Máriam Trierveiler Pereira

CALENDÁRIO AMBIENTAL E

METODOLOGIAS [...]ATIVAS:

PROPOSTA PARA UMA NOVA EDUCAÇÃO

EDITORA
IFPR

Máriam Trierveiler Pereira

CALENDÁRIO AMBIENTAL E

METODOLOGIAS [...]ATIVAS:

PROPOSTA PARA UMA NOVA EDUCAÇÃO

Curitiba
2021

CALENDÁRIO AMBIENTAL E

METODOLOGIAS [...]ATIVAS:

PROPOSTA PARA UMA NOVA EDUCAÇÃO

EDITORA
IFPR

Curitiba
2021

INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO, PESQUISA,
PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

Obra
Calendário ambiental e metodologias [...]ativas
proposta para uma nova educação

Autora
Máriam Trierveiler Pereira

Reitor do IFPR
Odacir Antonio Zanatta

Presidente da Editora IFPR
Marcelo Estevam

Vice-Presidente da Editora IFPR
Leandro Rafael Pinto

Coordenadora Editorial
Aline Cecília Ximenes de Andrade Bilbao

Direção Científica do Comitê Multidisciplinar
Dr. Igor Cardoso Pescara

Conselho Editorial Científico
Dr. Adriano Willian da Silva – Ciências Exatas e da Terra
Dra. Aline Tschoke – Ciências da Saúde
Dra. Flávia Torres Presti – Ciências Biológicas
Dr. Igor Cardoso Pescara – Multidisciplinar
Dra. Joyce Luciane Correia Muzi – Linguística, Letras e Artes
Dra. Patrícia Meyer – Ciências Sociais Aplicadas
Dra. Rosane de Fátima Batista Teixeira – Ciências Humanas
Dr. Valter Roberto Schaffrath – Ciências Agrárias
Dr. Wilerson Sturm – Engenharias

Prefácio
Amarildo Pinheiro Magalhães

Revisão
Samuel Ronobo Soares

Capa e Contracapa
Ronaldo Cunha da Conceição

Diagramação e Projeto Gráfico
Ronaldo Cunha da Conceição (IFAC)

Parceria
Editora Ifac (EDIFAC)

Equipe Técnica Editorial
Aline Cecília Ximenes de Andrade Bilbao
Barbara Rocha Bittencourt Sallaberry
Elisson Mildemberg
Julia da Silva Rocha (Estagiária)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P436 Pereira, Máriam Trierveiler
Calendário ambiental e metodologias [...] ativas: proposta para uma nova educação / Máriam Trierveiler Pereira. – Curitiba: Editora IFPR, 2021.
327 p. ; il. color.
Inclui bibliografias.
E-book.

ISBN: 978-65-88493-19-9

1. Educação ambiental. 2. Datas comemorativas. I. Título.

Bibliotecária Responsável: Bárbara Rocha Bittencourt Sallaberry – CRB 9/1864

Ficha técnica:

Máriam Trierveiler Pereira

Natural de Londrina – PR, graduou-se em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná. É especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho e Mestre em Engenharia Ambiental também pela Universidade Federal do Paraná, e Doutora em Engenharia Química (Gestão, Controle e Preservação Ambiental) pela Universidade Estadual de Maringá. Atua como docente em diversos níveis e modalidades desde 2000 e em 2010 ingressou como professora do IFPR.

Amarildo Pinheiro Magalhães

Natural de Loanda – PR, licenciou-se em Letras pela Faculdade Estadual de Educação Ciências e Letras de Paranavaí. É Mestre e Doutor em Letras (Estudos Linguísticos) pela Universidade Estadual de Maringá. Atua na educação desde 1994 em funções administrativas, pedagógicas e de docência. Desde 2010 é servidor do IFPR. Atualmente exerce a função de Pró-reitor de Ensino da instituição.

Revisão textual:

Samuel Ronobo Soares

Natural de Astorga – PR, graduou-se em Letras/Português pela Universidade Estadual de Maringá. É Mestre em Letras (Estudos Literários) pela Universidade Estadual de Maringá e Doutor em Letras (Literatura) pela Universidade Estadual de Londrina. Atualmente, é professor de Língua Portuguesa do Instituto Federal do Paraná-campus Umuarama. Tem interesse pelos temas sustentabilidade e literatura, práticas sociais e escolares de ensino de literatura.

Fotos:

Larissa Trierveiler Pereira

Natural de Londrina – PR, cursou Ciências Biológicas na Universidade Federal de Santa Catarina. É Mestre em Biologia de Fungos pela Universidade Federal de Pernanbuco e Doutora em Botânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com estágio sanduíche no *National Museum of Nature and Science*, Tsukuba, Japão. Também possui pós-doutorado pelo Instituto de Botânica (IBt-SP). Atualmente é professora de ensino superior na Universidade de São Carlos e atua principalmente nas áreas de taxonomia, sistemática e filogenia de macrofungos e divulgação científica. Também se interessa por fotografia e já teve fotografias premiadas em Congressos de Micologia e fotografias publicadas em selos pela Empresa Brasileiros de Correios.

Mariléa Trierveiler Pereira

Natural de São Pedro de Alcântara – SC. Graduada em Jornalismo na Universidade Federal do Paraná. Atuou profissionalmente no Jornal Diário do Paraná, em Curitiba, e no Jornal O Companheiro, em Maringá. Tem experiência em fotografia jornalística e fotos documentais e artísticas de templos religiosos. Suas áreas de interesse são jornais impressos, escrita, fotografia e viagens.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer às pessoas que estiveram presentes na elaboração dos primeiros textos deste livro, em especial àqueles que leram e contribuíram com enriquecedoras sugestões, com grande carinho: aos meus amados pais, Amilton e Mariléa; aos meus queridos irmãos Marcelo, Larissa e Luana; ao meu marido Odacir; aos grandes amigos D. Hebe, S. Benjamim e Vanessa Resende, ao Prof. MSc. Cássio Fabian Sarquis Campos (UNOESTE), ao Prof. Dr. Carlos Mello Garcias (PUC-PR), à Profª Drª Cláudia Eugenia Castro Bravo (UTFPR), ao Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki (UTFPR), ao Prof. Dr. Juliano Baltazar (UEM), ao Prof. MSc. Júnior Cezar Castilho (IFPR), ao Prof. Dr. Lincoln Kotsuka da Silva (IFPR), ao Prof. Dr. Samuel Ronobo Soares (IFPR), à Profª Drª Stella Alonso Rocha (IFPR), à Profª Drª Ticiane Sauer Pokrywiecki (UTFPR) e ao Prof. Dr. Genebaldo Freira Dias (UCB).

Agradeço também ao Prof. Dr. Amarildo Pinheiro Magalhães, sempre inspirador, pela honra do Prefácio; e ao Prof. Dr. Samuel Ronobo Soares, grande amigo e parceiro de caminhada, pela revisão textual.

Meus agradecimentos à Editora do IFPR e toda sua competente equipe, assim como aos revisores anônimos deste manuscrito.

Por fim, expresso minha gratidão a todos que foram citados como referência por terem dedicado seus tempos a pesquisas que viabilizaram o referencial teórico desse material. E a tantos anônimos com quem sempre aprendo.

Para Flora, José, Petronila e Orlando (in memoriam),
meu passado;
Amilton, Mariléa, Marcelo, Larissa, Luana e Odacir,
meu presente;
Augusto, Estevan e Helena,
meu futuro.

