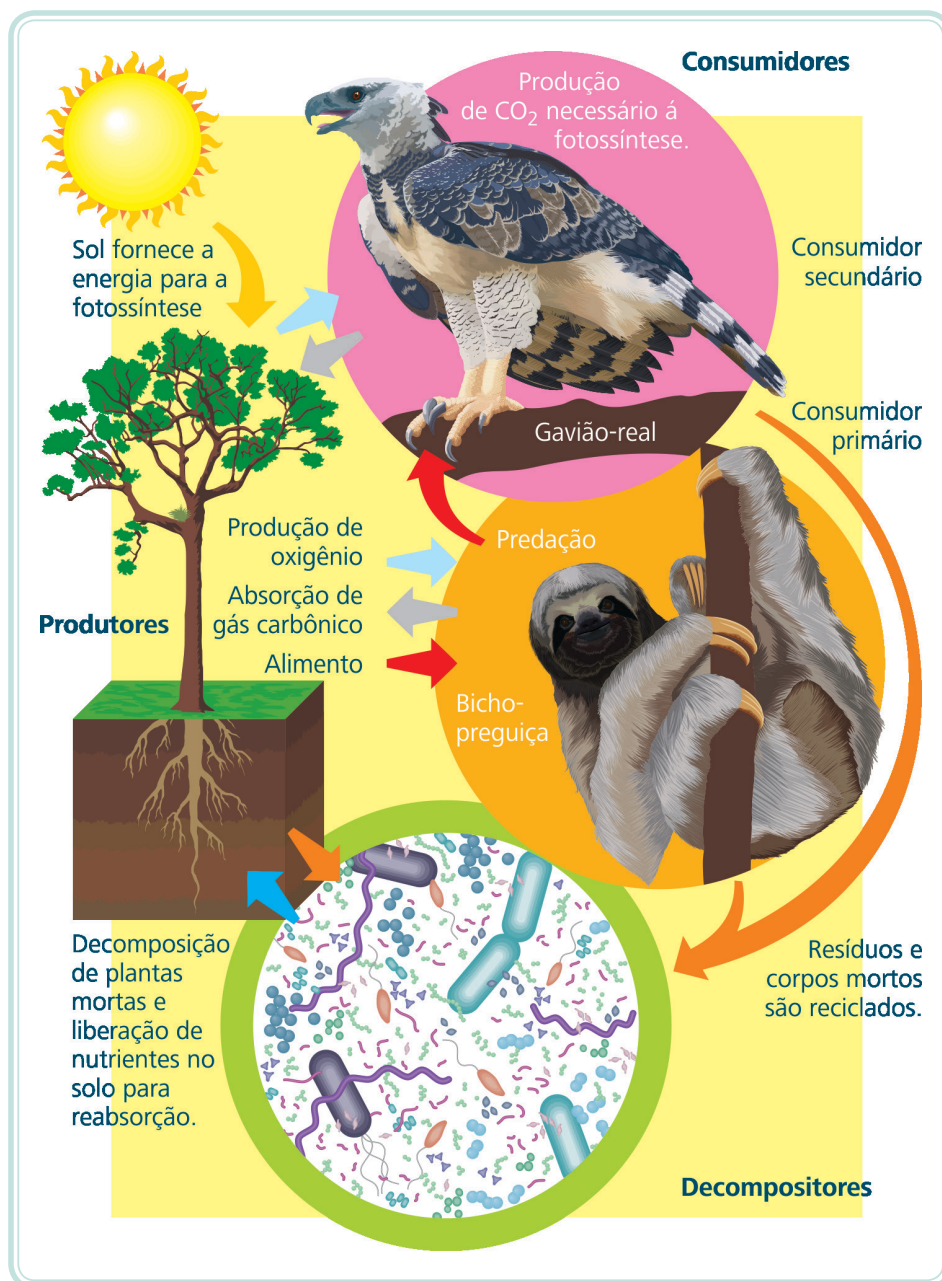


Figura 1.4: Cadeia trófica ou alimentar, representando as plantas (produtores), consumidor primário (bicho-preguiça) e consumidor secundário (gavião-real)

Fonte: CTISM

Os animais – invertebrados, anfíbios, répteis, aves ou mamíferos – se alimentam a partir de diferentes fontes, podendo esses alimentos ser plantas ou até mesmo animais. Para exemplificar, observamos um gafanhoto: o inseto se alimenta de uma planta, e pode servir como fonte alimentar de algum sapo ou pássaro. Por estarem presentes em diferentes níveis tróficos, percebemos um conjunto de cadeias alimentares interligadas, que são as teias ou redes alimentares (Figura 1.5). As teias alimentares são o que melhor representa as condições reais de um ecossistema, ao passo que as cadeias alimentares apenas mostram, sistematicamente, o fluxo alimentar de um ambiente. Cabe salientar que as setas representadas nos desenhos significam o sentido do fluxo da matéria, passando de um nível a outro. Por exemplo: os frutos de uma árvore servem de alimento a um rato, que serve de alimento a uma coruja e assim sucessivamente, completando os níveis tróficos.



Figura 1.5: Teia ou rede alimentar
Fonte: Linhares e Gewandsznajder, 2008

1.1.5 Produtividade dos ecossistemas

Nos sistemas ecológicos, ocorrem entradas e saídas (fluxos) de **energia** – representada pela luz solar, com fluxo unidirecional, ou seja, não é reciclada – e de **matérias**. A matéria nada mais é do que a biomassa presente em todos

os níveis tróficos, que é continuamente reciclada. Esses fluxos fazem com que ocorram processos de produção no ambiente, a produtividade. Essa produtividade é classificada em Produtividade Primária Bruta (PPB), Produtividade Primária Líquida (PPL) e Produtividade Secundária Líquida (PSL).

Conforme Amabis e Martho (2004), a produtividade primária bruta corresponde ao quanto de matéria orgânica é sintetizada pelos seres produtores em determinada região em certo período. Quanto maior a taxa de fotossíntese, maior será a produtividade primária bruta. A luz, o gás carbônico, a água, a temperatura e os sais minerais são alguns fatores que interferem na fotossíntese. Parte da energia luminosa armazenada na matéria orgânica das plantas é consumida na respiração celular aeróbica. A energia contida na biomassa dos organismos autotróficos, medida durante um determinado intervalo de tempo, corresponde à produtividade primária líquida. Essa energia será disponibilizada aos heterótrofos para o nível trófico seguinte. Assim, teremos a equação $PPL = PPB - R$, onde R corresponde à respiração celular.

A produtividade secundária líquida refere-se ao total de biomassa armazenada no corpo de um herbívoro, em determinado intervalo de tempo, correspondendo à energia que ele conseguiu absorver dos alimentos que ingeriu – já contabilizadas as taxas de gasto de energia de seu metabolismo.

1.1.6 Coevolução

O planeta Terra existe há cerca de 4,5 bilhões de anos, porém a vida surgiu em torno de 3,5 bilhões de anos atrás. Para nossa realidade de vida atual, muitas espécies surgiram e outras tantas foram extintas, passando por diversos estágios evolutivos. Nossa própria espécie é um exemplo. Antes do *Homo sapiens* ter chegado ao atual estágio, tantas outras espécies de homínídeos existiram, como o *Australopithecus afarensis*, o *Homo erectus* e o *Homo neanderthalensis*, dentre outras espécies. Assim, da mesma forma que ocorrem os processos evolutivos, também acontecem os processos coevolutivos.

A coevolução é a evolução conjunta, em um mesmo ambiente, que ocorre entre indivíduos de espécies distintas em uma determinada condição, por exemplo, entre algumas plantas e herbívoros ou entre insetos e flores. No primeiro caso, quando as plantas são continuamente consumidas por herbívoros, elas desenvolvem mecanismos de defesa, como a liberação de toxinas. No segundo caso, a presença de estruturas que, nas flores, servem como chamariz acaba por atrair os insetos. Uma vez atraídos, os insetos mantêm contato com a planta, carregando partículas de polens para outras flores e

participando ativamente do processo de fecundação, através das trocas de polens entre uma planta e outra. No mesmo raciocínio, também ocorrem processos coevolutivos entre predadores e suas presas e entre os parasitos e seus hospedeiros. Da mesma maneira que alguns desenvolvem mecanismos de ataque, outros desenvolverão meios para se defenderem; tudo pela manutenção de suas sobrevivências.

Na área da saúde, podemos utilizar como exemplo os primeiros europeus que chegaram ao continente americano. Vieram com doenças que já não os atingiam fatalmente, porém, ao manterem contato com os nativos das Américas, ocorreu uma grande mortandade de índios, pelo fato de seus organismos não estarem adaptados aos microrganismos patógenos trazidos pelos navegadores europeus.

1.1.7 Sucessão ecológica

Como o próprio nome já remete, trata-se de um processo sucessório de contínuas modificações que ocorrem em ecossistemas, a partir de um ambiente totalmente inóspito, com condições de clima e de solo não favoráveis ao estabelecimento de seres vivos, para um ambiente que possa abrigar comunidades biológicas, partindo de estruturas mais simples para estruturas mais complexas. A partir da associação de fatores diversos, surgem pequenas estruturas da flora (em formações de dunas, por exemplo) ou líquens (em substratos rochosos) que se estabelecem e colonizam o local. Esses organismos são chamados de espécies pioneiras por suportarem severas condições, tanto climáticas quanto de solo, abrindo caminho para outras espécies. A presença dessas espécies altera as condições de temperatura e de umidade do solo e, conseqüentemente, o clima do local.



Acompanhe nesse sítio eletrônico as principais etapas da sucessão ecológica:
http://www.ib.usp.br/ecologia/sucessao_ecologica_print.htm

A colonização de espécies pioneiras aumenta gradualmente, ampliando, assim, a produção de matéria orgânica, proveniente da decomposição desses organismos que, ao morrerem, acumulam-se no solo, tornando maior a carga de nutrientes do ambiente físico. Em formações de dunas, espécies de gramíneas instalam-se inicialmente, melhorando as condições do solo e abrindo caminhos para outras formações arbóreas de porte maior, como as arbustivas e as arbóreas.

Nos locais hostis, como os citados acima, o primeiro processo que ocorre é a sucessão primária. Já a sucessão que acontece em local desabitado, anteriormente ocupado por outra comunidade biológica que já tenha sofrido alguma perturbação, como queimada, avalanche de terra, incêndios ou alguma ação

antrópica – campo de cultivo abandonado, é chamada de sucessão secundária. A cada estágio do processo de sucessão percebido nas comunidades e ecossistemas, os organismos presentes, sejam de fauna ou de flora, provocam modificações graduais no ambiente físico e climático, ocorrendo, assim, a criação de novos nichos ecológicos, acarretando o aparecimento de novas espécies, promovendo a diversidade biológica ou biodiversidade. Quando a comunidade biológica – em especial a composição de florestas – atinge um grau de estabilização quanto ao seu crescimento, recebe o nome de comunidade clímax.

1.2 Interações ecológicas

Nos ecossistemas, existem diversas formas de interações entre os seres vivos denominadas de relações ou interações ecológicas (Figura 1.6). Essas relações são diferenciadas pelos tipos de dependência que os organismos mantêm entre si.



Para saber mais sobre interações ecológicas, acesse: <http://www.infoescola.com/relacoes-ecologicas/>

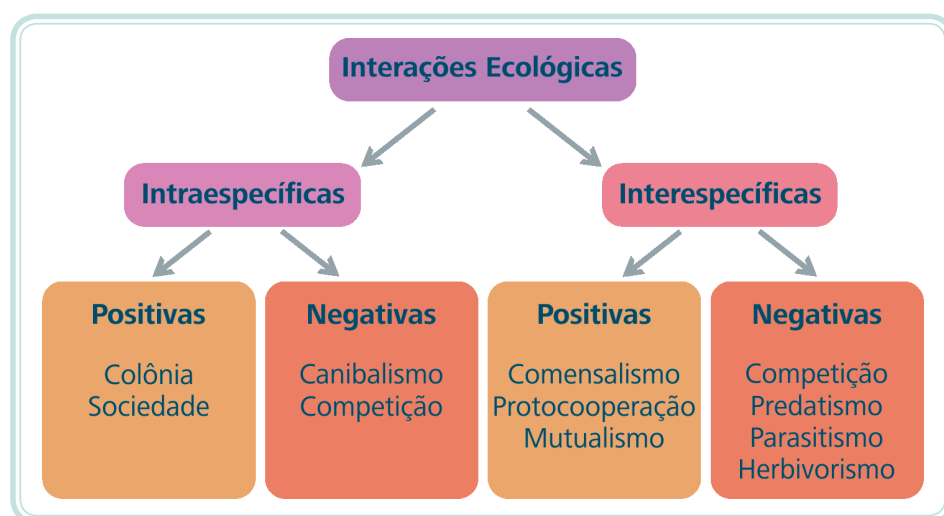


Figura 1.6: Interações ecológicas intraespecíficas (mesma espécie) e interespecíficas (espécies diferentes)

Fonte: CTISM, adaptado de Odum e Barrett, 2008

Algumas dessas relações são caracterizadas pelo benefício mútuo entre os seres vivos ou de apenas um deles, sem promover prejuízo ao outro. Essas relações são denominadas harmônicas ou positivas. Outras relações caracterizam-se pelo prejuízo de um de seus participantes em benefício do outro e são denominadas interações desarmônicas ou negativas.

As interações harmônicas e as desarmônicas podem ocorrer tanto entre indivíduos da mesma espécie quanto entre indivíduos de espécies diferentes. As rela-

ções ocorridas entre organismos da mesma espécie são chamadas de relações intraespecíficas ou homotípicas. Já as relações entre organismos de espécies diferentes recebem o nome de relações interespecíficas ou heterotípicas.

1.2.1 Interações intraespecíficas

1.2.1.1 Colônia

Ocorre quando indivíduos vivem agrupados, interagindo de forma vantajosa. Podem ocorrer colônias isomorfas (do grego *isos* = igual; *morpho* = forma), com indivíduos da mesma espécie (e.g. corais), ou colônias polimorfas ou heteromorfas (do grego *heteros* = diferente), nas quais a interação ocorre com espécies diferentes como, por exemplo, a caravela-portuguesa (Figura 1.7), que constitui em sua estrutura presença de indivíduos com capacidades de flutuação, outros responsáveis pela alimentação e outros com características urticantes, com finalidade de defesa.



Figura 1.7: Caravela-portuguesa, interação de espécies diferentes em um mesmo organismo
Fonte: <http://www.jaxshells.org/321a.htm>

1.2.1.2 Sociedade

Agrupamento de indivíduos de mesma espécie com divisão de atividades e hierarquias. Representada pelas vespas (Figura 1.8), formigas, cupins e abelhas. Os indivíduos pertencentes a uma sociedade possuem autonomia própria, ou seja, não são unidos entre si. A espécie humana e alguns primatas estão classificados nessa interação.



Figura 1.8: Vespas em fase de postura

Fonte: <http://www.baixaki.com.br/papel-de-parede/46579-marimbondos-.htm>

1.2.1.3 Canibalismo

É um modo de predação que ocorre entre indivíduos da mesma espécie. Muito comum em algumas populações de aranhas, nas quais a fêmea devora o macho após a cópula (Figura 1.9). Em algumas tribos do continente africano, na antiguidade, ocorria antropofagia – canibalismo humano.



Figura 1.9: Aranhas em condição de canibalismo

Fonte: <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/02/aranha-canibalismo.jpg>

1.2.1.4 Competição

Ocorre quando indivíduos de mesma espécie competem por alimentos, territórios ou fêmeas. É um importante fator de controle populacional. A luta de dois machos competindo por uma fêmea é um exemplo dessa categoria (Figura 1.10).



Figura 1.10: Dois bovinos machos em disputa por território e fêmeas

Fonte: Autores

1.2.2 Interações interespecíficas

1.2.2.1 Comensalismo

Uma espécie é beneficiada sem afetar a outra. A associação da rêmora com o tubarão exemplifica essa interação. A rêmora fixa-se ao corpo do animal de outra espécie (Figura 1.11) por meio de uma nadadeira dorsal transformada em ventosa de fixação. Com isso, ela obtém restos de comida desprezados e um meio de transporte.



Figura 1.11: Rêmoras fixadas ao casco de uma tartaruga

Fonte: <http://img.fotocommunity.com/images/Nature/Underwater/LE-REMORE-DELLA-TARTARUGA-a23610325.jpg>

1.2.2.2 Protocooperação

Interação, na qual ambas as espécies se beneficiam. Nessa relação, embora as duas espécies envolvidas sejam beneficiadas, elas podem viver de maneira independente, sem que isso as prejudique. É o que ocorre entre pássaros e bovinos: as aves se alimentam de carrapatos fixados no couro dos bovinos, livrando-os desses indesejáveis parasitos.

1.2.2.3 Mutualismo

É a relação existente entre dois indivíduos de espécies diferentes na qual ambas são beneficiadas, sendo a associação obrigatória para a manutenção de suas sobrevivências. Um clássico exemplo dessa relação pode ser percebido na associação de algumas espécies de algas com espécies de fungos específicos, onde juntos formam os líquens (Figura 1.12). A parte do líquen que corresponde à alga (do reino Plantae) realiza a fotossíntese, favorável ao crescimento da estrutura. Já a estrutura que corresponde ao fungo (do reino Fungi) apropria-se de nutrientes disponíveis no local, sintetizando-os e agregando-os à sua formação.



Figura 1.12: Líquens com formações diferentes significa que ocorrem associações entre organismos de espécies diferentes, tanto de algas quanto de fungos

Fonte: <http://www.ra-bugio.org.br/especies/1135.jpg>

1.2.2.4 Competição interespecífica

Essa relação ocorre quando dois ou mais indivíduos de espécies distintas competem pelo mesmo recurso. Esse recurso pode ser um alimento ou um espaço em um território. Uma vaca, um preá e gafanhotos, todos herbívoros, porém pertencentes a grupos diferentes (mamíferos e insetos), estão alimentando-se de gramíneas, ou seja, estão consumindo o mesmo recurso alimentar e estão em acirrada competição. Nesse caso, ocorre sobreposição de nicho (já mencionada anteriormente).

1.2.2.5 Predatismo

É uma interação na qual um indivíduo (o predador) captura e mata outro indivíduo (a presa) com a finalidade de alimentação. Como exemplos de animais predadores têm os grandes felinos (tigres, leopardos, leões, onças) que se alimentam de gnus, lebres, zebras, capivaras e outros animais menores. Em nossa região, percebemos essa relação entre o graxaim e o preá (Figura 1.13).



Figura 1.13: (a) Graxaim e (b) preá

Fonte: (a) <http://3.bp.blogspot.com/-KdSwp06iSps/TkkgQpUMLDI/AAAAAAAAATs/FNRgpTIJPhQ/s1600/Graxaim+-+Parna+Aparados+da+Serra+-+Fernando+Lara+-+site+copy.jpg>
(b) http://content60.eol.org/content/2011/11/25/02/08426_orig.jpg

1.2.2.6 Parasitismo

Interação na qual uma espécie parasita – organismo que vive em associação com outros, retirando desses os meios para sua sobrevivência – associa-se à outra – o hospedeiro, causando-lhe prejuízo ao alimentar-se dele. Em geral, essa relação não leva o hospedeiro ao óbito. O parasito pode instalar-se na parte externa do hospedeiro, chamado, assim, de ectoparasito (do grego *ectos* = fora) – por exemplo, piolhos, pulgas e carrapatos. Também, existem organismos parasitando o interior do hospedeiro, conhecidos como endoparasitos (do grego *endos* = dentro) – por exemplo, lombrigas, solitárias, bactérias e vírus. No reino vegetal também ocorre parasitismo, como por exemplo, a erva-de-passarinho (*Struthanthus flexicaulis*) (Figura 1.14), uma espécie de trepadeira que se instala em troncos de árvores, retirando de seu hospedeiro sua seiva bruta.



Figura 1.14: (a) Erva-de-passarinho utilizando uma árvore como substrato e (b) a trepadeira (a planta verde) em detalhes

Fonte: Autores

1.2.2.7 Herbivorismo

Interação similar à predação, ocorrendo entre um herbívoro e as plantas que lhe servem de alimento. É por meio da herbivoria que a energia solar captada pelos autótrofos é transferida para os demais níveis tróficos da cadeia alimentar. São classificados como herbívoros os bovinos, caprinos, capivaras (Figura 1.15) e algumas espécies de insetos, como os gafanhotos.



Figura 1.15: Capivaras pastando em parque

Fonte: <http://oatibaense.com.br/News/24/671/remocao-das-capivaras-do-lago-de-braganca-ainda-e-discutida/>

Resumo

Nesta aula, estudamos os conceitos básicos aplicados à ecologia (estudo das relações entre os seres vivos e destes com o ambiente onde se encontram inseridos). Distinguimos a diferença entre hábitat – local onde um indivíduo mora – e nicho ecológico – a função que esse organismo desempenha no meio. As diferentes espécies de nosso planeta estão distribuídas em níveis de hierarquia (espécie, população, comunidade e ecossistema) e ocupam distintos níveis tróficos (alimentares), sendo as plantas classificadas como autotróficas e os animais como heterotróficos.

A fauna e a flora estão representadas em pirâmides ecológicas, sendo classificadas em pirâmides de números, de biomassa e de energia. Para melhor compreender as relações que ocorrem entre os seres vivos, estes são analisados através da cadeia alimentar – partindo dos produtores até os consumidores finais – e, também, pela teia ou rede alimentar. Nos sistemas ecológicos, ocorrem entradas e saídas de energia e de matéria, o que chamamos de produtividade, que podem ser divididas em produtividade primária bruta, produtividade primária líquida e produtividade secundária líquida.

A convivência entre duas espécies distintas, por um longo período, pode ocasionar um processo coevolutivo, no qual uma vai se adaptando à outra. Já no ambiente físico, também, ocorrem mudanças, chamadas de sucessão ecológica – sucessão primária ou sucessão secundária. Por fim, as interações existentes entre os seres vivos são apresentadas tanto entre espécies diferentes (interespecíficas) quanto entre indivíduos de mesma espécie (intraespecíficas), podendo ainda ser positivas ou negativas essas relações. A compreensão desses conceitos básicos é fundamental para o entendimento dos demais conteúdos que serão estudados na próxima aula, bem como da Ecologia como um todo.



Atividades de aprendizagem

Escolha a alternativa correta:

1. A Ecologia é uma ciência que estuda:
 - a) Os organismos vivos do planeta.
 - b) As relações ou interações dos seres vivos e destes com o ambiente em que vivem.

- c) A poluição do planeta.
 - d) Tudo o que está relacionado aos crimes ambientais.
2. Em uma organização hierárquica, partindo de uma série lógica, do organismo até a biosfera, temos:
- a) Ecossistemas, populações e nichos.
 - b) Populações, habitats e ecossistemas.
 - c) Populações, comunidades e ecossistemas.
 - d) Comunidades, cooperação e ecossistemas.
3. População de indivíduos que são e permanecem distintos, porque, normalmente, não ocorre reprodução com outros indivíduos distintos a eles, ou seja, deixam descendentes férteis, é uma característica de:
- a) Espécie.
 - b) Hermafroditas.
 - c) Indivíduos únicos.
 - d) Mutualistas.
4. Habitat e nicho ecológico representam, respectivamente:
- a) Uma floresta densa cheia de interações ecológicas e o local de cada espécie.
 - b) O hábito de viver e o modo de alimentar-se de um determinado indivíduo.
 - c) Um sistema de atividades e um local para reprodução.
 - d) O lugar onde um indivíduo mora e a função que desempenha em um local.

5. Relações alimentares que ocorrem entre diversos organismos de um ecossistema são chamadas de:

- a) Hábitats.
- b) Nichos.
- c) Cadeias alimentares.
- d) Teias alimentares.

6. Coevolução é:

- a) É um tipo de “involução”.
- b) O processo evolutivo no qual duas espécies evoluem juntas.
- c) Uma antievolução.
- d) Uma maneira de gerar outros indivíduos, porém estéreis.

Aula 2 – Fundamentos de ecologia – o ecossistema

Objetivos

Correlacionar os elementos componentes dos sistemas e dos ecossistemas.

2.1 Conceito de ecossistema

O conceito de ecossistema é amplamente discutido por diversos autores que, em sua maioria, o definem como o conjunto de comunidades interagindo juntas em uma determinada área ou ambiente físico. Ecossistemas são unidades geográficas com entrada e saída de energia e matéria nas quais os organismos vivos (bióticos) e o ambiente não-vivo (abiótico) estão relacionados e interagindo uns com os outros. A energia que entra no sistema refere-se ao Sol, e a matéria constitui os materiais orgânicos (restos de plantas e animais) e inorgânicos (nutrientes). A entrada de organismos em um sistema corresponde à imigração e a saída, à emigração.

Algumas das principais matérias que entram e saem dos sistemas são os nutrientes que, a partir dos ciclos biogeoquímicos, são fundamentais para a existência da vida em nosso Planeta. As plantas absorvem nutrientes presentes no solo, somados ao dióxido de carbono (CO_2), à água e à radiação solar, compondo sua biomassa, a partir da fotossíntese (Figura 2.1).

Os nutrientes são representados pelos elementos químicos presentes no solo, como o ferro (Fe), o magnésio (Mg), o cálcio (Ca), o sódio (Na), etc. As plantas absorvem o dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera que, em processo com a água e a energia solar, irá produzir açúcar ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), convertido em celulose ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$), a qual será incorporada a sua biomassa junto com os nutrientes, liberando oxigênio (O_2) para a atmosfera.

As plantas transformam parte da energia solar em matéria que servirá de alimento para outros níveis tróficos, como os heterótrofos ou consumidores primários (e.g. um preá que se alimentou de grama), os quais, por sua vez, servirão de alimento para um consumidor secundário (e.g. um carnívoro), fazendo com que os nutrientes circulem pelo ecossistema.

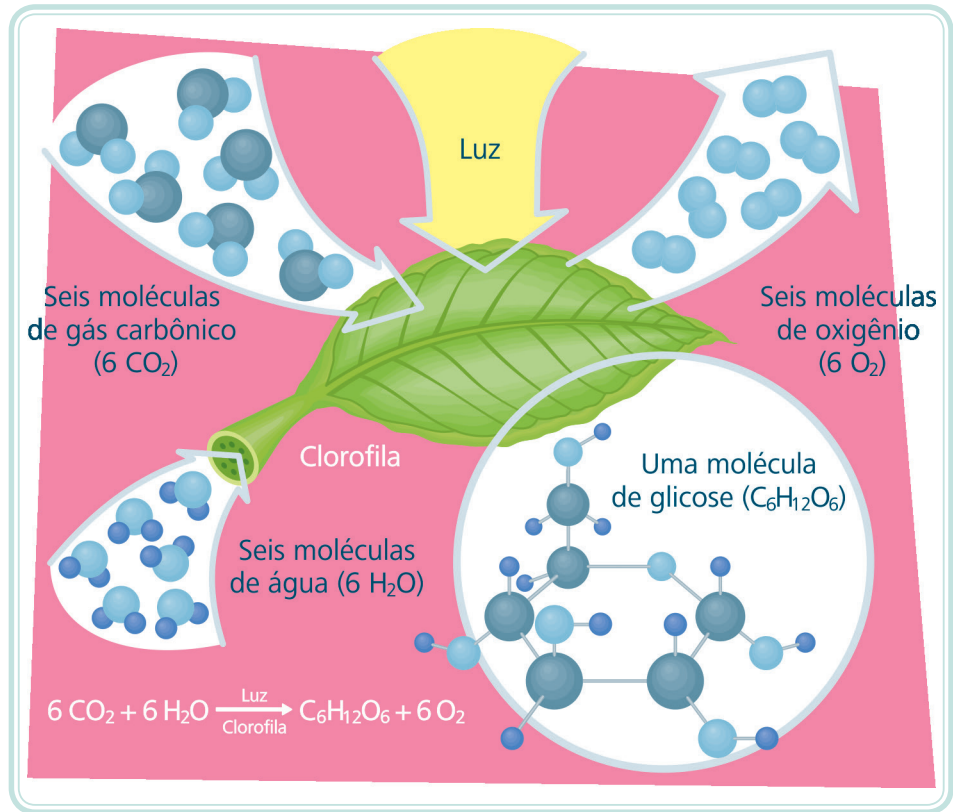


Figura 2.1: Processo de fotossíntese realizada pelas plantas. A estrutura foliar absorve o gás carbônico (CO₂) da atmosfera, retendo o carbono (C) e liberando o oxigênio (O₂)
 Fonte: CTISM

2.2 O ambiente físico

Conforme descrito acima, no ambiente, encontramos componentes bióticos e abióticos que juntos compõem os ecossistemas. Os ecossistemas são dinâmicos, ou seja, a sua estrutura não permanece em condição estática, modificando-se sucessivamente, sejam estas mudanças perceptíveis aos nossos olhos ou percebidas e analisadas ao longo dos anos geológicos. A floresta amazônica, por exemplo, apresenta-se como uma floresta muito densa e de ampla distribuição geográfica, detentora de uma biodiversidade riquíssima, tanto de fauna quanto de flora, porém essa região não foi sempre assim. Segundo pesquisadores, esse bioma, em eras passadas, foi um imenso mar raso. A partir de mudanças estruturais, na superfície terrestre, ocasionadas, principalmente, pelo movimento das placas tectônicas, essa parte do Brasil foi modificando-se até transformar-se no que é hoje. Percebemos a composição pobre de seu solo como prova disto, pois esta é uma das características de um solo jovem, de formação recente.

A região litorânea gaúcha – em especial a planície costeira, onde estão localizados os municípios de São Lourenço do Sul, Pelotas, Rio Grande e São José do Norte – também passou – e vem passando – por profundas modificações quanto a sua estrutura física, em decorrência de processos de regressões e de transgressões marinhas que ocorreram nos períodos de glaciações e interglaciações, da mesma forma que vem ocorrendo nas demais regiões, ecorregiões, biomas e ecossistemas distribuídos pela Terra.

Um dos principais fatores modificadores do ambiente físico é o intemperismo que pode ocorrer devido aos efeitos físicos, químicos e biológicos no solo (Figura 2.2).

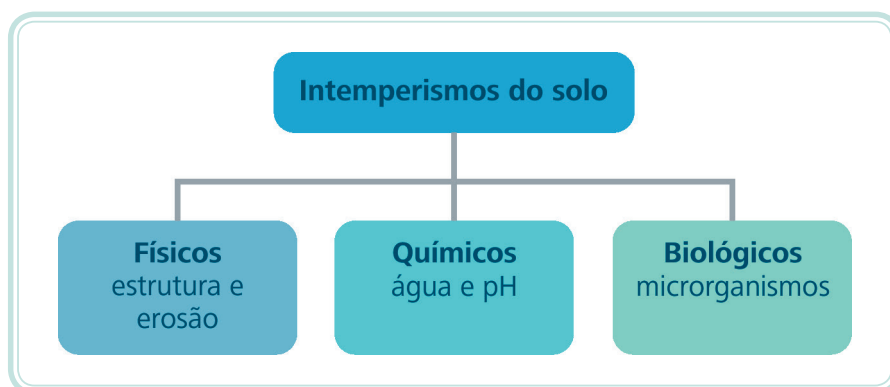


Figura 2.2: Tipos de intemperismos que ocorrem no solo

Fonte: CTISM, adaptado de Odum e Barrett, 2008

Os intemperismos físicos decorrem, principalmente, da ação de dilatação e de contração dos materiais (os rochosos, por exemplo) em consequência de rápidas alternâncias de temperaturas quentes e frias. Esse processo – dilatar e contrair – faz com que as rochas se fragmentem, dividindo-se em pedaços menores, liberando novos materiais químicos e físicos (mais particulados). Isto faz com que grandes rochas ou fragmentos rochosos se erodam, sendo, assim, depositados em áreas localizadas mais abaixo no relevo.

Os intemperismos químicos são influenciados, principalmente, pela água, em virtude da sua composição química (H_2O), na qual os íons de hidrogênio (positivos) e do oxigênio (O_2) reagem com outros elementos químicos presentes no solo, ocorrendo o processo de solubilização (passagem de moléculas de um soluto para uma solução). Também, o pH desempenha importante papel, porque caracteriza os solos em vários tipos quanto à acidez (pH abaixo de 7) e à alcalinidade (pH superior a 7).

O solo, uma vez erodido e particulado, irá formar materiais com diferentes estruturas, como os regolitos. Os regolitos são formados a partir de ações de

microrganismos edáficos (microrganismos do solo), passando por processos de humificação. Esse processo faz com que se criem condições para novos microrganismos e organismos de maiores portes, como plantas e animais, constituindo-se em um sistema com a presença de elementos de níveis tróficos diferentes e, conseqüentemente, com interações diversas. Esse processo de ação entre os microrganismos e o solo é chamado de intemperismo biológico.

2.3 Gradiente e ecótono

Os ambientes terrestres apresentam divisões ou zonações denominadas gradientes, sendo classificados quanto à temperatura, à umidade e à profundidade. Os gradientes de temperatura podem ir de ambientes mais frios, como o Ártico, até regiões mais quentes, como a zona do Equador. Os gradientes de umidade estão relacionados ao clima de determinada região, por exemplo, quando comparamos os desertos áridos (secos) com as florestas tropicais (úmidas). Em relação aos gradientes de profundidade, ocorrem a partir de zonas mais rasas, como o litoral, até regiões mais profundas, como a zona abissal (fundo) dos oceanos.

Ecótono é considerada a zona de transição de um ecossistema A para um ecossistema B. São ambientes que possuem, em alguns casos, formações florísticas dos dois ambientes analisados, sendo considerados ambientes de grande produtividade de biomassa. Esses ecossistemas podem ser aquáticos (lagos, lagoas, açudes) ou terrestres (campos, florestas).