Quem, de três milênios,
não é capaz de se dar conta
Vive na ignorância, na sombra,
à mercê dos dias, do tempo.
Goethe (2020, p. 114)

PREFÁCIO

Há que se cuidar do broto
Pra que a vida nos dê flor e fruto
(Milton Nascimento e Wagner Tiso)

Broto, flor e fruto são elementos que metaforicamente emergem deste texto da Professora Máriam Trierveiler Pereira, produzido, como ela mesma assinala, em um momento em que a humanidade tem sido submetida a um longo e rigoroso inverno existencial e sanitário em função da pandemia de covid-19. Se é fato que para haver brotos é necessário cuidar das raízes, o leitor tem diante de si, nesta obra, a expressão do mais profundo enraizamento no compromisso com a preservação, manutenção e proliferação da vida em suas mais diversas formas, sustentado pelo cuidado epistemológico da pesquisadora e pelo compromisso político-pedagógico da educadora.

Para isso, a autora não se contenta na superficialidade da proposição de uma série de atividades entretecidas pelo fio da educação ambiental, mas ocupa-se de consistentes e profundas camadas em que se fixam as raízes que nutrem e sustentam as discussões das quais dependem a continuidade da vida no planeta. Assim, somos conduzidos, de forma leve e cuidadosa, pela dinâmica e a complexidade das teias teóricas e epistemológicas sobre o nem um pouco ingênuo e transparente conceito de meio ambiente. Isso propicia o rompimento com a memória e os já-ditos a partir dos lugares comuns do discurso ambiental para perceber as suas bases a partir do lugar construtor de paradigmas que é a ciência. Nesse itinerário meticulosamente organizado, ao se chegar às propostas do calendário ambiental, temos já o olhar devidamente preparado para enxergá-lo como ele precisa ser visto e a nossa mente está já ávida por continuar bebendo das fontes que se multiplicam ao longo do texto.

No compasso e na firme delicadeza de quem faz sutilmente o caminhar converter-se em bailar, somos tomados, no percurso de leitura proposto, a contemplar a centralidade do tema da vida. A partir da consistência científica que aponta para os processos bioquímicos que permitiram a existência da multiplicidade dos seres vivos, somos seduzidos a perceber-nos de forma diferente no mundo, como seres ambientais plenamente interdependentes das demais formas de vida e a elas profundamente entrelaçados. Percepção essa que exige que mudança de rota, atualização de rumos, substituição das lentes com que enxergamos a nós mesmos e aos demais seres com que dividimos o planeta, no mais profundo e grego sentido da palavra metanoia.

Como expressão da sensibilidade pedagógica que a nutre, a obra põe também em evidência o arcabouço da proposta educativa que objetiva produzir não apenas o saber sobre, o mero tomar consciência da existência de uma discussão ou de um campo de estudos da contemporaneidade, mas que pretende formar o necessário protagonismo de cada pessoa, sobretudo dos estudantes, em relação efetividade do conhecimento na condução das atitudes. Nesse movimento, as consistentes explicações e reflexões sobre as metodologias ativas trazem a força necessária para se fazer diferente, com maior liberdade, criatividade e autonomia aquilo que é dever de educadores e instituições de ensino: educar os sujeitos para a relação adequada, equilibrada e justa com o meio ambiente.

Nutrido por esse conjunto de raízes, o calendário ambiental brota e ganha robustez com uma abordagem que privilegia a sistematização do conhecimento de altíssima qualidade, mas perfeitamente acessível ao público menos especializado. Abre-se, assim, a possibilidade de um tratamento menos ingênuo e mais inteligentemente engajado a respeito dos temas suscitados por cada uma das datas. Estas se tornam como que portas-passaportes para a largueza do saber científico que perpassa a complexidade da discussão-ação que devem surgir a partir de cada marco temporal, não como memória a ser congelada e só retomada no ano seguinte, mas como problema a ser enfrentado e solução a ser perseguida.

Como proposta que se quer possível para o trabalho na educação básica, as construções científicas consistentes e atuais são coroadas pelo cuidado com o fazer da sala de aula. Nesse sentido, as atividades, textos, materiais e práticas sugeridos constituem-se como novas sementes que brotarão do chão das mais diversas instituições de ensino a que este livro alcançar.

É fato que o termo calendário nunca mais será o mesmo a partir do contato com a proposta que floresce neste livro. Porém, esta é uma obra que se desenvolve a partir da ideia do tempo. Assinala, na tirania do *Chronos* que nos devora, a possibilidade de se construir o *Kairós* o tempo oportuno de não mais nos autodevorarmos e consumirmos à exaustão os recursos da mãe Gaia, mas de aproveitarmos as oportunidades que nos vêm ao encontro e deixar brotar, florescer e frutificar a vida que valha a pena para todos nós, passageiros desta nave a que chamamos Terra.

Não há dúvidas de que a vida, na complexidade dos fios que tecem esse termo, há produzir belas flores, saborosos e abundantes frutos a partir deste broto árdua e ternamente cultivado.

Amarildo Pinheiro Magalhães
Curitiba, novembro de 2020

PREFÁCIO DA AUTORA

Após quatro anos da publicação do primeiro livro sobre esse assunto, durante a pandemia histórica instalada pela Covid-19, na qual fomos obrigados ao isolamento social por medidas de segurança, senti a necessidade de atualizar as informações, ampliar a discussão e publicar novo material. Como esse texto trata de questões ambientais, não se podem excluir as doenças desse contexto, pois todo o planeta age de forma inter-relacionada. É em momentos como esses, assim como foi há cem anos durante a gripe espanhola, que temos tempo para parar de girar em círculos em nossa louca rotina e pensar sobre nossa frágil existência.

Desse modo, a pandemia nos mostra, no mínimo, que não somos uma sociedade autossuficiente e que seres microscópicos polêmicos[1] como os vírus podem acabar com nossa milenar economia. Não que isso seja muito importante, principalmente se considerarmos a escala geológica da Terra e da evolução da vida como preciosidades do planeta, mas a humanidade chegou à era espacial, da inteligência artificial e da biotecnologia às custas de muito esforço coletivo, e um minúsculo ser patogênico pode ser responsável por uma crise sem precedentes. Então, essa é a hora que devemos nos mostrar solidários e pacíficos e quando chegarmos ao "novo normal", deveremos estar intimamente reformados para o grande desafio que se apresentará.

Enquanto a situação de pandemia não termina, encontramos imensa dificuldade de adaptabilidade. As donas de casa foram obrigadas a se tornarem professoras, os professores foram obrigados a se tornarem *youtubers* e as crianças e bebês se tornaram o momento fofura de reuniões. Isso ocorreu, literalmente, de um dia para o outro, sem aviso, sem preparo, sem vocação, involuntariamente. Mas devemos encarar esse período como um "treino para o futuro". A partir de agora, a única certeza que temos é que o resto de nossas vidas será de constantes, profundas e rápidas transformações.

Essa obra se diferencia de outras sobre educação ambiental porque agrupa, em uma proposta calendarizada, as diversas datas para reflexão sobre nossas práticas educacionais, e também como cidadãos. Dessa forma, sugiro como currículo a utilização desses assuntos ao longo do ano em um projeto pedagógico integrado com metodologias participativas e colaborativas em todo ambiente escolar e na comunidade onde está inserido, cumprindo o disposto na Lei nº 9.795/99 (Política Nacional de Educação Ambiental).

---

[1] Existem vertentes filosóficas opostas e a ciência não é unânime em dizer se os vírus são seres vivos ou não-vivos.