2.4 Ecossistemas terrestres – biomas

Apesar de compor apenas cerca de 28% da área da superfície do Planeta, os ecossistemas terrestres possuem a maior diversidade de espécies. A grande variação climática e o número de barreiras geográficas são fatores de extrema importância para o surgimento de novas espécies.

A biosfera pode ser dividida em biomas – grandes comunidades adaptadas às condições ecológicas específicas. O clima (influenciado pela latitude, pela altitude, pela insolação – incidência de luz solar, pela umidade e pela temperatura) e o solo são alguns dos fatores que influenciam as formações de biomas e, conseqüentemente, as distribuições de fauna e de flora pelo planeta.

A latitude influencia o clima. Dos polos ao Equador, ou seja, das regiões mais frias às mais quentes, encontramos biomas diferentes, com fauna e flora

adaptadas às condições climáticas de cada região. Como a temperatura diminui com a altitude, podemos encontrar seres típicos de regiões frias em áreas de grande altitude – pico das montanhas, mesmo que esses ambientes estejam próximos à linha do Equador, como é o caso do Monte Kilimanjaro, na Tanzânia.

A maior biodiversidade, tanto de fauna quanto de flora, é encontrada nas regiões tropicais, diminuindo gradativamente em direção às regiões temperadas e aos polos. Os principais biomas terrestres são as florestas temperadas, as florestas tropicais, a taiga, a tundra, os campos ou pradarias, as savanas e os desertos (Quadro 2.1).

Quadro 2.1: Biomas globais, características do ambiente, vegetação predominante e ocorrências geográficas

Ocorrência geográfica	Bioma	Características do ambiente	Vegetação predominante
Regiões próximas ao Polo Ártico.	Tundra	A neve cobre o solo quase todo o ano, exceto em parte do verão.	Após o degelo é observada a presença de musgos, líquens, gramíneas e pequenos arbustos.
Situa-se, principalmente, no hemisfério norte, ao sul da tundra ártica.	Taiga	Baixa diversidade florística, com ocorrência de ursos, lobos, raposas, alces e esquilos.	Constituída, basicamente, de coníferas (pinheiros) e abetos, além de musgos e líquens.
Parte da Europa e da América do Norte.	Florestas temperadas	Flora diversificada, abrigando muitas espécies de mamíferos, como javalis, veados, raposas, esquilos, várias espécies de aves e de insetos.	Árvores decíduas (que perdem as folhas no outono), como carvalhos, faias e bordos, além de plantas arbustivas, herbáceas e musgos.
Faixa equatorial: regiões de clima quente e alto índice pluviométrico, como o norte da América do Sul, América Central e Ásia.	Florestas tropicais	Grande quantidade de nichos ecológicos devido à rica biodiversidade presente, como flora e fauna (anfíbios, mamíferos, répteis, aves, invertebrados, etc.).	Vegetação exuberante, com árvores de grande porte perenifólias (folhas não caem) e latifoliadas (folhas largas).
América do Norte (pradarias) e América do Sul (pampa).	Campos ou pradarias	Regiões com períodos marcados pela seca.	Gramíneas e algumas arbustivas.
África, Austrália e Américas.	Savanas	Na África, predominam os grandes mamíferos, como elefantes, leões, girafas, rinocerontes, e, no Brasil, temos o cerrado, cujas árvores apresentam-se sob aspecto retorcido.	Arbustos e árvores de pequeno e médio porte.
África (Saara), Ásia (Góbi) e América do Sul (Atacama).	Desertos	Alguns animais apresentam hábitos noturnos, devido à intensa radiação solar.	Plantas adaptadas ao déficit hídrico, como cactáceas e pequenos arbustos.

Fonte: Adaptado de Amabis e Martho, 2004 e de Odum e Barrett, 2008

Com 8,5 milhões de quilômetros quadrados de território e grande variedade de clima, temperatura, solo e umidade, o Brasil abriga extraordinária diversidade de ecossistemas e de biodiversidade – fauna e flora – distribuídos em seus diferentes biomas. Os principais biomas brasileiros são: floresta amazônica, cerrado, caatinga, mata atlântica, pantanal e pampa – ou campos sulinos – (Figura 2.3).

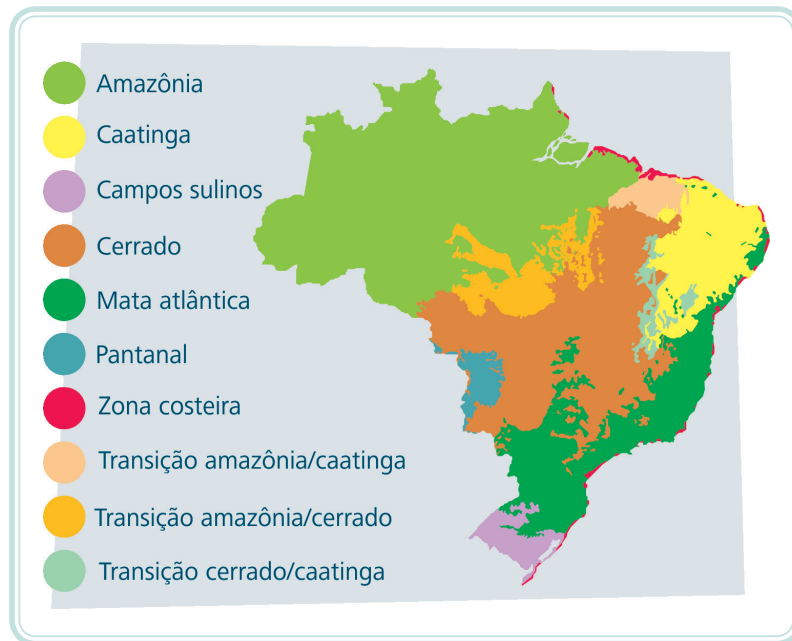


Figura 2.3: Principais biomas brasileiros

Fonte: CTISM

Cada um dos biomas brasileiros possui suas particularidades e distinções tanto na sua morfologia quanto sua distribuição territorial (Quadro 2.2).

Quadro 2.2: Biomas brasileiros, vegetação predominante, estados de ocorrência e áreas de ocupação

Bioma	Vegetação predominante	Estado(s) de ocorrência	Área aproximada (milhões de hectares)
Floresta amazônica	Floresta ombrófila densa	AC, AP, AM, PA, RR, RO, MA, MT, TO	419,69
Cerrado	Savana	DF, BA, GO, MA, MT, MS, MG, PR, PI, RO, SP, TO	203,64
Caatinga	Savana estépica	CE, AL, BA, MA, MG, PB, PE, PI, RN, SE	84,44
Mata atlântica	Floresta estacional semidecidual	ES, RJ, SC, AL, BA, GO, MS, MG, PB, PR, PE, RN, RS, SP, SE	111,01
Pantanal	Savana	MT, MS	15,03
Pampa	Estepe	RS	17,64

Fonte: Adaptado de Amabis e Martho, 2004 e Brasil/IBGE, 2004

Todos esses biomas sofreram – e sofrem – com a ocupação humana, sendo que parte da vegetação nativa já foi destruída. Como exemplo, citamos a mata atlântica. Grande parte da população brasileira (cerca de 70%) está localizada na área litorânea, onde, originalmente, esse bioma se estendia desde a região nordeste até o estado do Rio Grande do Sul. O crescimento populacional e a ocupação desordenada e sem planejamento do território fizeram com que houvesse uma diminuição considerável de sua estrutura natural, se comparada à época da colonização portuguesa no Brasil, restando somente cerca de 7% de remanescentes florestais (Figura 2.4).

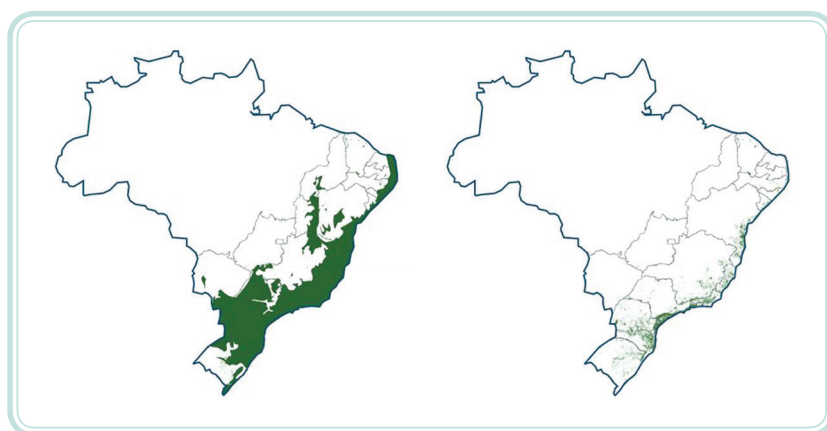


Figura 2.4: Mapas comparativos da composição florística da mata atlântica entre os anos de 1500 e 2005

Fonte: http://www.riosvivos.org.br/arquivos/site_noticias_1737073719.JPG

O bioma cerrado vem perdendo suas áreas nativas devido à expansão da agropecuária. Dentre os biomas brasileiros citados, o pampa (também conhecido como campos sulinos) é o único que se encontra somente em um estado brasileiro: no Rio Grande do Sul. No entanto, esse bioma faz parte, também, de nossos países vizinhos – Argentina e Uruguai. A caatinga é o único bioma estritamente brasileiro, limitado apenas à região nordeste.

2.5 Ecossistemas aquáticos

Os ecossistemas aquáticos compreendem os principais meios hídricos existentes, sejam eles de água doce (rios, açudes, lagos) ou de água salgada (oceanos e mares). Por apresentarem composições químicas diferentes entre si – quanto à composição de sais, por exemplo, os ambientes de água doce e de água salgada também apresentam composições diferentes tanto de fauna quanto de flora, formando, assim, ecossistemas peculiares a cada condição física, química e biológica existente.



Nas páginas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), encontramos os mapas atualizados e informações sobre os principais biomas brasileiros:
<http://mapas.ibge.gov.br/>

http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169

2.5.1 Ecossistemas de água doce

As águas continentais ou doces são classificadas em:



- **Lóticos** – são as águas correntes, como os arroios, os riachos, os rios e as corredeiras.
- **Lênticos** – são as águas paradas representadas pelos lagos e pelos açudes.
- **Áreas úmidas** – representadas por florestas inundadas, brejos, charcos e banhados.

Os sistemas aquáticos lênticos, geralmente, apresentam maior biodiversidade quando comparados aos ecossistemas de água em movimento. Em ambientes lênticos, os organismos predominantes são os fotossintetizantes, representados pelas plantas submersas ou parcialmente submersas. Também, são habitados pelo fitoplâncton (do grego *phytos* = planta, e *plankton* = à deriva), constituído por uma infinidade de microrganismos, como as microalgas, as cianobactérias e as diatomáceas. Esse fitoplâncton serve de alimento ao zooplâncton (do grego *zoon* = animal, e *plankton* = à deriva), formado por microcrustáceos, protozoários e larvas de diversos organismos. Seguindo a cadeia trófica, vêm os peixes de maior porte divididos em diferentes espécies, portes e nichos ecológicos.

2.5.2 Ecossistemas marinhos

Os ambientes de água salgada – mares e oceanos – cobrem cerca de 75% da superfície do Planeta, com profundidades que variam de alguns metros, nas regiões costeiras, a mais de 10 km, nos estratos mais profundos. Nesses ambientes marinhos, existem espécies bentônicas, que vivem no fundo do mar – seja em mar raso ou em mar profundo, e espécies pelágicas, presentes em mar aberto.

Quanto à presença de luz solar, os ecossistemas marinhos são classificados em:



- **Zona fótica** (do grego *photos* = luz) – aquela na qual a luz atinge até 200 m de profundidade.
- **Zona afótica** (sem luz) – ambientes profundos, abaixo dos 200 m.

As espécies marinhas – fauna e flora – estão distribuídas nos diferentes estratos do oceano, cada qual adaptado às suas condições de sobrevivência.

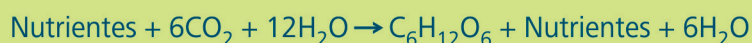
Os organismos distribuídos nos oceanos são classificados em três grupos: plâncton, bentos e nécton. O plâncton (do grego *plankton* = à deriva) são os organismos flutuantes – e.g. algas microscópicas, microcrustáceos, anelídeos e peixes. Os bentos (do grego *benthos* = fundo do mar) são organismos que vivem no fundo do mar. Podem ser sésseis (fixos), representados pelas algas macroscópicas, ou errantes (que se deslocam), representados pelos crustáceos e moluscos. O nécton (do grego *nektos* = apto a nadar) é constituído por organismos que se deslocam ativamente, como os golfinhos, os tubarões, os peixes, as baleias, além de alguns moluscos e crustáceos.

2.6 Ciclos biogeoquímicos

Os ciclos biogeoquímicos (*bio* = vida, *geo* = terra) estão relacionados aos ciclos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no ambiente, como o processo de decomposição de organismos da fauna e da flora que têm sua matéria orgânica degradada, principalmente, por bactérias decompositoras e por fungos. Essa matéria é decomposta em partículas menores – os minerais – que passam para o meio abiótico, podendo ser reutilizadas por outros seres como matéria-prima para a produção de suas substâncias orgânicas.

Na natureza, ocorrem diversos ciclos de elementos químicos, sendo os mais relevantes os ciclos do carbono e do nitrogênio, que compõem os ciclos gasosos, bem como os ciclos do fósforo e do enxofre, que fazem parte dos ciclos sedimentares, e também o ciclo hidrológico ou o ciclo da água. Todos são fundamentais para a manutenção da vida do planeta.

- a) Ciclo do carbono** – consiste na passagem do átomo desse elemento – que compõe as moléculas de dióxido de carbono ou gás carbônico (CO_2) disponíveis nos ecossistemas – para as moléculas das substâncias orgânicas dos seres vivos. Conforme estudamos anteriormente, no processo de fotossíntese o carbono atmosférico do dióxido de carbono (CO_2), absorvido pelas plantas, passará por um processo metabólico junto com outros minerais e água, constituindo a estrutura $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, um açúcar, que fará parte da biomassa da planta:



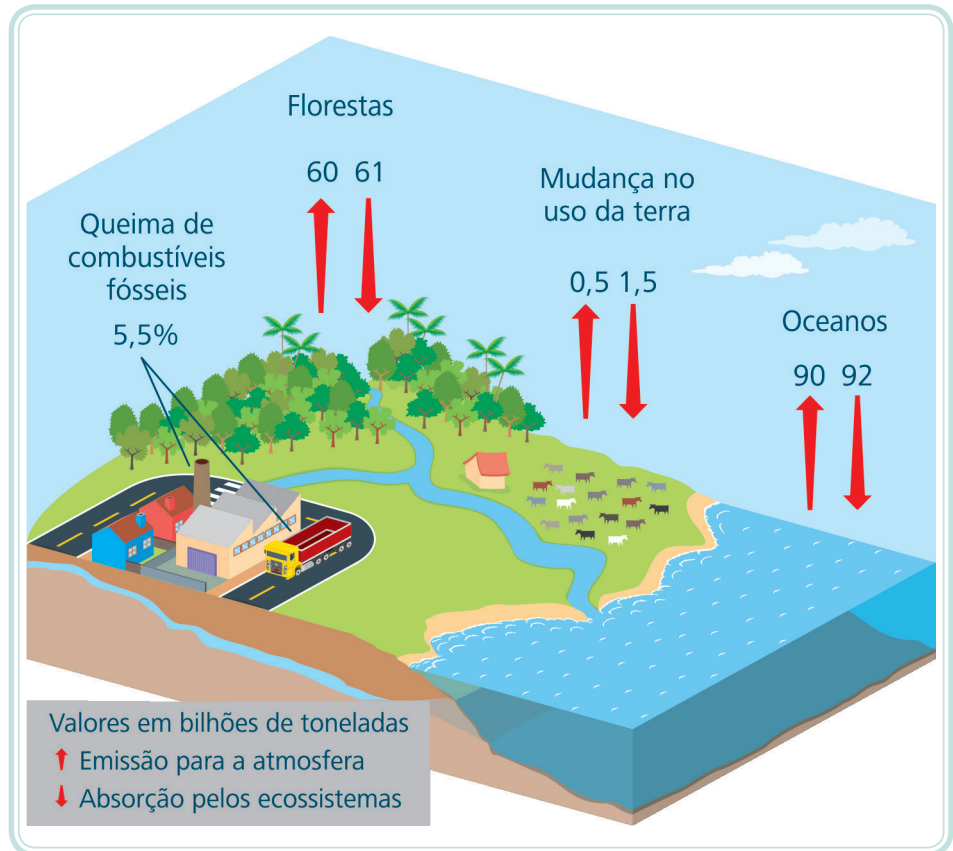


Figura 2.5: Emissão e absorção do carbono

Fonte: CTISM

O carbono é um elemento de extrema relevância. Além de compor parte da biomassa dos seres vivos (carboidratos) e elementos fósseis utilizados como combustíveis (petróleo e carvão), a queima desses combustíveis e a decomposição de matérias orgânicas produzem os gases CO (monóxido de carbono), CO₂ (dióxido de carbono) e CH₄ (metano) que, em grandes quantidades, vêm alterando a composição da atmosfera. Tais alterações, aliadas a outros fenômenos, modificam os climas regionais e, conseqüentemente, o clima global.

Não confunda esse processo com o efeito estufa que é um processo natural e indispensável para a manutenção da vida da Terra. O termo “efeito estufa” tem sido amplamente difundido na atualidade, sendo, muitas vezes, taxado como vilão e como principal responsável pelas catástrofes climáticas que ocorrem em nosso Planeta. Sem ele, a temperatura estaria constantemente abaixo de zero grau Célsius. O termo é uma analogia às estufas – ambientes artificiais utilizados na agricultura para criar condições favoráveis para certas cultivares, como vegetais e flores (Figura 2.6). Dos raios solares que chegam à superfície da Terra, parte é absorvida pelos ecossistemas e outra parte é refletida novamente para o espaço. Alguns desses raios não seguem esse curso

e são novamente refletidos para a superfície devido a altas concentrações de gases e elementos particulados na atmosfera, fazendo com que se intensifiquem as extremas variações climáticas. O problema não está no fenômeno em si, mas nos processos que vêm alterando os ciclos dos gases.



Figura 2.6: Estufa utilizada para meios de culturas vegetativas – analogia ao fenômeno “efeito estufa”

Fonte: Autores

b) Ciclo do nitrogênio – o nitrogênio, em sua forma gasosa (N_2), constitui cerca de 78% do gás atmosférico. Esse elemento está presente nas proteínas, nos ácidos nucleicos, nas vitaminas, nas enzimas e nos hormônios. O ciclo passa pelas seguintes etapas: o nitrogênio atmosférico (N_2), quando atinge o solo, passa pelo processo de amonificação, sendo metabolizado por bactérias especializadas. Assim, o nitrogênio muda de estágio, passando para amônio (NH_4^+) e, depois, para amônia (NH_3^+). Na próxima etapa, outras bactérias realizarão a nitrificação, que é a passagem de amônia para nitrito (NO_2^-) e, após, para nitrato (NO_3^-). Esse nitrato será, novamente, convertido – processo chamado de desnitrificação, voltando o nitrogênio à forma de N_2 , na qual parte será fixada pelas plantas, através de relações simbióticas com outros microrganismos, e outra parte retornará a atmosfera (Figura 2.7).

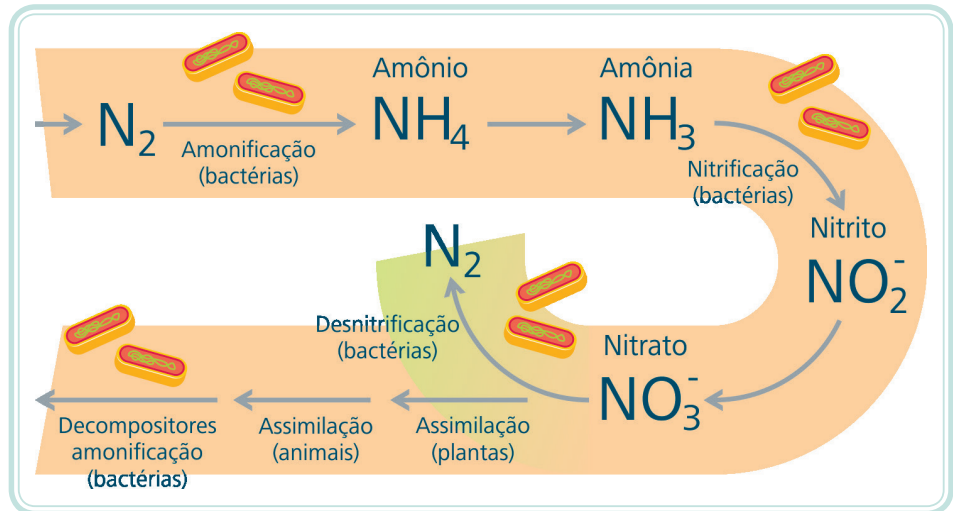


Figura 2.7: Etapas do ciclo do nitrogênio

Fonte: CTISM

Poucos organismos são capazes de absorver o nitrogênio em sua forma livre. Dentre eles podemos citar as plantas e, mesmo assim, não o retiram diretamente da atmosfera. O nitrogênio que desce ao solo, na forma de N_2 , é assimilado pelas plantas a partir de uma relação simbiótica entre a planta e as bactérias do gênero *Rhizobium*, fixadoras de nitrogênio. Esses microrganismos estão fixados ao sistema radicular do vegetal, facilitando a absorção do nitrogênio pelas raízes e daí para toda a planta. O ciclo continua quando o herbívoro se alimenta de gramíneas e libera o nitrogênio novamente para a atmosfera. Existem outros meios de fixação do nitrogênio, como as micorrizas (simbiose entre fungos e angiospermas) – processo parecido com o anterior.

c) Ciclo do fósforo – o fósforo é um elemento essencial à vida, compondo os dentes e os ossos, além de estar presente em moléculas de RNA e DNA. Uma grande quantidade desse elemento químico é liberada por processos erosivos, através do fosfato (PO_4) presente nas rochas, sendo carregada para os oceanos e depositada no fundo ou consumida pelo fitoplâncton. Outra parte, porém significativa, permanece em áreas continentais, essenciais para o desenvolvimento e manutenção de atividades biológicas nos ambientes. Entretanto, o excesso de fosfato ocasiona o processo de eutrofização – alguns autores adotam o termo “eutroficação”.

Eutrofização – é o fenômeno ocasionado pelo excesso de nutrientes em sistemas hídricos, provocando um aumento excessivo de algas. Estas fomentam o desenvolvimento dos consumidores primários e, eventualmente, de outros componentes da teia alimentar no ecossistema. O crescimento elevado de algas, relacionado com o acúmulo de nutrientes derivados do fósforo (fosfa-

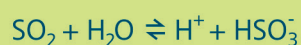
tos), do enxofre (sulfatos), do nitrogênio (nitratos), dentre outros, recebe o nome de florescimento ou *bloom* – dando uma coloração azul-esverdeada ou vermelha à água. Essas substâncias são os principais nutrientes do fitoplâncton. Após a morte das algas, estas irão se decompor, diminuindo, significativamente, o oxigênio dissolvido na água através da ação dos organismos decompositores, ocasionando a mortandade de peixes e de outros organismos, além da formação de gases tóxicos ou de cheiro desagradável.

Esses processos podem ocorrer de maneira natural, como a lixiviação da serrapilheira acumulada numa bacia hidrográfica, levada por fortes chuvas, e, também, a partir de atividades antrópicas (de origem humana), através da descarga de efluentes domésticos – esgotos não tratados, depositados a céu aberto, industriais e agrícolas – fertilizantes usados nas plantações.

Lixiviação – é o processo de lavagem do solo decorrente de chuvas fortes ou intensas, fazendo com que materiais particulados sejam levados para locais mais baixos do relevo – geralmente os cursos d’água. Serrapilheira ou serapilheira compreende o material acumulado na superfície do solo das matas e das florestas, principalmente materiais de origem vegetal (folhas, galhos, cascas, sementes, frutos) e alguns de origem animal em menores proporções (ossos e material fecal). Esses materiais orgânicos sofrerão processos de decomposição em decorrência da ação de organismos detritívoros e decompositores, colaborando, assim, na ciclagem dos nutrientes.

d) Ciclo do enxofre – embora possua uma fase gasosa, no ciclo sedimentar é que encontramos uma quantidade mais significativa de enxofre. Grande parte do enxofre encontra-se armazenada em depósitos fósseis, como o petróleo e o carvão mineral. Quando esses materiais são trazidos à superfície para serem utilizados como combustíveis, após a queima, o enxofre neles contido é convertido em sulfito (SO_3^{2-}) ou sulfato (SO_4^{2-}), indo parar na atmosfera, podendo, ainda, sofrer alterações químicas, chegando a monóxido de enxofre (SO) ou dióxido de enxofre (SO_2).

Uma vez suspenso no ar, o enxofre, na forma de dióxido de enxofre (SO_2), entrará em contato com vapores d’água (H_2O), formando ácidos, como o sulfito ácido (HSO_3^-) ou sulfato ácido (HSO_4^-), que ocasionam a chuva ácida (Figura 2.8).



A chuva ácida compromete a estrutura das plantas, modificando sua fisiologia vegetal, e, também, danifica as estruturas prediais, reagindo quimicamente com os carbonatos presentes nas fachadas dos prédios.

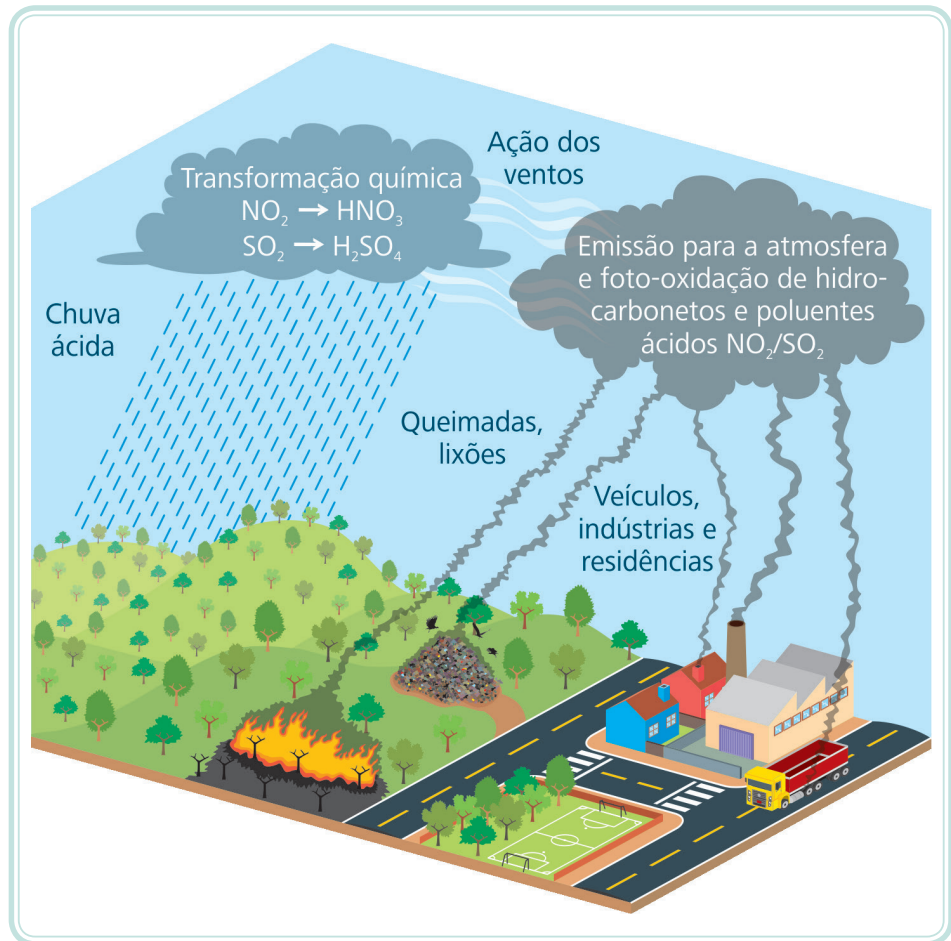


Figura 2.8: Formação da chuva ácida

Fonte: CTISM

Em Candiota – RS, onde se encontra a usina de extração de carvão (utilizado para a produção de energia termelétrica), existe uma grande jazida de carvão – depositado há milhares de anos – decorrente de processos de decomposição vegetal e animal, passado pelo processo de fossilização. Uma vez extraído, o carvão é queimado para que seja produzida a energia elétrica. Parte dos resíduos vai parar na atmosfera.

e) Ciclo hidrológico – por estar associada aos processos metabólicos, a água é uma substância vital para os seres vivos. Seu ciclo pode ser analisado pelo ciclo curto e pelo ciclo longo. No primeiro caso, os seres vivos não têm participação. A água encontra-se em seu estado gasoso (atmosfera) e líquido (geológico ou litosfera). Os vapores d’água suspensos no

ar se condensam, formando nuvens, precipitando na forma de chuva que, ao atingir o solo, ou será infiltrada, umedecendo o solo, abastecendo lençóis freáticos e aquíferos, ou permanecerá na superfície, indo parar em rios, lagos, lagoas e oceanos (Figura 2.9).

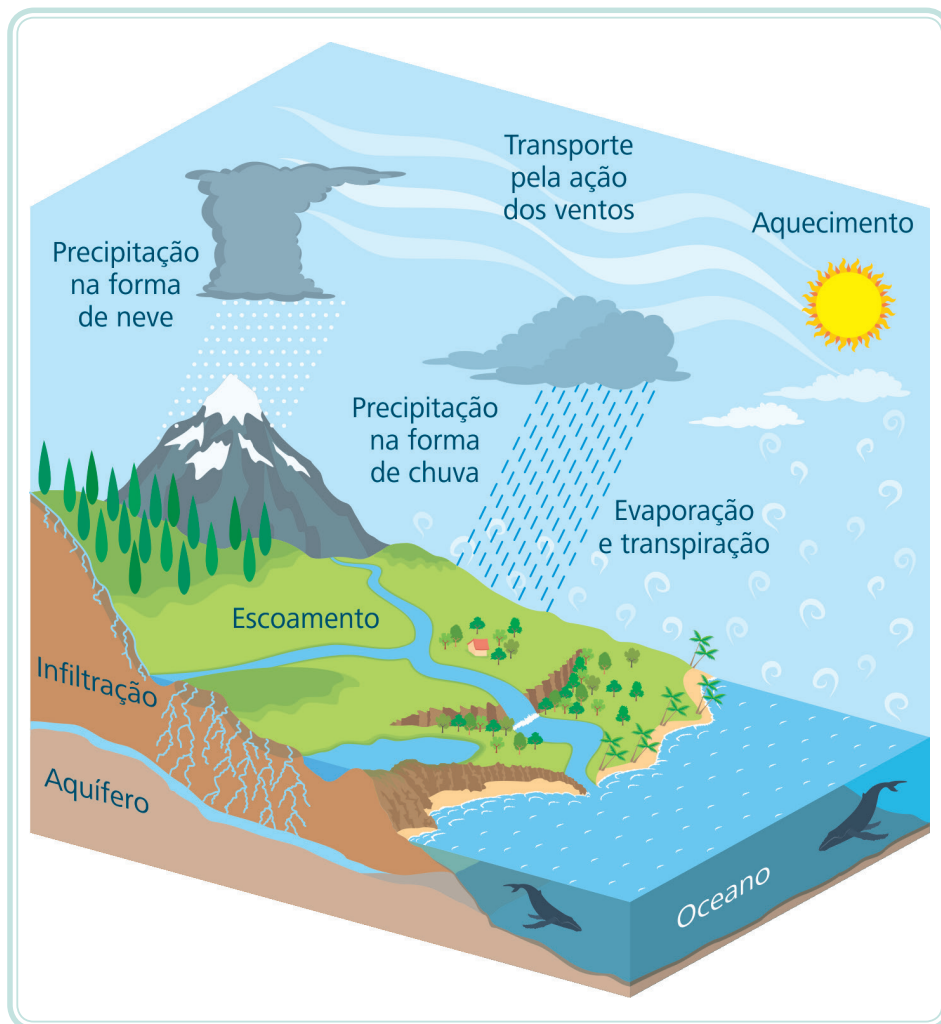


Figura 2.9: Ciclo hidrológico representando os percursos da água

Fonte: CTISM

No segundo caso (ciclo longo), há participação dos seres vivos. A água presente no solo será absorvida pelas plantas, através das raízes. Parte da água será liberada a partir da respiração, retornando à atmosfera; outra parte será consumida por algum herbívoro – ao se alimentar do vegetal – e outra parte será liberada após a decomposição dos materiais restantes. O herbívoro, ao alimentar-se, consome também a água presente na estrutura da planta, sendo esta sintetizada pelo seu organismo.



Encontre informações e notícias sempre atualizadas acerca do tema água e demais temas ambientais, acessando as páginas eletrônicas da Universidade da Água e Ambiente Brasil, em: <http://www.uniagua.org.br>

<http://www.ambientebrasil.com.br>

Resumo

Nesta aula, estudamos sobre os ecossistemas – unidades geográficas com entrada e saída de energia e matéria, nas quais os organismos vivos (bióticos) e o ambiente não vivo (abiótico) estão relacionados e interagem uns com os outros. Esses ecossistemas são formados em ambientes físicos que estão em constante mudança. Essas alterações são ocasionadas, principalmente, a partir dos processos de intemperismos que podem ser físicos, químicos e biológicos. Os ecossistemas diferem-se uns dos outros em função dos distintos gradientes, que são zonações ou divisões, podendo ser classificados em temperatura, umidade e profundidade. Ecótono é uma área de transição entre dois ambientes diferentes.