Entendo que a Educação Ambiental (EA) não deve acontecer em uma disciplina com esse nome, pois o estudante se verá "obrigado a tirar nota e passar na matéria", e o processo não terá sido construtivo, reflexivo e contínuo, mas sim, forçoso, involuntário e pontual. Isso seria contrário aos próprios princípios da EA, tão ilógico quanto a dobra de uma bula de remédio. Portanto, acredito que a EA deva ser um fio dourado que borda as diversas disciplinas curriculares, todas unidas por uma amálgama chamada sustentabilidade.

Logo, o principal público-alvo desse livro são docentes do ensino fundamental e médio, entretanto, serve também como material de consulta para pesquisas nas áreas multidisciplinar e interdisciplinar de educação, de ensino e de ciências ambientais. Obviamente, o texto é básico e não esgota cada assunto, porém apresenta referências que podem servir como fontes para atualização.

A leitura desse material não precisa ser feita sequencialmente, de maneira linear, pois cada tópico é independente e sem pré-requisito. Portanto, o leitor pode escolher, a seu critério, a seção que mais lhe apraz ou necessita naquele momento.

Bem-vindos ao maravilhoso e apaixonante planeta Terra. E que sua jornada de leitura seja tão prazerosa e construtiva quanto foi para mim ao escrevê-la.

M.T.P.Z.
Curitiba, primavera de 2020.

Sumário

INTRODUÇÃO 15

1. Conscientização ou conversão ambiental? 23

2. Paradigma da complexidade e metodologias [...]ativas de ensino e aprendizagem 29

3. Calendário ambiental 59

3.1. Dia do Controle da Poluição Por Agrotóxicos (11 de janeiro) 66

3.2. Dia Nacional de Conscientização das Mudanças Climáticas (16 de março) 72

3.3. Dia Mundial da Água (22 de março) 81

3.4. Dia Nacional da Conservação do Solo (15 de abril) 97

3.5. Dia Mundial do Planeta Terra (22 de abril) 107

3.6. Dia Mundial do Sol (3 de maio) 125

3.7. Dia Mundial das Abelhas (20 de maio) 134

3.8. Dia Mundial da Biodiversidade (22 de maio) 145

3.9. Dia Mundial do Meio Ambiente (5 de junho) 157

3.10. Dia Mundial dos Oceanos (8 de junho) 168

3.11. Dia Mundial contra Desertificação (17 de junho) 182

3.12. Dia da Proteção das Florestas (17 de julho) 189

3.13. Dia Nacional do Combate à Poluição Industrial (14 de agosto) 201

3.14. Dia Mundial para Preservação da Camada de Ozônio (16 de setembro) 217

3.15. Dia Nacional da Árvore (21 de setembro) 226

3.16. Dia Mundial dos Animais (4 de outubro) 240

3.17. Dia Nacional da Ave (5 de outubro) 252

3.18. Dia Nacional do Rio (24 de novembro) 262

4. Considerações finais 278

5. Sugestões de livros e filmes para docentes e discentes 281

5.1. Sugestão de livros para docentes 281

5.2. Sugestão de livros para discentes 285

5.3. Sugestões de filmes para docentes e discentes 287

5.3.1. Filmes de longa metragem 288

5.3.2. Filmes de curta metragem 294

REFERÊNCIAS 299

INTRODUÇÃO

Estalagmites e estalactites na Caverna do Diabo, Eldorado – SP
Fonte: Máriam Trierveiler Pereira

Atualmente, o tema "meio ambiente" é assunto veiculado todos os dias em todos os meios de comunicação e instituições de ensino. Não se pode afirmar com precisão, entretanto, que essa exposição seja devido à grande importância que este assunto tem para todas as pessoas. Há quem fale sobre o meio ambiente para obter vantagens próprias, sendo elas políticas, econômicas ou sociais, onde o interesse final é muitas vezes o aumento de capital ou poder. Outros falam sobre o meio ambiente simplesmente por se tratar de um tema atual.

Para se ter uma ideia de como o assunto é recente, basta observar a evolução dos estudos e dos discursos a partir da década de 60, tendo como marco a publicação do livro *Primavera Silenciosa* (CARSON, 1962). Nessa publicação, a autora denunciou os efeitos deletérios de agroquímicos no meio ambiente e nos seres vivos, o que levou, progressivamente, à proibição do pesticida DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) em escala mundial.

Entre as décadas de 60 e 70, o cientista inglês James Lovelock, como consultor da agência espacial norte-americana NASA (sigla em inglês para Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço) elaborou a hipótese Gaia, com a valiosa contribuição da microbióloga Lynn Margulis (LOVELOCK, 1991). Muito criticado na época, hoje suas ideias foram transformadas em teoria, não mais hipótese. Dessa forma, desde então, os estudiosos e ambientalistas alertam para as ações ao planeta, pois este, inevitavelmente, apresentará reações (LOVELOCK, 1979; LOVELOCK, 1991; LOVELOCK, 2006).

Com as inestimáveis contribuições de Carson e Lovelock, a humanidade conseguiu mudar um paradigma que persistia há, pelo menos, dois milênios. Obviamente muitos ainda escolhem não acreditar nas constatações científicas. O que lhes é direito, diga-se de passagem.

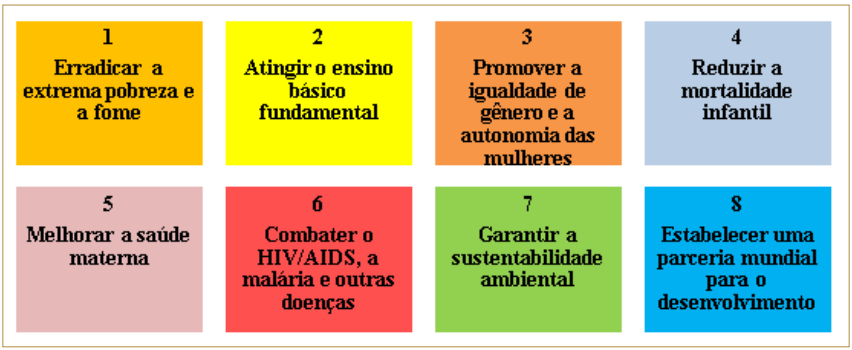
Nas décadas seguintes, o movimento ambientalista ganhou força com a publicação de trabalhos de filósofos, como Naess (1973); físicos, como Capra (1975, 1982); biólogos, como Maturana e Varela (1984); economistas, como Sachs (1986); teólogos, como Boff (1993) e Francisco (2015); e historiadores, como Harari (2018), para citar alguns. Percebe-se, portanto, que o tema não se restringe a uma área de estudo e essa constatação permite que se conclua que o assunto é convergente partindo de todas as áreas. Neste caso, deve ser tratado como objeto de contribuição de todas as disciplinas, de forma complexa, não apenas estudado isoladamente nas unidades curriculares. Retornaremos a essa questão oportunamente no Capítulo 2.

O fato é que, mundialmente, a tendência do olhar sistêmico-ambiental foi sendo consolidada com a realização de reuniões internacionais, que serviam, no mínimo, como alerta para diversas questões, notadamente às alterações climáticas. Infelizmente, alguns encontros tiveram mais discussões políticas e econômicas infrutíferas do que avanços para a preservação do planeta.

Em 1987, cunhou-se o termo *desenvolvimento sustentável* no chamado Relatório Brundtland, fruto dos trabalhos da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, iniciados em 1984 (BOFF, 2015). A definição do termo envolve a satisfação das necessidades atuais sem comprometer necessidades das gerações futuras (com alguma "sorte" as crianças que estão nascendo hoje terão condições razoáveis quando forem adultas).