A Terra está dividida em grandes regiões, representadas pelos biomas – grandes comunidades adaptadas às condições ecológicas específicas. Os principais fatores que condicionam um bioma são o clima e o solo. Os principais biomas globais são: tundra, taiga, floresta temperada, floresta tropical, campos, savanas e desertos. Já os biomas brasileiros mais relevantes são: mata atlântica, cerrado, floresta amazônica, caatinga, pampa e pantanal. Os ecossistemas aquáticos são divididos em águas doces ou continentais – classificadas em águas lóxicas (correnteza – rios e arroios), lênticas (estagnadas – açudes e lagos) e em áreas úmidas (brejos e banhados) – e em ecossistemas marinhos – representados pelos mares e oceanos.

Por fim, analisamos os ciclos biogeoquímicos relacionados aos ciclos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no ambiente. Estes são classificados em ciclos sedimentares, que tem o fósforo e o enxofre como principais elementos químicos; ciclos gasosos, nos quais o nitrogênio e o carbono são mais relevantes e ciclos hidrológicos.



Atividades de aprendizagem

Leia com atenção a proposição e assinale a alternativa correta.

1. Unidade geográfica, que apresenta entradas e saídas de energia e matéria, na qual seus elementos bióticos e abióticos interagem entre si:
 - a) Comunidade.
 - b) População.

- c)** Ecossistema.
 - d)** Sociedade.
2. O ambiente de transição entre dois ecossistemas distintos denomina-se:
- a)** Ecótono.
 - b)** Hábitat.
 - c)** Sobreposição de nicho.
 - d)** Variante.
3. Os principais fatores que influenciam a formação ou a manutenção de um bioma são:
- a)** Vegetação e fauna.
 - b)** Posição geográfica e água.
 - c)** Altitude e latitude.
 - d)** Clima e solo.
4. O fenômeno causado pelo excesso de nutrientes em ambientes aquáticos, ocasionando um aumento de algas, chama-se:
- a)** Simbiose.
 - b)** Parasitismo.
 - c)** Eutrofização.
 - d)** Crescimento populacional.

5. Os biomas brasileiros são:

- a) Cerrado, mata atlântica, tundra, pampa, floresta amazônica e pantanal.
- b) Floresta amazônia, mata atlântica, cerrado, pampa, caatinga e pantanal.
- c) Pampa, caatinga, floresta boreal, taiga, amazonas e pantanal.
- d) Cerrado, mata atlântica, tundra, pampa, floresta boreal e caatinga.

Aula 3 – Tecnologias de tratamento de resíduos – parte 1

Objetivos

Reconhecer conceitos e técnicas relativos ao gerenciamento e tratamento de resíduos, efluentes e emissões.

3.1 Emissões atmosféricas

Genericamente **poluição do ar** é a presença na atmosfera de qualquer substância (ou combinação de substâncias) danosa a saúde do homem ou formas de vida inferiores; ofensivas ou objetáveis ao homem, interna ou externamente; ou que pela sua presença, direta ou indiretamente, afetará, adversamente, o bem estar do homem. A contaminação da atmosfera é um fenômeno que se apresenta em escala microscópica, ainda que seus efeitos possam ser detectados a simples vista.

Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 03, de 28 de junho de 1990, **poluente atmosférico** é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: I – impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; II – inconveniente ao bem-estar público; III – danoso aos materiais, à fauna e flora; IV – prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

3.1.1 Principais poluentes atmosféricos

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados de várias formas, segundo o Quadro 3.1.

Quadro 3.1: Classificação dos poluentes atmosféricos

Classificação		Características
Origem	Primários	Encontrados na forma em que são emitidos, ou seja, são lançados diretamente na atmosfera por algum processo biogênico ou antropogênico.
	Secundários	Produzidos na atmosfera pela reação de outros compostos (gases permanentes, poluentes primários ou secundários) com ou sem a ação de radiação fotoquímica.
Estado da matéria	Particulados	Partículas com diâmetro compreendido entre 1 e 1000 µm que se depositam por ação da gravidade.
	Gasosos	Gases em condições normais de temperatura e pressão, assim como vapores de substâncias líquidas ou sólidos sob condições normais.

Fonte: Autores

Os efeitos dos poluentes atmosféricos sobre a saúde humana e o meio ambiente são variados, dependendo de sua constituição química (Quadro 3.2).

Quadro 3.2: Propriedades e efeitos sobre o ambiente e a saúde dos principais poluentes atmosféricos

Poluente	Propriedades	Efeitos sobre o ambiente	Efeitos sobre a saúde
CO	Incolor e inodoro; produto de combustões incompletas.	Reage com o oxigênio formando CO ₂ , podendo afetar o equilíbrio térmico da estratosfera.	Combina-se com a hemoglobina substituindo o oxigênio, provocando dificuldades respiratórias e asfixias.
CO ₂	Incolor e inodoro; formado durante combustões completas.	O aumento anormal deste gás pode elevar a temperatura da superfície terrestre e provocar alterações como, por exemplo mudanças climáticas.	Em função de seus efeitos sobre o ambiente, o CO ₂ pode, em longo prazo, tornar a Terra imprópria à vida humana pelo seu aquecimento.
SO ₂	Incolor, forte odor e altamente solúvel em água.	O ar poluído afeta os animais e, principalmente, as plantas. A reação com vapor d'água produz ácido (chuva ácida).	Ação irritante nos canais respiratórios, provocando tosse, agravando a asma e a bronquite crônica e atingindo outros órgãos.
NO _x	O NO ₂ tem cor marrom alaranjada, enquanto o N ₂ O e o NO são incolores.	Contribui para a formação da chuva ácida.	Agem sobre o sistema respiratório, causando irritações, e podendo ocasionar edema pulmonar.
HC	Emitidos por automóveis e indústrias e formados na atmosfera.	Os HC reagem quimicamente na atmosfera, formam oxidantes fotoquímicos (<i>smog</i> fotoquímico).	Causam irritações nos olhos e no sistema respiratório.
Material particulado	Tamanhos variados.	Diminuição da visibilidade e das trocas gasosas nas plantas por deposição de partículas nas mesmas.	Interferem no sistema respiratório, podendo afetar os pulmões e o organismo como um todo.

Fonte: Adaptado de Braga, 2005 e Vesilind, 2011

3.1.2 Padrões da qualidade do ar

Segundo a Resolução CONAMA nº 03/1990, **padrões de qualidade do ar** são as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Os padrões podem ser primários (concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população) ou secundários (concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral).

Quadro 3.3: Padrões de qualidade do ar externo, segundo a Resolução do CONAMA nº 03/1990

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Padrão secundário $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Partículas totais em suspensão	24 horas ¹	240	150
	MGA ²	80	60
Partículas inaláveis	24 horas ¹	150	150
	MAA ³	50	50
Fumaça	24 horas ¹	150	100
	MAA ³	60	40
Dióxido de enxofre	24 horas ¹	365	100
	MAA ³	80	40
Dióxido de nitrogênio	1 hora ¹	320	190
	MAA ³	100	100
Monóxido de carbono	1 hora ¹	40.000	40.000
	8 horas ¹	10.000	10.000
Ozônio	1 hora ¹	160	160

¹ Não deve exceder mais que 1 vez/ano.
² Média geométrica anual.
³ Média aritmética anual.

Fonte: CONAMA nº 03/1990

Para facilitar a divulgação e o entendimento da população acerca das condições reais da qualidade atmosférica são propostos Índices de Qualidade do Ar (IQA_r), dividindo-se a concentração de um determinado poluente pelo seu padrão primário de qualidade e multiplicando-se o resultado dessa divisão por 100. O IQA_r proposto pela Fundação de Proteção Ambiental do RS (FEPAM-RS) é divulgado em boletins diários e classifica a qualidade do ar como boa, regular, inadequada, má, péssima e crítica.

Quadro 3.4: Índice de Qualidade do Ar (IQA), proposto pela FEPAM

Qualidade	Índice	Níveis de cautela	PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PI10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO ppm	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Boa	0-50	---	0-80	0-50	0-80	0-100	0-4,5	0-80
Regular	51-100	---	81-240	51-150	81-365	101-320	4,6-9,0	81-160
Inadequada	101-199	*Insalubre para grupos sensíveis	241-375*	151-250	366-586* 587-800	321-1130	9,1-12,4* 2,5-15,0	161-322* 323-400
Má	200-299	Muito insalubre	376-625	251-350 351-420*	801-1600	1131-2260	15,1-30	401-800
Péssima	300-399	Perigoso	626-875	421-500	1601-2100	2261-3000	30,1-40	801-1000
Crítica	Acima de 400	Muito perigoso	> 876	> 500	> 2100	> 3000	> 40	> 1001

*Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990.
Os índices, até a classificação REGULAR, atendem aos padrões de qualidade do ar, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990.

Fonte: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqar_pop.htm

Padrões de emissão são limites estabelecidos legalmente e que devem ser respeitados para a emissão na fonte. Estes podem estar expressos em concentração (ex.: mg/Nm^3 base seca a 12% de oxigênio), em taxa de emissão (ex.: kg/hora) ou em função de um parâmetro da fonte (ex.: $\text{kg}/\text{tonelada}$ incinerada). A Resolução CONAMA nº 382/2006 estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.

3.1.3 Controle de emissões atmosféricas

O controle de emissões atmosféricas pode ser realizado de forma preventiva, corretiva ou integrando-se estas duas maneiras. Preferencialmente devem ser adotadas medidas que eliminem ou reduzam os poluentes diretamente no seu respectivo ponto de geração, para depois serem planejados mecanismos de remoção de poluentes da corrente atmosférica. Para tanto podem ser adotadas medidas indiretas e diretas de controle de emissões.

3.1.3.1 Medidas indiretas

- Planejamento urbano (levando em consideração a distância dos centros urbanos, a direção e a velocidade dos ventos, os componentes gasosos encontrados na fonte, os recursos e os equipamentos disponíveis, entre outros).
- Elevação de chaminés (visa a redução da concentração do poluente ao nível do solo, não reduzindo a emissão).

- Medidas para impedir a geração do poluente (mudanças em combustíveis, como a substituição do chumbo tetra-etila por álcool anidro na gasolina ou emprego de combustíveis com baixos teores de enxofre).
- Medidas para reduzir a geração do poluente (operação de equipamentos dentro da sua capacidade nominal; manutenção adequada de equipamentos produtivos; armazenamento adequado de materiais pulverulentos).

3.1.3.2 Medidas diretas

São ações que visam reduzir a quantidade de poluentes descarregada na atmosfera através da instalação de equipamentos de controle (filtros de ar, coletores de poeiras, lavadores de gases, torres de absorção, condensadores, depuradores, entre outros).

Quadro 3.5: Características de equipamentos utilizados no controle de emissões atmosféricas

Equipamento	Poluente	Partículas (μ)	Temperatura limite ($^{\circ}$ C)	Eficiência (%)	Poluente gerado
Câmara de sedimentação	Material particulado	> 50	370	< 50	Poeira seca
Ciclone		5 – 25	370	50 a 90	Poeira seca
Precipitador dinâmico		> 10	370		Poeira seca
Impactador inercial		> 1	370	> 80	Poeira seca
Filtro de manga		< 1	260	> 99	Poeira seca
Venturi		< 1	4 a 370	\leq 99	Líquido
Precipitador eletrostático		< 1	540	95 a 99	Poeira seca ou úmida
Lavador a gás	Gasoso	---	4 a 40	> 90	Líquido
Absorvedor a gás		---	4 a 40	> 97	Sólido ou líquido
Incineração direta		---	vapores 1.100 combustão 60	> 98	Gás
Incineração catalítica		---	vapores 1.100 combustão 760	< 98	Gás

Fonte: Macintyre, 1990

3.2 Resíduos sólidos

Segundo a ABNT (2004), podemos definir os resíduos sólidos, como os resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem

inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível.

3.2.1 Classificação

As decisões técnicas e econômicas tomadas em todas as fases do ciclo de vida de um resíduo, desde a sua geração até a sua destinação final, devem basear-se, não somente em função de sua origem, mas também da classificação deste resíduo, em função dos riscos que este pode apresentar ao homem e ao meio ambiente.



Para saber mais sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, acesse: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

A ABNT estabeleceu um conjunto de normas que caracterizam os resíduos de acordo com sua periculosidade, sendo elas: NBR 10004 – Resíduos sólidos – Classificação; NBR 10005 – Lixiviação de resíduos – Procedimento; NBR 10006 – Solubilização de resíduos – Procedimento; NBR 10007 – Amostragem de resíduos – Procedimento. Desta forma os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- a) **Classe I – Perigosos** – são aqueles resíduos ou mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseado ou disposto de forma inadequada. Ex.: Óleos lubrificantes usados, lâmpadas fluorescentes, resíduos infecto-contagiosos.
- b) **Classe IIA – Não inertes** – são os resíduos que por suas características, não se enquadram nas classes I (perigosos) ou IIB (inertes). Esses resíduos podem apresentar propriedades como: solubilidade em água, biodegradabilidade, combustibilidade. Ex.: Restos de alimentos, papéis e papéis, madeiras, tecidos.
- c) **Classe IIB – Inertes** – são os resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, e submetidos ao ensaio de solubilização descrito na ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da NBR 10004. Ex.: alguns plásticos, resíduos de mineração e a maioria dos resíduos da construção civil.

A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A segregação dos resíduos na fonte geradora e a identificação da sua origem são partes integrantes dos laudos de classificação, onde a descrição de matérias-primas, de insumos e do processo no qual o resíduo foi gerado devem ser explicitados.

3.2.2 Gerenciamento

A Lei nº 12.305 de 02/08/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, define gerenciamento de resíduos sólidos, como o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com o respectivo Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

Um PGRS tem como objetivo assegurar que todos os resíduos sejam gerenciados de forma apropriada e segura, desde a geração até a disposição final.

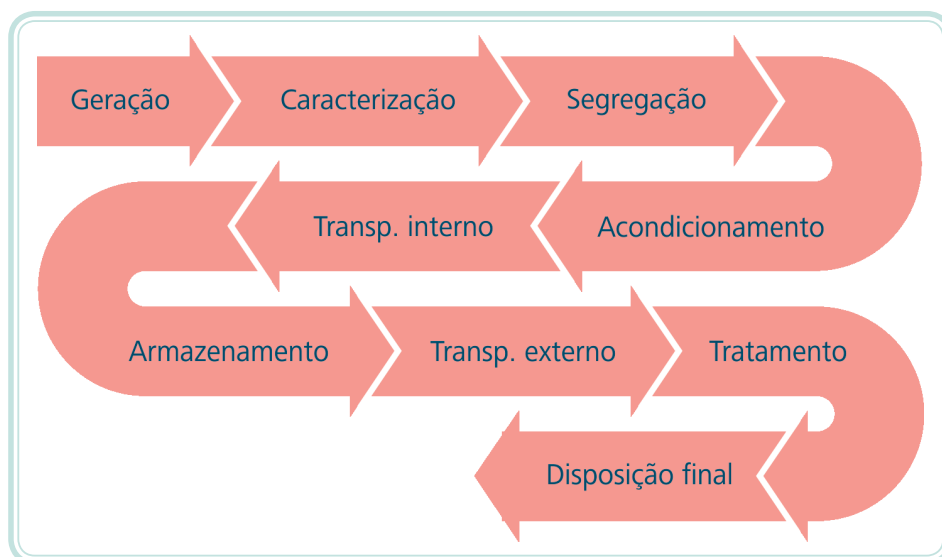


Figura 3.1: Etapas de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos

Fonte: CTISM

3.2.2.1 Segregação na fonte

Ato de separar os resíduos em classes ou em categorias, de forma a facilitar seu reaproveitamento, tratamento ou disposição final. Consiste na separação do resíduo no momento e local de sua geração, de acordo com as características físicas, químicas, biológicas, a sua espécie, estado físico ou classificação.

3.2.2.2 Acondicionamento

Consiste em embalar os resíduos após sua segregação, controlando riscos para a saúde e facilitando operações de coleta, armazenamento interno/externo e transporte.



Figura 3.2: Acondicionamento de resíduos sólidos

Fonte: Autores

3.2.2.3 Armazenamento

Guarda temporária dos resíduos já acondicionados, realizada em área específica, até o momento da coleta e transporte externos para a sua destinação final.



Figura 3.3: Áreas de armazenamento de resíduos sólidos

Fonte: Autores

3.2.2.4 Coleta e transporte externos

Consistem na remoção dos resíduos sólidos do armazenamento temporário até a unidade de tratamento ou disposição final, realizados de forma a preservar as condições de acondicionamento dos resíduos e a integridade dos trabalhadores, devendo ocorrer de acordo com orientações técnicas. Se o resíduo for perigoso, devem ser utilizados os equipamentos de proteção necessários, e o transporte deve ser licenciado pelo órgão ambiental competente.