Em setembro de 2000, de posse dos resultados e avanços nos debates sobre o desenvolvimento sustentável nas décadas anteriores, foi publicada a *Declaração do Milênio*, constituída por oito grandes objetivos globais, desdobrados em vinte e uma metas, chamados de Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) (ONU BRASIL, 2020a). Os ODM (Figura 1) pretendiam, em quinze anos, diminuir a extrema pobreza e a fome no planeta, condições agravadas pela globalização em ascensão. A essa altura, a humanidade já entendia que o desenvolvimento sustentável só é possível na conjugação de esforços nas áreas de saúde, saneamento, educação, habitação, promoção da igualdade de gênero e meio ambiente (ROMA, 2019).

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM)



Fonte: ONU BRASIL (2020a), adaptado pela autora.

As políticas públicas adotadas durante a vigência dos ODM surtiram efeitos positivos em todos os objetivos. Em nível mundial pode-se citar a redução da pobreza, da mortalidade infantil e da falta de saneamento básico. Contudo, na área ambiental foi observado o aumento de mais de 50% de emissões de dióxido de carbono. Apesar de ser constatado que na América Latina e Caribe 95% da população utilizavam uma fonte de água melhorada em 2015, essa notícia não é tão útil se cruzarmos com os resultados de escassez de água que, em 2015, chegou a atingir 40% da população mundial, com estimativa de aumentar nos anos seguintes (UN, 2015). Não há grande vantagem as edificações serem servidas por tubulações de água tratada se a fonte secar.

Após o período de vigência dos ODM, a ONU apresentou uma expansão das responsabilidades dos seus Estados-membros com a publicação de dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas 196 metas (Figura 2).

Figura 2 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Fonte: ONU BRASIL (2020a), adaptado pela autora.

O documento apresentado "*Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*" mostra a maturidade de seus elaboradores e signatários, abraçando temas até então não cogitados como pertencentes ao desenvolvimento sustentável. Salienta-se que os dezessete ODS são "integrados e indivisíveis, e mesclam, de forma equilibrada, as três dimensões da sustentabilidade: a econômica, a social e a ambiental" (ONU BRASIL, 2020a). Assim, ONU entende que os ODS encerram áreas de importância crucial para a humanidade, os 5 Ps: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Parcerias e Paz. Sem embargo, eu diria que não são primordiais apenas para a humanidade, mas para nossa Casa Comum e a perpetuação da vida no planeta.

No Brasil, as leis brasileiras começaram a acompanhar as vertentes globais na década de 80. Em 1981, foi decretada

a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei n° 3.938), que tinha como um dos seus princípios a educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive à comunidade (Art. 2°, inciso X). A atual Constituição Federal, de 1988, seguiu o fluxo do movimento ambientalista e garantiu a todos o direito a um ambiente ecologicamente equilibrado. O § 1º do Art. 225 diz que o Poder Público deve, entre atribuições específicas de proteção, preservação e recuperação dos recursos naturais, promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino. Observa-se nesse texto que dos sete incisos desse parágrafo o único que não apresenta regulamentação é o da educação ambiental. Isso ocorre porque, em 1999, foi decretada a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei n° 9.795), com regulamentação pelo Decreto n° 4.281/2002.

Em 2012, a Lei nº 12.608 incluiu na LDB (Lei de Diretrizes e Bases, Lei n° 9.394/96), a educação ambiental de forma integrada aos conteúdos obrigatórios dos currículos de ensino fundamental e médio (Art. 26, § 7º). Porém, em 2017, esse texto foi alterado pela Lei nº 13.415 e o termo 'educação ambiental' foi retirado da LDB, causando certa estranheza e incoerência com as demais leis. A despeito desse fato, a preocupação com a sustentabilidade aparece em quase todas as áreas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (MEC, 2018).

Apesar da confusão regulamentatória, o fato é que a educação ambiental é uma prática corriqueira, principalmente na educação básica (DIAS, 2010). Hoje em dia, as crianças em idade escolar básica que frequentam instituições de ensino estão muito mais a par desse tema do que a geração anterior, onde eu me incluo. Foi apenas durante meu período universitário que comecei a tomar conhecimento sobre questões de preservação ambiental, assim como também foi o meu primeiro contato com computadores, daqueles de telas pretas e letras verdes, com ambiente em MS-DOS e disquetes flexíveis do tamanho de um *tablet*.

Não é preciso dizer o quanto a informática avançou nos últimos vinte anos, já que isso é visível e está até incorporado

ao modo de vida das novas gerações. Mas, e quanto às questões ambientais? Para a minha geração, assim como para as gerações anteriores, isso não fez parte da nossa realidade no processo de desenvolvimento cognitivo. Talvez, por isso, tenhamos certa dificuldade em assimilar a ética ambiental como norteadora de todas nossas atitudes, sejam elas pessoais ou profissionais.

Sobre esse assunto, sabe-se que o aprendizado da criança é diferente do aprendizado de um adulto (PIAGET, 1979). O que se aprende na infância fica interiorizado na criança, como algo que sempre esteve lá, como um conhecimento, competência e/ou habilidade inata, como se fosse constituinte do ser. Já o adulto tem consciência que está aprendendo, é algo que ele sabe que vem de fora para dentro, que não faz parte dele originalmente. Provavelmente por isso fica difícil assimilar certos conhecimentos e não tomar a atitude certa em determinadas ocasiões.

Com o arcabouço teórico apresentado, esse livro se justifica por apresentar uma metodologia que vai ao encontro do que é preconizado pelo conjunto de leis e políticas públicas que regem a educação ambiental, entendendo que disso pode depender nosso futuro no planeta. O conteúdo desse texto tem vínculo direto com os ODS 2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 14 e 15, e indireto com os demais ODS, além de promover a integração do ensino, pesquisa e extensão, já tão discutidos no âmbito educacional.

Assim, diante do exposto, o objetivo deste livro é amplo e complexo, porém em construção: reunir informações ambientais, tendo como base um calendário de datas comemorativas (ou como alertas) relacionadas ao meio ambiente e propor a utilização de metodologias [...]ativas de ensino e aprendizagem que possam promover a educação integral e holística do estudante de forma transdisciplinar. Essas proposições podem ser utilizadas como instrumentos da Política Nacional de Educação Ambiental.

Por essa grafia "*[...]ativas"* estou querendo englobar outras palavras além da palavra *ativa*, como colabor*ativa*, particip*ativa*, cri*ativa*, integr*ativa,* signific*ativa*. Creio que com a consolidação do termo "metodologias ativas", princi-

palmente como sendo a utilização de didáticas antigas com uma nova roupagem moderna, já podemos avançar para deixar o conceito mais completo, ou seja, não adianta o estudante ser ativo no processo de aprendizagem, é preciso que o professor promova práticas adjetivadas pelas palavras que compõem a grafia *[...]ativas*.

Essas informações devem servir para reflexões de professores e de estudantes sobre suas ações como seres humanos e habitantes conscientes do nosso planeta. É de extrema importância, e urgente, que a escola esteja à frente dessa revolução, posto que é o local certo para a indignação e a transformação; a independência e a libertação.

Este livro está organizado em cinco capítulos. O primeiro traz uma reflexão sobre o nível de lucidez da construção do pensamento ambiental no ser humano e como isso se transporta para as ações materiais.

O segundo capítulo trata sobre metodologias concebidas para alcançar êxito no ensino e aprendizagem de questões complexas, como o meio ambiente. Serão abordadas as ferramentas metodológicas Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP, ou PBL, da sigla em inglês), o ensino híbrido, a sala de aula invertida, a aprendizagem por pares, a gamificação, a cultura *maker* e a STEAM (sigla em inglês para Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática).