Figura 3.4: Coleta de resíduos perigosos

Fonte: Autores

3.2.3 Destinação final

A Lei nº 12.305/2010 define destinação final ambientalmente adequada como a destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes entre elas a disposição final (aterros sanitários ou industriais), observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Historicamente as soluções para os problemas causados pelo homem ao meio ambiente sempre tiveram como diretriz a conhecida lei do menor esforço. A abordagem tradicional para eliminação dos efeitos nocivos da poluição consistia em afastar o poluente gerado, diluí-lo, dispersá-lo e fazer, em suma, com que o mesmo deixasse, graças à distância, de incomodar seu gerador. Com o passar do tempo, ao invés de simplesmente dispor seus resíduos, o homem passou a procurar alternativas mais lógicas, que se propõem a tratar, reaproveitar, minimizar ou até eliminar a geração dos resíduos (LIMA, 2010).

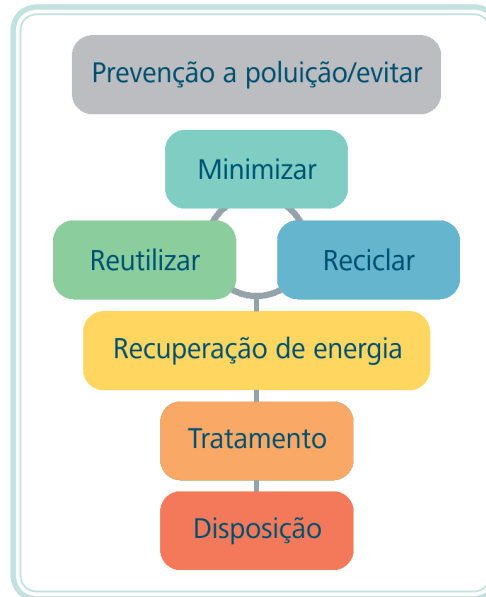


Figura 3.5: Ordem de prioridade para o gerenciamento de resíduos sólidos, segundo os princípios de prevenção a poluição

Fonte: CTISM, adaptado dos autores



Não confunda reciclagem com reutilização! Nesta última o aproveitamento dos resíduos ocorre sem que haja transformação biológica, física ou físico-química.

3.2.3.1 Eliminação/minimização

Consistem em práticas e procedimentos que objetivam eliminar ou reduzir a geração de resíduos em uma instalação, devendo ser alcançada na fonte, evitando-se a formação do resíduo em sua origem. Através da minimização é possível reduzir custos de tratamento e disposição dos resíduos, economizar em transporte e armazenamento, reduzir prêmios de seguros e diminuir gastos com segurança e proteção à saúde.

3.2.3.2 Reciclagem

É o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolvem a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos. O ato de reciclar permite trazer de volta à origem, sob a forma de matérias-primas, aqueles materiais que não se degradam facilmente e que podem ser reprocessados, mantendo suas características básicas.

3.2.3.3 Compostagem

Define-se como compostagem o processo controlado de transformação de resíduos sólidos orgânicos em um composto bioestabilizado, através da decomposição, oxigenação e oxidação. A compostagem é um método natural através da qual os resíduos orgânicos são transformados em material humifi-

cado, de cor escura e cheiro agradável, isento de sementes de ervas daninhas ou de microrganismos causadores de doenças em plantas.

A compostagem, quando realizada em pilhas ou leiras, apresenta três fases de temperatura, indispensáveis para que resíduos orgânicos sejam decompostos e transformados em fertilizantes, livres de microrganismos patogênicos que venham comprometer a sanidade e culturas agrícolas. Na primeira fase, chamada de mesofílica, a temperatura da pilha pode atingir até 45°C, em razão da presença de microrganismo mesofílicos, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. Após se segue uma fase termofílica, com elevação de temperatura da pilha para valores entre 50 e 80°C, graças ao desenvolvimento de microrganismo termofílicos, caracterizados pela alta taxa de decomposição de matéria orgânica. A terceira fase (mesofílica) ocorre após o esgotamento da matéria orgânica decomponível, havendo uma substituição dos microrganismos termofílicos por microrganismo mesofílicos, fazendo com que a temperatura seja reduzida para valores próximos ao ambiente. Durante o processo de compostagem é necessário que as pilhas sejam revolvidas e irrigadas quando as temperaturas ficam próximas de 70°C. Caso isto não ocorra, corre-se o risco de combustão e incêndio no local. O processo tem tempo variável com a tecnologia empregada, condições ambientais e tipo de resíduo a ser compostado.

O composto possui nutrientes minerais tais como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, que são assimilados em maior quantidade pelas raízes, além de ferro, zinco, cobre, manganês, boro e outros que são absorvidos em quantidades menores e, por isso, denominados de micronutrientes. Quanto mais diversificados os materiais com os quais o composto é feito, maior será a variedade de nutrientes que poderá suprir. Os nutrientes do composto, ao contrário do que ocorre com os adubos minerais, são liberados lentamente, realizando a tão desejada adubação de disponibilidade controlada.

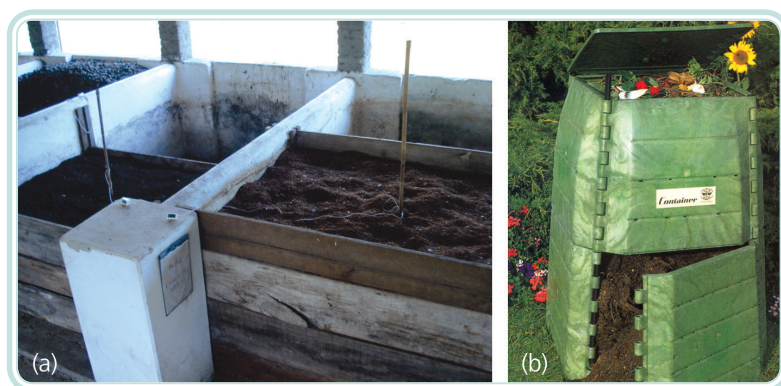


Figura 3.6: (a) Compostagem de resíduos de casca de arroz e peixe e (b) compostagem de resíduos orgânicos domésticos e restos de vegetais

Fonte: Autores

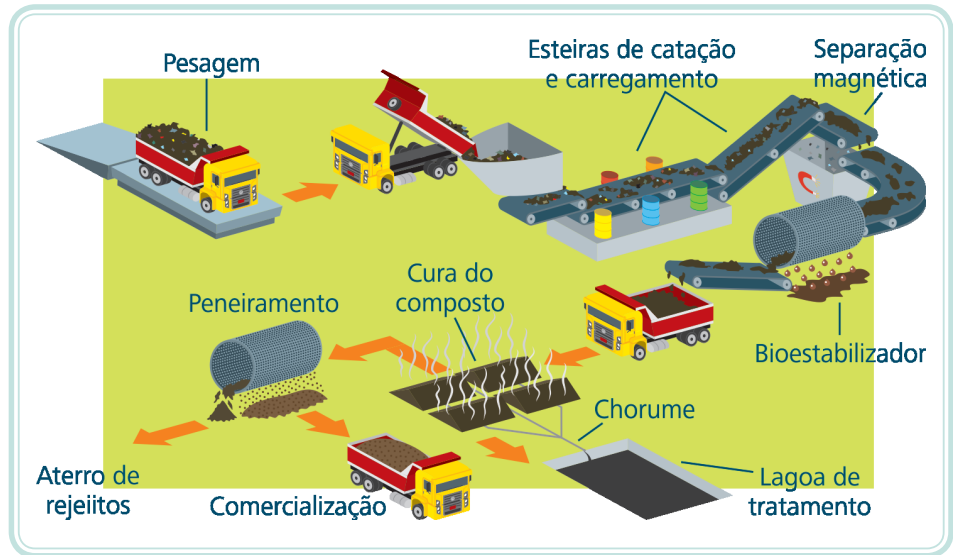


Figura 3.7: Esquema geral de um processo de triagem de resíduos, seguido de processo de compostagem acelerada por bioestabilizador

Fonte: CTISM

3.2.3.4 Minhocompostagem

Processo no qual as minhocas são os atores principais, interagindo com outros microrganismos na produção do húmus a partir de resíduos orgânicos, podendo ser de origem animal, como esterco de bovinos (Figura 3.8) ou de origem vegetal – restos de horta. A principal diferença desse processo quando comparado à compostagem é que o composto apresenta grande biodiversidade de microrganismos, em função do processo apresentar apenas uma fase de temperatura (mesofílica). Mesmo não tendo a fase termofílica, microrganismos patogênicos são predados e eliminados pelas minhocas. Considerando que cerca da metade do que chamamos de lixo é constituído por materiais orgânicos e estes têm como destino final os aterros sanitários ou lixões clandestinos, esses resíduos orgânicos podem ser reciclados a partir da minhocompostagem, atenuando possíveis danos ambientais e gerando renda ao produtor de húmus. O material final (húmus) destina-se às produções agrícolas orgânicas que, além de produzir alimentos mais saudáveis, livres de produtos químicos sintéticos, ainda minimizam potenciais impactos causados pelos adubos químicos. A produção de húmus não fica restrita apenas à escala comercial ou em propriedades rurais. Muitas pessoas têm se utilizado dessa técnica para produzir seu próprio húmus em casa – mesmo em apartamentos – utilizando seus próprios resíduos. No Brasil, o processo de minhocompostagem é conhecido popularmente como vermicompostagem.



Figura 3.8: Minhocompostagem a partir de esterco bovino

Fonte: Autores

3.2.3.5 Incineração

A incineração é uma das tecnologias térmicas existentes para tratamento de resíduos, consistindo num processo químico de oxidação a altas temperaturas (geralmente acima de 900°C), em mistura com uma quantidade apropriada de ar e durante um tempo pré-determinado, que destrói, inertiza, reduz o volume ou recupera materiais, substâncias ou energia presentes em um resíduo. Existem vários tipos de incineradores, sendo o mais comum o de câmaras múltiplas.

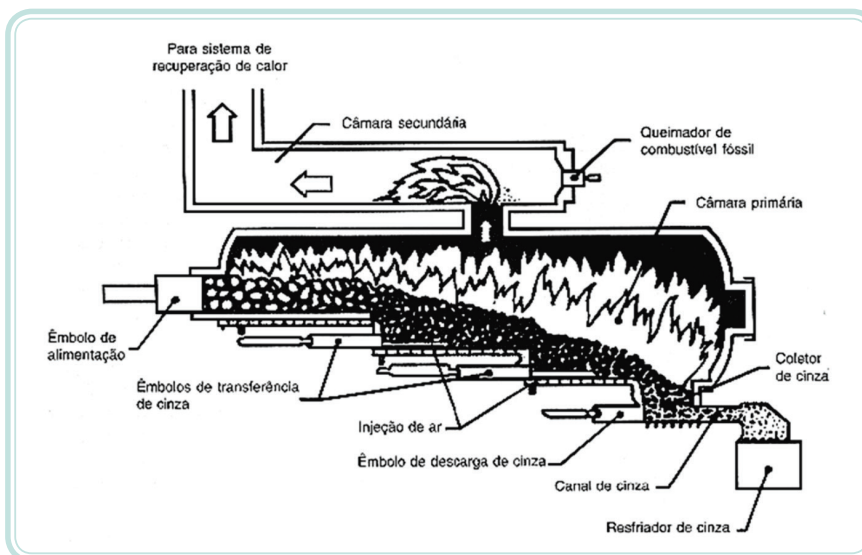


Figura 3.9: Incinerador de câmaras múltiplas

Fonte: D'Almeida e Vilhena, 2000

3.2.3.6 Disposição final

A disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos é definida pela Lei nº 12.305/2010, como disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.



Figura 3.10: Operação de um aterro sanitário

Fonte: Autores

As duas principais formas de disposição final são os aterros sanitários e os aterros industriais. O primeiro se destina a disposição dos resíduos sólidos urbanos (domésticos e de limpeza pública), enquanto o segundo objetiva a disposição de resíduos industriais perigosos. Os aterros sanitários e industriais possuem alguns elementos destinados à proteção ambiental, como: sistemas de drenagem de gases, líquidos percolados e águas pluviais, impermeabilização, entre outros.

A concepção atual preconiza que os aterros sanitários devem ser a última alternativa a ser utilizada na destinação dos resíduos sólidos, pois são as que trazem menos benefícios de ordem econômica, social e ambiental.

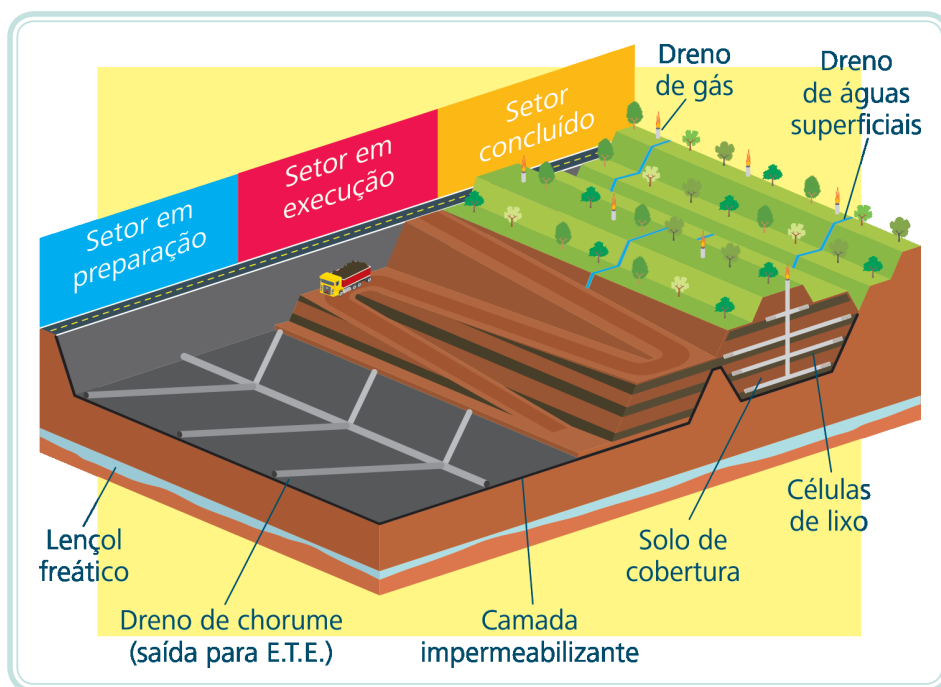


Figura 3.11: Fases construtivas de um aterro sanitário

Fonte: CTISM

3.3 Efluentes

Segundo a Resolução CONAMA nº 430, de 13/05/2011, efluente é o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos, enquanto esgoto sanitário é a denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos.

Os impactos ambientais do lançamento de efluentes não tratados em corpos hídricos estão relacionados principalmente com a redução do teor de oxigênio (que afeta diretamente o desenvolvimento da vida aquática) e com o processo de **eutrofização**. Dependendo da quantidade e da qualidade do efluente lançado, a capacidade de **autodepuração** do corpo receptor pode ficar comprometida.

3.3.1 Caracterização

Os esgotos domésticos são constituídos, basicamente, de água, matéria orgânica e constituintes inorgânicos (ânions cloreto, sulfato, nitrato e fosfato, e cátions de sódio, cálcio, potássio, ferro e magnésio). As características dos efluentes industriais dependem da composição das matérias-primas e do processo produtivo da fonte geradora, apresentando desta forma uma grande variabilidade em suas composições.

A-Z

eutrofização

Processo pelo qual os lagos tornam-se enriquecidos com nutrientes, resultando características indesejáveis na qualidade da água, tanto para abastecimento público como para recreação.

autodepuração

Restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos essencialmente naturais, após as alterações induzidas pelo lançamento de efluentes.

Os parâmetros escolhidos para a correta caracterização de determinado efluente devem atender a alguma premissas:



- Serem indicativos da carga poluidora.
- Servirem para definir processos de tratamento.
- Servirem para o dimensionamento da estação de tratamento.
- Atenderem ao programa de monitoramento estabelecido.
- Atenderem à legislação ambiental.

Os principais parâmetros físico-químicos de controle analítico de efluentes são: cor, turbidez, temperatura, pH, acidez, alcalinidade, dureza, metais, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes orgânicos e micropoluentes inorgânicos (metais pesados). Como parâmetros biológicos podemos citar: organismos indicadores, algas e bactérias.



Para conhecer todos os padrões de lançamento de efluentes consulte a Resolução CONSEMA nº 128/06 em:

http://www.sema.rs.gov.br/upload/resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONSEMA%20n%C2%BA%20128_2006%20-%20Fixa%C3%A7%C3%A3o%20de%20Padr%C3%B5es%20de%20Efluentes%20L%C3%ADquidos.pdf

Os efluentes, para serem lançados em corpos hídricos, devem atender a padrões de emissão, como os estipulados pela Resolução CONSEMA nº 128/2006, que dispõe sobre a fixação de padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Alguns padrões de lançamento são mostrados no Quadro 3.6.

Quadro 3.6: Padrões de lançamento de efluentes (exceto domésticos) em águas superficiais, segundo a Resolução CONSEMA 128/2006

Parâmetros	Unidade	Valor
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg O ₂ /L	400 ⁽¹⁾
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5 20°C)	mg O ₂ /L	180 ⁽¹⁾
Sólidos Suspensos (SS)	mg/L	180 ⁽¹⁾
Nitrogênio total	mg N/L	20 ⁽²⁾ ou eficiência mín de 75%
Fósforo total	mg P/L	4 ⁽²⁾ ou eficiência mín de 75%

⁽¹⁾ Para vazão de efluentes menor que 20 m³/dia

⁽²⁾ Para vazão de efluentes menor que 100 m³/dia

Fonte: CONSEMA nº 128/2006

Na maioria dos casos, o efluente não atende aos padrões de lançamento estabelecidos e desta forma não pode ser lançado em corpos hídricos, sem antes passar por tratamento adequado. As instalações utilizadas para este fim chamam-se Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs).

3.3.2 Tratamento de efluentes

As estações de tratamento de efluentes procuram reproduzir todo o complexo de reações que um corpo hídrico emprega na sua autodepuração, mas o fazem de forma controlada, sendo tais transformações realizadas em curto espaço de tempo em áreas reduzidas, quando comparadas aos processos naturais de autodepuração. Tratar efluentes é transformar seus componentes complexos em compostos simples, como sais minerais e CO₂.

Os processos de tratamento consistem em operações físicas, químicas e biológicas que têm a finalidade de remover substâncias indesejáveis ou transformar estas substâncias em outras formas mais aceitáveis.

A remoção dos poluentes no tratamento, de forma a adequar o lançamento a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente está associada ao conceito de nível e eficiência do tratamento, onde cada nível tem um objetivo próprio, conforme mostrado no Quadro 3.7

Quadro 3.7: Características dos principais níveis de tratamento de efluentes

Item	Nível de tratamento ⁽¹⁾		
	Preliminar	Primário	Secundário
Poluentes removidos	Sólidos grosseiros	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos sedimentáveis DBO em suspensão 	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos não sedimentáveis DBO em suspensão fina DBO solúvel Nutrientes (parcialmente) Patogênicos (parcialmente)
Eficiência de remoção	-	<ul style="list-style-type: none"> SS: 60 a 70% DBO: 30 a 40% Coliformes: 30 a 40% 	<ul style="list-style-type: none"> DBO: 60 a 99% Coliformes: 60 a 99%⁽³⁾ Nutrientes: 10 a 50%⁽³⁾
Mecanismo de tratamento predominante	Físico	Físico	Biológico
Cumprir o padrão de lançamento? ⁽²⁾	Não	Não	Usualmente sim
Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> Montante de elevatória Etapas iniciais de tratamento 	<ul style="list-style-type: none"> Tratamento parcial Etapas intermediárias de tratamento mais completo 	Tratamento mais completo para matéria orgânica e sólidos em suspensão (para nutrientes e coliformes, com adaptações e inclusão de etapas específicas)

Notas

⁽¹⁾ Uma ETE a nível secundário usualmente tem tratamento preliminar, mas pode ou não ter tratamento primário (depende do processo).

⁽²⁾ Padrão de lançamento tal como expresso na legislação. O órgão ambiental poderá autorizar outros valores para o lançamento, caso estudos ambientais demonstrem que o corpo receptor continuará enquadrado dentro da sua classe.

⁽³⁾ A eficiência de remoção poderá ser superior, caso haja alguma etapa de remoção específica.

Fonte: Von Sperling, 1996

O grau, porcentagem ou **eficiência de remoção** de determinado poluente no tratamento ou em uma etapa do mesmo é dado pela Equação 3.1:

Equação 3.1

$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100$$

Onde: E – eficiência de remoção (%)

C_o – concentração de entrada do poluente (mg/L)

C_e – concentração de saída do poluente (mg/L)

A seguir são listados os processos e operações mais utilizados para remoção dos principais contaminantes contidos nos efluentes líquidos.

Quadro 3.8: Classificação dos processos em função do tipo de contaminante

Contaminante	Operação ou sistema de tratamento
Sólidos grosseiros em suspensão	Crivos, grades e desintegradores.
Sólidos grosseiros sedimentáveis	Caixa de areia, centrífugas.
Óleos, graxas e substâncias flutuantes	Tanques de retenção de gordura, tanques de flotação e decantadores com removedores de espuma.
Material fino em suspensão	Tanques de flotação, tanques de precipitação química e filtro de areia.
Material orgânico-biodegradável	Irrigação em grande superfície, campo de nitrificação, filtros biológicos, lagoa de estabilização, lodos ativados e suas variações, tanques sépticos, sistemas físico-químicos.
Patogênicos	Cloração, ozonização, irrigação superficial.
Nitrogênio	Nitrificação e desnitrificação, arraste de amônia, troca de íons, irrigação superficial.
Fósforo	Adição de sais metálicos, coagulação e sedimentação com cal, eliminação biológica e química, irrigação superficial.
Metais pesados	Precipitação química, troca de íons, irrigação superficial.
Sólidos inorgânicos dissolvidos	Troca de íons, osmose reversa, eletrodialise.

Fonte: Von Sperling, 1996

3.3.2.1 Tratamento preliminar

Pode ser constituído dos seguintes equipamentos:

- **Grades** – dispositivos constituídos de barras metálicas paralelas igualmente espaçadas destinadas a reter papéis, estopas, trapos, detritos vegetais, pedaços de madeira, latas, plásticos, entre outros. O objetivo do gradeamento é a proteção dos equipamentos posteriores e dos corpos d'água receptores além da remoção parcial da carga poluidora.
- **Peneiras** – caracterizadas por disporem de aberturas menores que as grades, de 0,25 a 5,00 mm, sendo usadas para a remoção de sólidos

muito finos ou fibrosos. Em função do tipo de remoção do material, as peneiras podem ser classificadas em peneiras estáticas e móveis.

- **Caixa de areia** – destina-se a remover areia e outros detritos inertes e pesados. Este dispositivo tem por objetivo proteger os demais equipamentos de sofrer abrasão, reduzir as possibilidades de avarias e obstruções em unidades do sistema, facilitar o manuseio e transporte das fases líquida e sólida, ao longo dos componentes da ETE.
- **Flotador** – dispositivo destinado a remoção de sólidos flutuantes (óleos e graxas), sendo que esta operação pode ser feita em tanques simples chamados caixas de gordura, em dispositivos de remoção de gordura adaptados em decantadores primários, em tanques aerados ou em separadores de óleo.
- **Equalizadores/neutralizadores** – tanques com o objetivo de minimizar as variações de vazão e a concentração de DBO ou para regularizar o pH dos efluentes para posterior tratamento ou disposição. Estas operações podem ser realizadas no mesmo equipamento ou separadamente.

3.3.2.2 Tratamento primário

A principal finalidade do tratamento primário é remover sólidos sedimentáveis, através do abaixamento da velocidade do líquido, possível de ser realizada em decantadores primários. Alguns decantadores possuem dispositivos para remoção de espuma, principalmente gordura, não removida no tratamento preliminar, sendo chamados de floto-decantadores.



Figura 3.12: Decantadores primários circulares

Fonte: Autores

Neste equipamento, a capacidade de carreamento e de erosão do efluente é diminuída, até que as partículas em suspensão decantem pela ação da gravidade e não possam mais ser relevatadas pela ação erosiva, estando assim em condições de ser lançado nos corpos receptores ou de ser submetido a tratamento secundário.

3.3.2.3 Tratamento secundário

O tratamento secundário ou biológico de efluentes tem por objetivo principal a transformação de material orgânico complexo (energético), em compostos simples, sais minerais e CO_2 (pouco energéticos). É realizado através de reações enzimáticas promovidas por microrganismos que se desenvolvem sob condições controladas no processo.

Os processos de tratamento biológico podem ocorrer em ausência (anaeróbicos) ou presença de oxigênio (aeróbicos) ou ainda em processos facultativos, sendo que em qualquer caso as bactérias desempenham papel preponderante, como intermediários na reação.

A seguir são apresentados alguns processos de tratamento biológico de efluentes.

- **Lagoas de estabilização** – o nome lagoa de estabilização é usado para designar um grande número de processos de tratamento que têm em comum o fato de utilizar um enorme tanque artificialmente construído, com a finalidade de tratar efluentes, podendo ser de vários tipos, conforme o Quadro 3.9.



Figura 3.13: Lagoa de estabilização facultativa

Fonte: Autores

Quadro 3.9: Características, nível de tratamento e remoção de contaminantes por tipo de lagoa de estabilização

Tipo de lagoa	Características	Removem	Nível de tratamento
Aeróbia	Lagoas rasas (cerca de 0,50 m de profundidade) com algas e oxigênio dissolvido em toda profundidade.	Matéria orgânica, patogênicos	Secundário
Anaeróbia	Lagoas profundas (2,0 a 4,5 m de profundidade) que recebe grande carga de matéria orgânica (1500 - 2500 kg DBO/ha.dia). Não tem oxigênio dissolvido. Efluente escuro. Normalmente requer tratamento posterior (complementar).	Matéria orgânica, patogênicos	Primário e secundário
Facultativa	Lagoas com profundidade de 1,5 a 2,0 m que possuem duas regiões: uma anaeróbia superior e uma aeróbia inferior (uma camada de lodo permanece no fundo). Recebem carga com cerca de 250 kg DBO/ha.dia.	Matéria orgânica, patogênicos	Secundário
Maturação	Lagoas com cerca de 1,0 m de profundidade usadas após sistemas secundários de tratamento com o objetivo de melhorar o efluente.	Patogênicos e nutrientes	Terciário

Fonte: Von Sperling, 1996

- Lodos ativados** – neste processo procura-se intensificar a proliferação de microrganismos, principalmente bactérias, para que formem massas capazes de adsorver partículas em suspensão. Esta massa, denominada lodo, é altamente reativa, devido à grande quantidade de bactérias que possui, originando o nome lodo ativado. O sistema de lodos ativados é constituído por um tanque de aeração e um decantador. No tanque de aeração ocorrem as reações bioquímicas de estabilização, sendo as bactérias responsáveis pelo consumo do material orgânico. O suprimento de oxigênio necessário às bactérias é oriundo da injeção de ar ou de oxigênio puro. No decantador, o efluente tratado é separado do lodo. Uma parte do lodo ativado retorna ao processo e a outra é enviada para a destinação final.



Figura 3.14: Reatores (tanques de aeração) de um sistema de lodos ativados

Fonte: Autores

- **Reator anaeróbio com manta de lodo** – a matéria orgânica é estabilizada anaerobicamente por bactérias dispersas no reator. O fluxo do líquido é ascendente e a parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e coleta de gás. A zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema, aumentando a sua concentração no reator. Entre os gases formados inclui-se o metano. O sistema dispensa decantação primária, a produção de lodo é baixa, e o mesmo já sai estabilizado.

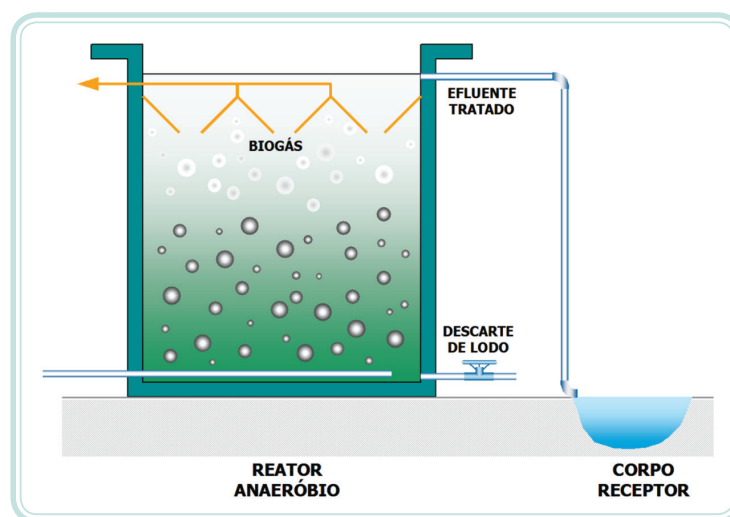


Figura 3.15: Esquema de funcionamento de um reator anaeróbio com manta de lodo
Fonte: Autores

3.3.2.4 Tratamento terciário

Em alguns casos, após o tratamento secundário é necessário realizar um tratamento específico em efluentes que ainda contenham poluentes como: nitrogênio, fósforo, coliformes fecais, metais, entre outros. Alguns processos terciários são listados a seguir:

- **Remoção de nitrogênio** – nitrificação/desnitrificação, separação com ar, troca iônica.
- **Remoção de fósforo** – precipitação química com coagulantes de alumínio e ferro ou cal.
- **Clarificação química** – coagulação com adição de sulfato de alumínio, aluminato de sódio, sulfato férrico ou cloreto férrico.
- **Desinfecção** – adição de cloro gasoso, hipoclorito de cálcio ou hipoclorito de sódio.

Resumo

Nesta aula, vimos que os poluentes atmosféricos podem ser classificados em particulados ou gasosos e em primários ou secundários e quais são seus efeitos sobre a saúde humana e o meio ambiente. Conhecemos também os padrões de emissão e de qualidade do ar, bem como algumas técnicas indiretas e diretas de controle de emissões atmosféricas.

A respeito dos resíduos sólidos, mostramos que os mesmos podem ser divididos em perigosos ou não perigosos e que esta classificação é fundamental para a definição do correto gerenciamento dos mesmos. Foram mostrados alguns conceitos relacionados aos principais processos de tratamento e disposição final de resíduos sólidos, bem como a importância da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010).

Por fim, no tema de efluentes líquidos, foram trabalhadas suas características gerais, principais impactos ambientais e padrões de emissão no estado do RS. Foram apresentadas as principais técnicas de tratamento de efluentes, desde o nível preliminar até o terciário.

Atividades de aprendizagem

Assinale a alternativa correta.



1. O SO_2 (dióxido de enxofre) é um poluente:
 - a) Particulado e um dos responsáveis pelo efeito estufa.
 - b) Gasoso e um dos responsáveis pela chuva ácida.
 - c) Gasoso e combina-se com a hemoglobina substituindo o oxigênio.
 - d) Gasoso e inodoro.
2. De acordo com o IQAr proposto pela FEPAM, uma concentração de 1.150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no ar atmosférico caracteriza uma qualidade do ar:
 - a) Má com nível de cautela perigoso.
 - b) Péssima com nível de cautela perigoso.

- c)** Má com nível de cautela muito insalubre.
 - d)** Péssima com nível de cautela muito insalubre.
- 3.** É considerada uma medida direta de controle de emissões atmosféricas:
- a)** O planejamento urbano.
 - b)** O aumento da altura de chaminés.
 - c)** A modificação de combustíveis.
 - d)** A instalação de precipitadores eletrostáticos.
- 4.** Os restos de alimentos e os resíduos de mineração são classificados, segundo a NBR 10004:2004, respectivamente como:
- a)** Classe I – perigosos tóxicos e classe IIA – não inertes.
 - b)** Classe IIA – não inertes e classe IIB – inertes.
 - c)** Classe IIB – inertes e classe I – perigosos reativos.
 - d)** Classe I – perigosos patogênicos e classe IIB – inertes.
- 5.** A etapa mais adequada do gerenciamento de resíduos para ser realizada a segregação na fonte é:
- a)** No momento de sua geração.
 - b)** No acondicionamento.
 - c)** No local de armazenamento.
 - d)** Durante o transporte.
- 6.** Segundo os princípios da prevenção a poluição, a ordem de prioridade para o gerenciamento de resíduos sólidos é:
- a)** Reutilização/reciclagem – recuperação energética – eliminação – minimização – tratamento – disposição final.

- b)** Disposição final – tratamento - reutilização/reciclagem – recuperação energética – eliminação – minimização.
 - c)** Reutilização/reciclagem – tratamento – disposição final – recuperação energética – eliminação – minimização.
 - d)** Eliminação – minimização – reutilização/reciclagem – recuperação energética – tratamento – disposição final.
- 7.** São considerados impactos decorrentes do lançamento de efluentes líquidos não tratados em corpos hídricos:
- a)** Eutrofização e redução do teor de oxigênio.
 - b)** Eutrofização e autodepuração.
 - c)** Redução da biodiversidade aquática e autodepuração.
 - d)** Redução da biodiversidade aquática e oxigenação do corpo hídrico.
- 8.** São parâmetros químicos de qualidade de águas:
- a)** Odor, matéria orgânica, ph e nitrogênio.
 - b)** Matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e dureza.
 - c)** Fósforo, metais, dureza e algas.
 - d)** Temperatura, oxigênio dissolvido, cloretos e nitrogênio.
- 9.** O nível de tratamento que tem por objetivo remover sólidos sedimentáveis, através do abaixamento da velocidade do efluente é o:
- a)** Preliminar.
 - b)** Primário.
 - c)** Secundário.
 - d)** Terciário.