No capítulo 3, é apresentada a proposta de ensino utilizando o calendário ambiental organizado para esse livro. São discutidas, sem intenção de findar os assuntos, cada data relativa à área de meio ambiente que pode ser utilizada como ponto de partida para discussões no ambiente escolar e na comunidade.

O capítulo 4 discorre sobre as considerações finais sobre educação e seu processo para evolução da espécie humana e, finalmente, no último capítulo são apresentadas sugestões de material didático (livros e filmes) como suporte às discussões e práticas, bem como indicação de leitura para os estudantes.

1. Conscientização ou conversão ambiental?

Área rural de Montreal, Canadá
Foto: Mariléa Trierveiler Pereira

O surgimento e evolução do universo, do planeta Terra e da vida ainda são um mistério (talvez sempre serão). O que se sabe, todavia, é que, aproximadamente, há quatro bilhões de anos algumas substâncias orgânicas se formaram neste pequeno planeta e foi questão de tempo até a organização dessas substâncias originar uma célula primitiva. A essa organização, tão peculiar aos seres vivos e que os dá autonomia, Maturana e Varela (1984, p. 55) chamaram de *autopoiese*.

Essa enigmática organização e interação com o meio levou, misteriosamente, uma célula a desenvolver a capacidade de não precisar incorporar outras substâncias complexas para seu metabolismo. Utilizando um gás abundante naquela época (gás carbônico), água e energia "extraterrestre" (do Sol), uma célula "aprendeu" a fabricar glicose para seu metabolismo, o que hoje chamamos de *fotossíntese* (ODUM, 2012).

E a consequência dessa transformação bioquímica é a liberação de oxigênio para o meio. Assim, durante milhões de anos, nosso planeta foi se transformando pela presença da vida, até que a concentração de gases permitiu o aparecimento de formas mais complexas, inclusive nós. Em última análise, todos os seres vivos têm a "mesma idade ancestral" (MATURANA; VARELA, 1984, p. 66).

É certo que o gênero *Homo* se desenvolveu fascinantemente pelos últimos 2,5 milhões de anos apoiado em leis físicas, químicas e biológicas (HARARI, 2018). Dotado de singulares características, como a habilidade manual, a complexa linguagem, o pensamento abstrato e a autoconsciência (MATURANA; VARELA, 1984), o ser humano saiu de uma condição de evolução puramente biológica e social para uma excepcional evolução psicológica, criando um mundo diferente do natural em seu palácio mental.

É por isso que quando se fala em meio ambiente, costumamos pensar em uma paisagem bucólica, com árvores, animais, insetos; ou em rios, cachoeiras, montanhas; ou ainda em praias desertas, com sua rica flora e fauna. Raramente pensamos em pessoas inseridas nessa imagem, fomos acostumados a fazer essa diferenciação entre ser humano e natureza.

Mas nem sempre foi assim. O planeta Terra deve ter ficado orgulhoso quando, em 600 a.C., aproximadamente, surgiram os primeiros filósofos gregos, os chamados 'filósofos da natureza' (GAARDER, 1995). Eles tinham em comum o desenvolvimento de hipóteses que levavam em consideração as transformações da natureza. Muitos acreditavam em substâncias básicas que originavam a vida, como os quatro elementos:

ar, água, terra e fogo. Esses pensadores diziam que as diferenças entre os seres vivos (e inanimados) estavam na quantidade de cada elemento em sua composição. Cerca de dois séculos depois, Demócrito refinou esse conceito, formulando sua hipótese dos átomos como constituintes da natureza. Isso fez com que as pessoas acreditassem que eram feitas dos elementos naturais da Terra, o que sabemos ser verdade.

Genial, Demócrito foi o último filósofo da natureza, pois seus sucessores começaram a se preocupar com assuntos "mais importantes", como razão, lógica, ética e política. Aristóteles, grande construtor de ideias extraordinárias, ampliou consideravelmente o pensamento filosófico. Suas contribuições foram determinantes para o rumo da história da humanidade. Infelizmente, duas equivocadas de suas definições tornaram-se reinantes por mais de dois milênios: a visão da mulher como 'homem incompleto', e a escada da natureza, cujo topo é ocupado pelo ser humano (GAARDER, 1995, p. 129).

Foram necessários séculos de pensamentos, guerras e doenças (DIAMOND, 1997), para que o filósofo contemporâneo Jean Paul Sartre (1905-1980) chegasse a uma conclusão, em 1946, que deixaria a humanidade um tanto preocupada: o ser humano está condenado a ser livre e é responsável por todas suas ações, afinal "a escolha é possível num sentido, mas o que não é possível é não escolher" (SARTRE, 1973, p. 23). Com isso, iniciou-se um processo de correção das distorções de Aristóteles. Simone de Beauvoir, esposa de Sartre, publicou, em 1949, *O Segundo Sexo,* considerado como o início do movimento pela liberdade de expressão feminina (BEAUVOIR, 2019). Nos anos 60, inaugurou-se a onda ambientalista. O caminho é assim: cada geração tem suas necessidades filosóficas; não havia muito sentido refletir sobre a inferiorização da mulher ou a degradação do meio ambiente quando isso não era ainda "observado".

É disso que trata a *ecofilosofia* ou *ecologia profunda* (NAESS, 1973). Somos todos parte de uma teia da vida que inter-relaciona e interdepende de todos os elementos abióticos e bióticos do planeta (CAPRA, 2006). Não está em questão a so-

brevivência ou extinção de espécies isoladas, mas a perpetuação da *vida* no planeta. É urgente a unificação não apenas entre os indivíduos da espécie *Homo sapiens* (homens e mulheres), mas todo o globo.

Neste sentido, a proposta deste livro não tem como objetivo apenas a conscientização ambiental, que seria a transmissão do conhecimento científico acumulado historicamente até os dias de hoje em uma única disciplina. Entende-se por conscientizar "tomar consciência de; tornar-se conhecedor de; ou adquirir conhecimento sobre algo", segundo o Dicionário Michaelis (MELHORAMENTOS, 2016). Em tempos de globalização digital, adquirir conhecimento é algo fácil e rápido, basta ter acesso a uma tecnologia conectada à rede virtual mundial. As informações sobre qualquer assunto aparecem no monitor com um apenas um clique.

A educação também está cada vez mais moderna e virtual. É possível obter informações e conhecimento com professores que estão do outro lado do planeta por meio de uma tela de computador, televisão ou celular. Sem qualquer inter-relação pessoal com o mestre, pode-se aprender sobre os mais diferentes temas, desde como fazer pipas até o funcionamento de uma nave espacial. Do mesmo modo, o estudante pode desenvolver um trabalho, escrito ou oral, e entregar virtualmente a seu professor para a avaliação da apropriação do conteúdo. E nem há mais a barreira das diferentes línguas, pois diversos *softwares* estão sendo aprimorados para uma tradução cada vez mais perfeita.

Percebe-se, então, que a aquisição do conhecimento, ou a conscientização, nos dias de hoje não é mais suficiente, só a teoria não se sustenta. É preciso haver a prática de forma efetiva. E não estamos falando de metodologias práticas, como aulas de laboratório, trabalhos em grupo, dinâmicas, apresentação de seminários, visitas técnicas e outras. Estamos falando de vivências e de ações concretas.

Também não é suficiente que os discentes levem o conhecimento para a família, explanando sobre os proble-

mas ambientais da escola, do bairro, da cidade, do país e do planeta. É inadiável que haja ação conjunta, pois o tempo está se esgotando.

Assim, propõe-se a *conversão ambiental*, de forma que o estudante não apenas "saiba" sobre meio ambiente, mas que ele "seja" meio ambiente.

A conversão ambiental, portanto, não é apenas aprender conteúdos relacionados à natureza, é, sobretudo, respeitar os outros seres humanos e outros seres vivos; é agir com ética em qualquer situação; é cuidar da saúde física, emocional, intelectual e espiritual. Assim, o termo "meio ambiente" neste livro engloba os aspectos naturais (físicos, químicos e biológicos), o respeito às diferenças humanas e o desenvolvimento intelectual e espiritual.

E para que a conversão ambiental aconteça, é necessário que os estudantes estejam conectados ao meio ambiente. É fundamental que o educando faça questionamentos e tente encontrar as respostas; que ele faça as experimentações; que ele vivencie ou até mesmo que erre, como já havia proposto Jean Piaget (PIAGET, 1979).

A conversão do "ser humano" em "ser ambiente" deve acontecer com a participação da família, da comunidade e da escola. Entretanto, cabe a esta última iniciar o processo. É na escola que devem ser sugeridos os projetos pluri, inter, multi e transdisciplinares, e a partir disso, os estudantes devem interagir com a família e a comunidade.

Podemos, inclusive, nos apropriar de um termo cunhado pelo educador Marc Prensky (2012) e por similaridade propor os termos "imigrantes ambientais" e "nativos ambientais". Aqueles que, com esforço, transformam suas ações em prol do planeta Terra, seriam os *imigrantes ambientais*. Entretanto, já estão nascendo crianças com um elevado nível de consciência planetária, totalmente atentos à teia da vida, os *nativos ambientais*.

Também vale ressaltar que a conversão ambiental não deve ser restrita a uma faixa etária, deve estar na política edu-

cacional de uma governança global como meta ao desenvolvimento sustentável. Todos os esforços para atingir as metas dos ODS devem ser empreendidos para essa finalidade.

Enquanto não há obrigatoriedade por lei, vemos o esforço individual de cada professor ou de cada escola para que seus estudantes tenham uma formação holística e transdisciplinar. Já é um começo.

2. Paradigma da complexidade e metodologias [...]ativas de ensino e aprendizagem

Ninho de pombos, Maringá – PR

Foto: Mariléa Trierveiler Pereira

O termo *paradigma* significa modelo ou padrão, e como tal está em constante mudança. O que era padrão em determinada época histórica e em determinada cultura pode não ser mais hoje, como por exemplo, a escravidão.

O conceito de paradigma foi amplamente difundido no meio científico a partir da obra de Thomas Kuhn, intitulada *A estruturas das revoluções científicas*, com recente edição de

e-book (KUHN, 2020). Na obra, o autor considera "*paradigmas* as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência" (KUHN, 2020, p. 13).

Isso pressupõe que a ciência evolui e se altera conforme o entendimento dos fenômenos são apreendidos. Kuhn chama de *anomalia* a quebra de um padrão definido e afirma que as anomalias são necessárias para, a partir de uma crise científica, provocar uma revolução na ciência (KUHN, 2020).

Foi isso que aconteceu ao longo da história da humanidade com relação ao conhecimento. Em perspectiva histórica, Behrens e Oligari (2007) organizaram as mudanças de paradigmas na ciência, identificando fases distintas desde a pré-história até os dias atuais. As autoras constataram que na pré-história as sociedades explicavam o mundo a partir de mitos, sem qualquer preocupação de comprovação.

Na Grécia Clássica (séculos VIII a VI a.C.), a análise da natureza foi pela racionalidade, alterada pela visão do período seguinte, a Idade Média (século I ao XIII), em que a sociedade colocou a fé acima do conhecimento, e este como iluminação divina. Com o Renascimento (séculos XIII ao XV), a humanidade rechaçou as bases paradigmáticas do mito, da razão e da fé como fontes do conhecimento. Nesta época, o paradigma vigente foi o antropocentrismo, aprimorado na Idade Moderna (séculos XV a XVIII) com Descartes, que propôs o método analítico, embasado na lógica e na matemática. A partir desse momento histórico, a sociedade científica global passou a admitir que os fenômenos deveriam ser analisados e compreendidos pela divisão do todo em partes. Como exemplifica Capra (2006), o universo material e os seres vivos foram comparados a máquinas com funcionamento por engrenagens, governados por leis matemáticas e físicas.

Um reflexo direto desse pensamento dualista, que perdurou até final do século XVIII, foi sentido na educação, com supremacia da razão em detrimento da emoção. De fato, con-

forme Behrens (2005), esse paradigma posiciona o professor como detentor do poder do conhecimento, e os estudantes, como meros espectadores. Nesta perspectiva, os currículos foram propostos de forma linear, fragmentada e reducionista, e o ensino foi focado em resultados.

Na verdade, isso não deixou de ter uma vantagem, pois até início do século XX a construção do conhecimento científico se deu pelos detalhes e por essa metodologia compartimentada. Porém, restava aos discentes, de forma intuitiva, a compreensão total dos fenômenos após o entendimento minucioso de cada parte. Alguns eram capazes de realizar tal façanha, outros, não.

Hoje, sabe-se que o planeta Terra e suas nações estão em constante desenvolvimento, biológica e socialmente, e os avanços extraordinários nos meios de transporte e de comunicação dos últimos cem anos elevou a sociedade a ser globalizada, com profundas transformações das interações sociais, culturais, econômicas e políticas (BAUMAN, 1999).

No apagar das luzes do século XX, o físico Nicolescu (1999) introduziu o *paradigma da complexidade*, posteriormente abreviado por *paradigma C*. É neste novo contexto que retomamos os holísticos discursos e estudos de Naess (1973), Capra (1975, 1982), Maturana e Varela (1984), Sachs (1986), Boff (1993), Francico (2015) e Harari (2018).

Com esse novo cenário, diversos estudiosos têm contribuído para definir de forma sistemática o que seja o atual entendimento de complexidade. De acordo com Almeida Filho (2005), a complexidade pode ser compreendida por seis elementos interrelacionados: i) dinamismo, ii) não-linearidade, iii) caos, iv) emergência, v) borrosidade (*fuzziness*), e vi) fractalidade.

O *dinamismo* é a característica da complexidade que compreende as "estruturas sistêmicas abertas, em constante transformação, totalidades formadas por partes interrelacionadas, elementos, conexões e parâmetros mutantes" (ALMEIDA FILHO, 2005, p. 35). O autor completa com a noção de retroalimentação ou iteração. Isso significa que o paradigma C logo pode ser substituído por outro, sem vaidade.

Essa constante mutação acontece de forma *não-linear*, ou seja, não é previsível. Capra (2006, p. 117) explicou que os sistemas dinâmicos não-lineares são instáveis e os pontos críticos de instabilidade são denominados "pontos de bifurcação". São nesses pontos que acontecem as mudanças. É como se chegássemos a uma encruzilhada e pudéssemos escolher qual caminho tomar. A escolha de um caminho significa a perda das outras alternativas. Neste ponto, vem-me a imagem de *Alice* perguntando ao *Gato* qual caminho seguir e ele, sabiamente, respondendo que depende onde se quer chegar. "Não me importa muito para onde", diz Alice. "Então não importa que caminho tome", responde o *Gato* (CARROL, 2010, p. 48).