10. A respeito dos processos de tratamento biológico de efluentes. A alternativa correta é:

- a)** As lagoas anaeróbias são rasas.
- b)** As lagoas aeróbias são profundas.
- c)** Os lodos ativados são processos aeróbios.
- d)** Os reatores anaeróbios produzem muito lodo.

Aula 4 – Tecnologias de tratamento de resíduos – parte 2

Objetivos

Reconhecer as características dos principais resíduos, efluentes e emissões geradas nos processos de produção de biocombustíveis, bem como as técnicas e procedimentos utilizados para tratamento e aproveitamento dos mesmos.

4.1 Produção de biocombustíveis e geração de resíduos

A produção de biocombustíveis é caracterizada como uma atividade potencialmente poluidora pois é geradora de resíduos, sejam na forma sólida (resíduos sólidos), líquida (efluentes líquidos) ou gasosa (emissões atmosféricas). Esta geração se dá desde a fase de produção primária (agrícola) das culturas utilizadas (cana-de-açúcar, mamona, girassol, soja, etc.) até a fase de produção industrial do combustível.

Na fase de produção agrícola, os principais resíduos gerados são restos vegetais das culturas, que se constituem em **biomassa** e são geralmente utilizados como fonte energética na própria planta industrial de produção do biocombustível. A seguir são apresentadas algumas fontes de biomassa com seus respectivos processos de conversão energética.

Já na fase industrial, além de resíduos sólidos, são gerados também efluentes líquidos e emissões atmosféricas. As características dos resíduos sólidos são dependentes principalmente do tipo de processamento industrial empregado para obter um determinado tipo de biocombustível (diesel, álcool, biogás). Os efluentes líquidos possuem como principal característica a presença de material orgânico e de óleos e graxas. As emissões atmosféricas podem ser constituídas dos mais diversos poluentes.

Muitos resíduos constituem-se atualmente em subprodutos, devido à possibilidade de aproveitamento e valorização econômica dos mesmos. A seguir serão descritas algumas formas de tratamento e aproveitamento dos principais resíduos e subprodutos gerados na obtenção de biocombustíveis.

A-Z

biomassa

Todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar.

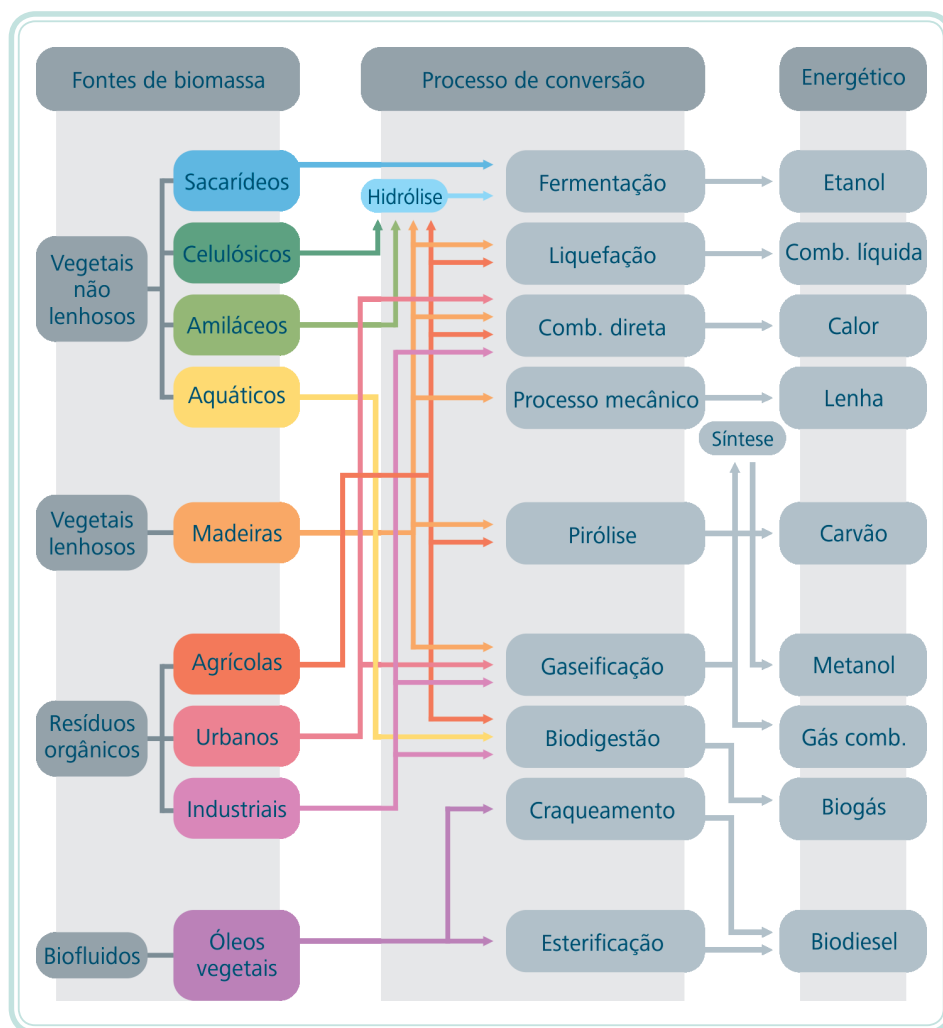


Figura 4.1: Processos de conversão energética de biomassa

Fonte: CTISM, adaptado de Brasil, 1982

4.2 Resíduos agrícolas

Durante a produção agrícola das culturas que darão origem ao biocombustível são gerados resíduos sólidos, denominados, resumidamente, como resíduos vegetais constituídos de palhas, cascas, folhas e caules.

Devido ao seu poder calorífico (média de 15,7 MJ/kg de matéria seca), tais resíduos vêm sendo utilizados para produção de energia nas instalações industriais de produção de biocombustíveis, trazendo benefícios econômicos e ambientais a cadeia produtiva.

Quando o transporte destes resíduos até a planta industrial não se torna viável é comum o aproveitamento destes resíduos na própria lavoura, sendo incorporado diretamente no solo ou sendo compostado juntamente com outros resíduos orgânicos.

Além das citadas anteriormente, outras formas de aproveitamento dos resíduos agrícolas são:

- Compactação em briquetes ou *pallets*.
- Produção de carvão utilizado para carbonização de lenha.
- Produção de carvão ativo.

4.3 Glicerina

O termo glicerina refere-se ao glicerol na forma comercial, com pureza acima de 95%. O glicerol ou propano-1,2,3-triol é líquido à temperatura ambiente (25°C), higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado. O glicerol está presente em todos os óleos e gorduras de origem animal e vegetal em sua forma combinada, ligado a ácidos graxos (ácido esteárico, oleico, palmítico e láurico) para formar a molécula de triacilglicerol. O glicerol é gerado na produção de biodiesel, durante o processo de transesterificação.

A glicerina é considerada uma matéria-prima de alto valor agregado, sendo empregada em uma ampla variedade de produtos na indústria de cosméticos, produtos químicos, alimentícia e farmacêutica.

A glicerina pode ser ainda utilizada como matéria-prima para a produção de:

- Etanol, para ser utilizado no próprio processo de transesterificação.
- Propeno, para produção de plástico (polipropileno).
- Éteres, a serem usados como aditivos na gasolina e diesel.

4.4 Resíduos da produção de etanol

4.4.1 Bagaço

O bagaço da cana-de-açúcar é um resíduo fibroso gerado na extração do caldo de cana. A quantidade produzida depende do teor de fibra da cana processada que apresenta, em média, 46% de fibra e 50% de umidade, resultando, aproximadamente, em 280 kg de bagaço por tonelada de cana processada.

As próprias usinas utilizam de 60% a 90% desse bagaço como fonte energética (para substituir o óleo combustível no processo de aquecimento das caldeiras) e para a geração de energia elétrica.

Outra utilização do bagaço de cana-de-açúcar se dá na produção de polpa celulósica para fabricação de papel.

4.4.2 Torta de filtro

A torta de filtro é um resíduo com alto teor de material orgânico e minerais (nitrogênio, fósforo e cálcio), gerado na clarificação do caldo de cana (filtração mecânica), sendo produzido em média de 20 a 40 kg por tonelada de cana processada.

Algumas possibilidades de aproveitamentos deste material são:

- Fabricação de ração animal.
- Extração de cera com solventes orgânicos para substituir diferentes tipos de ceras naturais e derivadas do petróleo.
- Produção de fertilizante orgânico através do processo de compostagem.

4.4.3 Vinhaça

A vinhaça ou vinhoto é o principal subproduto da fermentação alcoólica, fluindo da base das colunas de destilação, na produção do álcool bruto, na proporção de 10 a 14 L/L de álcool. A matéria orgânica é o principal constituinte da vinhaça, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, cátions como o K, Ca e Mg.

Segundo Reguly (1998), as soluções para o tratamento e recuperação da vinhaça incluem:

- Reciclagem, sob a forma de diluente de novos mostos ainda por fermentar.
- Tratamento biológico anaeróbio.
- Aplicação por fertirrigação em lavouras diversas.

4.4.4 Óleo fúsel

O óleo fúsel é um subproduto da destilação do álcool, retirado da coluna referente à zona de retificação. Em média, o óleo fúsel representa 0,3% da

produção total de álcool, onde deste, 50% ou mais, pode ser representado pelo pentanol, na forma de **álcool amílico ativo** e de **álcool isoamílico**, tendo utilizações como:

- Aditivação.
- Indústria de tintas, solventes e vernizes de cura térmica.
- Indústria de fibras sintéticas.

4.5 Efluentes líquidos

Os efluentes líquidos da indústria alcooleira são gerados em diversas etapas do processo, como: lavagem da cana-de-açúcar, colunas barométricas, condensadores e lavagem de pisos e equipamentos.

A água de lavagem da cana é considerada, depois da vinhaça, um dos efluentes mais poluentes da indústria da cana-de-açúcar, devido ao arraste de açúcar, cana, terra e palha. Em geral é reutilizada no processo de embebição, no processo de lavagem e até mesmo como fertilizante, devido ao alto teor de componentes orgânicos.

A produção de biodiesel gera efluentes com características bem específicas, onde se destacam: sólidos dissolvidos, DBO, óleos e graxas. Tais efluentes devem sofrer tratamento (conforme descritos na Aula 3) antes de serem lançados ao meio ambiente.

Da mesma forma que ocorre aproveitamento e valorização dos resíduos sólidos, sempre que possível, deve-se buscar a reutilização (reuso) dos efluentes líquidos. O reuso de efluentes consiste na utilização planejada de efluentes tratados (ou não), conduzidos ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos, proporcionando economia no consumo de água para a indústria. Como exemplo de reuso, temos a utilização de efluentes em etapas de lavagem de pisos e equipamentos e fechamento de circuitos de geração de vapor.

4.6 Emissões atmosféricas

A geração de emissões atmosféricas para produção de biocombustível inicia na produção agrícola, devido a queima de combustível em máquinas agrícolas

A-Z

álcool amílico ativo

É um líquido incolor de densidade 0,8247 g/cm³ (0°C), levemente solúvel em água, facilmente solúvel em álcool, éter, clorofórmio e benzeno.
Nome químico:
2-metil-1-butanol.

álcool isoamílico

Possui propriedades semelhantes com o amílico ativo, diferenciando-se apenas pela posição da ramificação na cadeia carbônica. Nome químico:
3-metil-1-butanol.

para as práticas de preparo do solo e eventuais queimadas pós colheita da cana-de-açúcar. Esta última prática apesar de trazer sérios problemas de poluição atmosférica, reduz consideravelmente a fertilidade do solo. O controle destas emissões deve se dar de forma indireta e preventiva.

Já no processamento, podemos identificar a geração de emissões atmosféricas em operações como a limpeza e preparação das sementes, processamento do farelo e queima de combustíveis para geração de energia. Além de medidas indiretas, podem ser utilizados equipamentos específicos para retenção dos poluentes gerados.

Resumo

Nesta aula, vimos que a atividade de produção de biocombustíveis gera resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas e que os resíduos sólidos gerados dependem do processo industrial e do biocombustível produzido.

Mostramos também que os principais resíduos sólidos e efluentes líquidos gerados têm alternativas de aproveitamento viáveis do ponto de vista ambiental e econômico e que na maioria das vezes é realizada a reciclagem destes resíduos na própria planta industrial de produção do biocombustível. Não menos importantes identificamos as principais emissões atmosféricas geradas no processo de produção de biocombustíveis.



Atividades de aprendizagem

1. Cite 4 processos de conversão energética de biomassa.
2. Marque V (verdadeiro) ou F (falso). Em relação ao glicerol podemos dizer que:
 - () Ele está presente apenas nos óleos e gorduras de origem animal, ligado a ácidos graxos.
 - () É um subproduto da produção do biodiesel, gerado durante o processo de transesterificação.
 - () É um subproduto de alto valor agregado, podendo ser utilizado na indústria de cosméticos, produtos químicos, alimentícia e farmacêutica.

3. Relacione os resíduos com as respectivas etapas do processo de produção de etanol.

(1) Bagaço. Clarificação do caldo de cana.

(2) Torta de filtro. Fermentação alcoólica.

(3) Vinhaça. Destilação do álcool.

(4) Óleo fúsel. Extração do caldo de cana.

4. Em que etapas da produção de etanol podem ser gerados efluentes líquidos?

5. Quais os poluentes típicos encontrados em efluentes líquidos gerados na produção de biodiesel?

6. Em quais etapas da fase agrícola de produção de biocombustível ocorrem principalmente a geração de emissões atmosféricas?

Referências

AMABIS, J. M.; MARTHO G. R. **Biologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2004. v. 3, 438 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004:2004**. Resíduos sólidos: classificação. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

BRAGA, B., et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 336 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional – BEN**. Brasília: MME, 1982.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 03, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial da União**. Brasília, Seção 1, p. 15.937-15.939, 22 ago. 1990.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 22 mar. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 382, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. **Diário Oficial da União**. Brasília, Seção 1, p. 131-137, 02 jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, Seção 1, p. 3-8, 03 ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, Seção 1, p. 89-91, 16 mai. 2011.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

HAECKEL, E. Über entwicklungsgang und aufgabe der zoologie. **Jenaische Zeitschrift für Medizin und Naturwissenschaft** 5:353-370, 1869. Apud ODUM, E. P. **Ecologia**. Trad. Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1988. 434 p.

LIMA, E. P. P. **Controle de emissões atmosféricas**. 5. ed. Pelotas: IFSUL Campus Pelotas, 2010.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia**. São Paulo: Editora Ática, 2008. 552 p.

MACINTYRE, A. J. **Ventilação industrial e controle da poluição**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1990.

REGULY, J. C. **Biotecnologia dos processos fermentativos**. v. 2. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 1998.

RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). Resolução nº 128, de 24 de novembro de 2006. Dispõe sobre a fixação de padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 07 dez. 2006.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Trad. Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1988. 434 p.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. Trad. Pégasus Sistemas e Soluções. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 612 p.

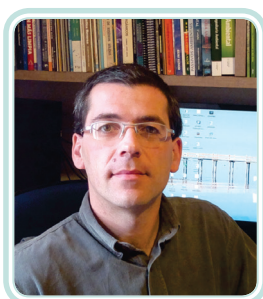
VESILIND, P. A. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996. 452 p.

Currículo do professor-autor



Volnei Knopp Zibetti graduou-se no Curso de Bacharelado em Ecologia – UCPel, em 2009. Professor substituto no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), Campus Visconde da Graça, nos Cursos Técnico em Meio Ambiente e Superior de Tecnologias em Gestão Ambiental. Especialista em Educação Profissional. Mestre em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, na Universidade Federal de Pelotas – UFPel, e doutorando no mesmo programa. Atua como pesquisador-colaborador em projetos relacionados à produção de insumos orgânicos a partir da compostagem e minhocompostagem e utilização de plantas bioativas em controle biológico, desenvolvidos na Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas-RS.



Endrigo Pino Pereira Lima graduou-se no Curso de Licenciatura Plena em Química – UFPel, em 2001. Mestre em Controle de Poluição Agroindustrial/UFPel, em 2003 e Doutorando em Desenvolvimento Rural Sustentável/UFPel. Auditor Líder ISO 14.000 pela ATSG. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), Campus Pelotas, nos Cursos Superiores de Tecnologia em Gestão Ambiental e Tecnologia em Saneamento Ambiental. Atuou como professor formador no Curso Superior de Tecnologia em Sistemas para Internet – modalidade EaD e na equipe de coordenação do Curso de Especialização em Educação – modalidade EaD, ambos pelo sistema UAB. Atua em projetos de pesquisa e extensão nas áreas de: Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Monitoramento Ambiental e Produção mais Limpa.