O conjunto do dinamismo e da não-linearidade dos sistemas complexos leva à ideia de *caos*, que para essa análise não significa "bagunça" ou "aleatoriedade", mas sim, organização em uma ordem mais profunda. Um bom exemplo dessa ideia foi resgatado por Capra (2006): o "efeito borboleta". Na década de 60, o meteorologista Edward Lorenz elaborou um modelo simples de condições meteorológicas que, a partir de condições iniciais praticamente iguais, foram desenvolvidas duas trajetórias por caminhos completamente diferentes. Daí a comparação para o sugestivo nome: "uma borboleta que, hoje, agita o ar em Pequim pode causar, daqui a um mês, uma tempestade em Nova York" (CAPRA, 2006, p. 115).

Pela análise das três características da complexidade, chega-se à quarta, que é ao mesmo tempo causa e consequência das demais: a *emergência*, que pode ser traduzida por ocorrência imprevista (ALMEIDA FILHO, 2005). Um acidente altera toda a história subsequente: o que teria acontecido caso não houvesse caído um meteoro na Terra e extinto os dinossauros?

A *borrosidade*, ou difusividade, traduz a ideia de imprecisão dos limites dos elementos do sistema, ou seja, não é possível visualizar onde um elemento inicia ou termina (ALMEIDA FILHO, 2005). É como a pintura de um quadro em que as bordas dos objetos são sobrepostas. Na ecologia, tem-se o chamado *efeito de borda* associado aos limites de um ecossistema. Nes-

tes locais, ocorre a modificação de um ecossistema para outro, como por exemplo os manguezais e os sapais, transição entre os ambientes terrestre e marinho.

Por fim, o mais fascinante elemento da complexidade, a *fractalidade*, pode ser descrita geometricamente como auto-similaridade, em que "a forma do todo é semelhante a si mesma em todos os níveis de escala" (CAPRA, 2006, p. 118). Uma couve-flor ou brócolis são bons exemplos: cada pedaço se parece exatamente com o vegetal original. Outros exemplos são as folhas das samambaias, os flocos de neve, as ramificações de raios, os rios e seus afluentes, entre outros.

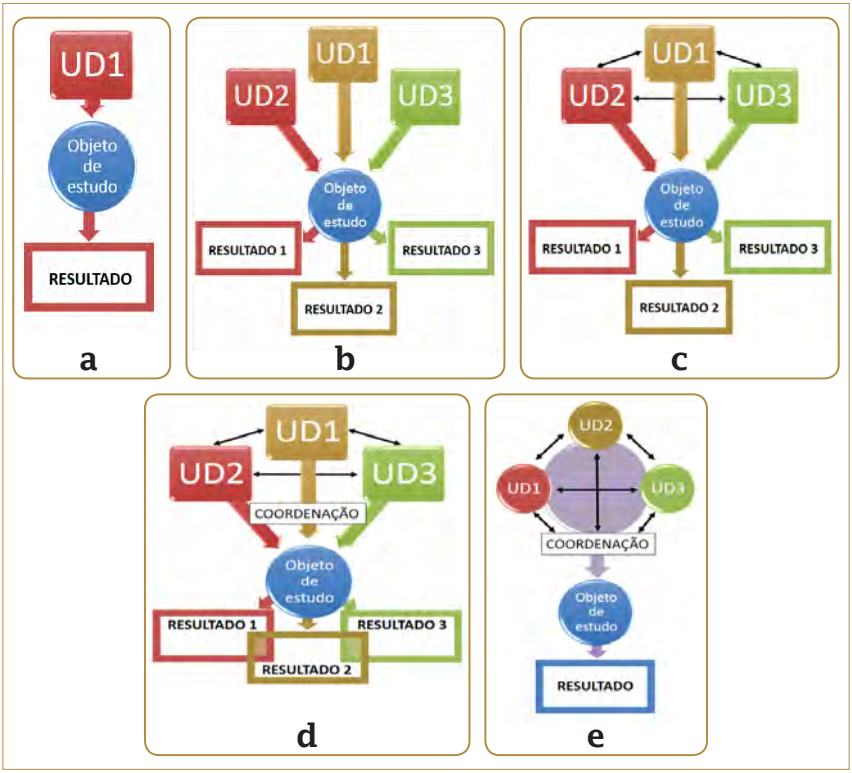
Levando a complexidade para a realidade humana, percebemos que somos seres extremamente complexos em toda plenitude. Primeiro, porque todas essas características da complexidade estão presentes em nossos sistemas biológicos, tal qual estão em nosso comportamento psicológico, e igualmente em nossas estruturas culturais. Segundo, porque somos resultado do entrelaçamento profundo entre nossa biologia, psicologia e cultura, e esse sistema tripartite também possui todos os elementos da complexidade, assim como um fractal.

Como explicou Morin (2015), a complexidade não é uma solução, é um problema. E para resolver essa adversidade é preciso que as ciências, fragmentadas e reduzidas até o final do século XVIII, recebam um *upgrade*. Assim, com o início do entendimento da complexidade, autores têm levado seus conceitos para a educação, como Georges Gusdorf, Jean Piaget, Basarab Nicolescu, Erich Jantsch, Edgar Morin, Ivani Fazenda, Hilton Japiassu, Mario Chaves, Naomar Almeida Filho, Eduardo Vasconcelos, entre outros (ALMEIDA FILHO, 2005; CHAVES, 1998; JANTSCH; BIANCHETTI, 2011; SANTOS; TEIXEIRA, 2015; NICOLESCU, 1999; SILVA, 1999; VASCONCELOS, 2002).

Seguindo a lógica da complexidade, pela constante transformação, ainda não houve consenso na definição dos termos multi, pluri, inter e transdisciplinar a partir do unidisciplinar, mas há uma tendência de compreensão. Silva (1999) revisou o modelo de Jantsch para a produção do conhecimen-

to, que é a mais difundida atualmente, e foi complementado por Almeida Filho (2005). Como há pequena divergências entre os modelos, os esquemas adotados por este livro estão reproduzidos na Figura 2.1 e Quadro 2.1.

Figura 2.1 - Modos de produção do conhecimento: a) unidisciplinar; b) multidisciplinar; c) pluridisciplinar; d) interdisciplinar; e) transdisciplinar



FONTE: Almeida Filho (2005) e Silva (1999), adaptada pela autora.

Quadro 2.1 - Informações complementares aos modos de produção do conhecimento

Modo de produção	Universo disciplinar	Domínio linguístico (DL)	Coordenação/ Cooperação	Temática comum	Resultado/ Conclusão (R/C)
Unidisciplinar	Uma dimensão da realidade (1D)	Um (1DL)	Não se aplica	Não se aplica	Um (1R/C)
Multidisciplinar	Várias dimensões da realidade (xD)	Vários (xDL)	Não há coordenação nem cooperação	Há temática comum	Vários, com DL independente (xR/C)
Pluridisciplinar	Várias dimensões da realidade (xD)	Vários (xDL)	Não há coordenação, porém há cooperação	Há temática comum	Vários, com DL independente (xR/C)
Interdisciplinar	Várias dimensões da realidade (xD)	Vários (xDL)	Há coordenação e cooperação	Há temática comum	Vários, porém com sobreposição dos DL (xR/C)
Transdisciplinar	Várias dimensões da realidade (xD)	Um (1DL)	Há coordenação e cooperação	Há temática comum	Um (1R/C)

FONTE: Almeida Filho (2005) e Silva (1999), adaptado pela autora.

Pela observação atenta da Figura 2.1 e Quadro 2.1, pode-se descrever cada forma de produção científica a partir da observação de um objeto de estudo real, de acordo com Almeida Filho (2005) e Silva (1999). A *unidisciplinar* é a mais básica de todas, em que o estudo é feito sob a ótica de uma única unidade disciplinar, tendo como resultado apenas uma visão. Poderia-se acrescentar um exemplo a esse modelo considerando o desempenho de um estudante de matemática da Idade Antiga, em que não havia ainda aplicação prática de diversas relações algébricas.

O estudo *multidisciplinar* acontece quando há uma justaposição das unidades disciplinares em um mesmo nível hierárquico, portanto sem uma coordenação, e também sem cooperação ou interlocução entre os conhecimentos específicos. Um exemplo seria a avaliação de desempenho de um estudante no século passado ou retrasado, em que cada professor de uma disciplina aplicava suas provas e atribuída um conceito final. No exame final do ensino médio, Albert Einstein foi taxado como um estudante ruim por seu professor de francês e como mediano por seu professor de geografia (ISAACSON, 2007).

Na observação *pluridisciplinar,* o objeto de estudo é analisado por diferentes unidades disciplinares, mas, mesmo sem coordenação, há cooperação entre as disciplinas. É isso que ocorre quando um grupo de docentes se reúne para um conselho de classe, em que há diálogo sobre o desempenho individual do estudante nas disciplinas e o consenso geral delibera sobre a aprovação ou reprovação.

A abordagem *interdisciplinar* é uma evolução das abordagens anteriores, na qual existe enriquecimento mútuo das disciplinas ao se estudar um objeto. Pela presença de uma coordenação hierarquicamente superior, os resultados apresentam partes em comum. Pode-se exemplificar essa relação por avaliações de química, física e biologia que apresentam o mesmo objeto de estudo sob diferentes perspectivas, como as propriedades da água. Em um nível de aplicação mais profundo pode-se ter a avaliação de um estudante, ou um grupo de estudantes, por um "projeto integrador" de final de curso (ou de finalização de um módulo). Uma pesquisa superficial na *internet* por esse termo mostra milhares de artigos científicos com relatos de experiências em cursos técnicos (integrados ou subsequentes), de tecnologia, licenciaturas, bacharelados, engenharias e educação de jovens e adultos (EJA). Porém, nesses casos, apenas conceitos científicos são avaliados, sem extrapolação para aplicação em um contexto global, holístico.

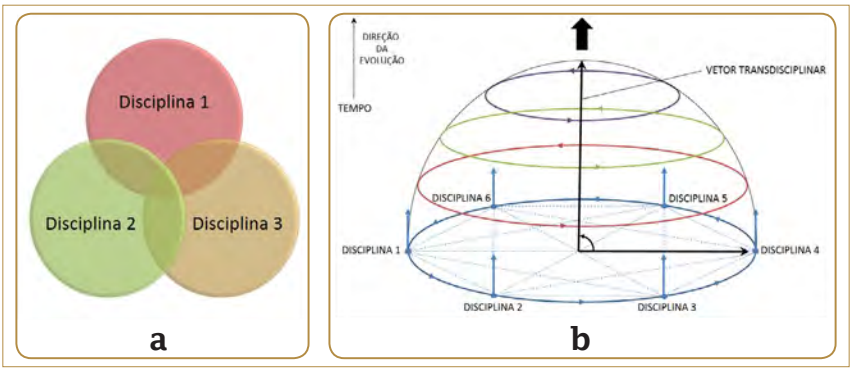
Atualmente, as análises *inter* não são mais suficientes para o estudo do mundo real. Com a aproximação entre neurociências e educação, o termo mais apropriado para aplicação no ensino é *transdisciplinar* (FERREIRA; GONÇALVES; LAMEIRÃO, 2019).

Em 1986, os participantes do colóquio "A Ciência diante das Fronteiras do Conhecimento", organizado pela UNESCO com a colaboração da Fundação Giorgio Cini, elaboraram a Declaração de Veneza, em que o termo *transdisciplinaridade* foi oficialmente anunciado como uma solução para a educação contemporânea, por possibilitar "uma troca dinâmica entre as ciências "exatas", as ciências "humanas", a arte e a tradição" (UNESCO

BRASIL, 2000, p. 174). Mais tarde, em 1994, como resultado do I Congresso Mundial de Transdisciplinaridade, ocorrido em Portugal, foi publicada a Carta da Transdisciplinaridade, englobando a abordagem *trans* para a educação, a cultura, a economia e a ética. Nicolescu, um dos redatores da carta, ampliou o Artigo 4º, definindo *trans* como o "que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de qualquer disciplina" (NICOLESCU, 1999, p. 51).

A partir dessa definição, Koizumi (1999) criou imagens para explicar que a multi e interdisciplinaridade estão em um plano bidimensional, enquanto a transdisciplinaridade ocupa um espaço tridimensional (Figuras 2.2a e 2.2b).

Figura 2.2 - Representação da interdisciplinaridade (a) e da transdisciplinaridade (b)



FONTE: Koizumi (1999, p. 8), adaptado por Ferreira, Gonçalves e Lameirão (2019, p. 646), redesenhado pela autora.

A Figura 2.2b mostra a fusão entre áreas completamente diferentes de um nível hierárquico inferior, com uma impulsão por um vetor transversal. Para Koizumi (1999), é como se esse vetor "puxasse para cima" o círculo azul, com fusão das áreas e criação do círculo vermelho. Com o passar do tempo, novamente o círculo vermelho seria elevado ao círculo verde e assim, sucessivamente, até atingir o topo da figura e alcançar a área externa à semi-esfera, com a evolução para uma nova

área abrangente. Ferreira, Gonçalves e Lameirão (2019, p. 646) explicam que para tanto são necessárias "novas metodologias e novas organizações de pesquisa, incluindo uma linguagem comum, que possibilitem transcender as fronteiras que separam as disciplinas".

Dessa forma, a relação entre os conceitos complexidade e transdisciplinaridade foi bem definida nas palavras de Chaves (1998, p. 7): "a complexidade está para o mundo real como a transdisciplinaridade está para o mundo acadêmico".

Notoriamente, o entendimento da complexidade e a consequente globalização tem benefícios e prejuízos (ARENA, 2020). Dentre outros infortúnios, a conquista de um elevado patamar de desenvolvimento instalou um grande problema na educação do século XXI. As mais diversas tecnologias e mídias promovem acesso fácil às informações, que por serem muitas e desorganizadas, não geram conhecimento.

Nesse cenário, inevitavelmente, novas formas de interpelação foram ganhando espaço na pedagogia, pois se percebe que o modelo tradicional de ensino e aprendizagem é frágil e obsoleto, e a sala de aula é um local pouco atraente para as mentes agitadas dos estudantes, em grande parte já diagnosticadas com a Síndrome do Pensamento Acelerado (CURY, 2015).

Dessa forma, a rápida mudança de comportamento físico e social dos estudantes deve ser assimilada pela escola e deve fazer com que os educadores se adaptem à nova realidade e adotem modelos de aprendizagem diferenciados, como teoriza Berbel (2011). Essa discussão gira em torno da época de transição em que se vive neste início de século XXI (KIRYAKOVA; ANGELOVA; YORDANOVA, 2014), em que os professores, "imigrantes digitais", precisam se adequar às gerações que lhes chegam à sala de aula, os "nativos digitais" (PRENSKY, 2012). Todavia, aqui cabe uma pequena reflexão: observa-se que poucos *nativos digitais* são dominantes, ou seja, poucos possuem conhecimento real sobre a tecnologia disponível e sobre programação. Muitos são recessivos e apenas estão conectados com o mundo por uma tela de celular, meramente

usam a tecnologia superficial, até ensinam os mais velhos a usarem filtros nas fotos, mas não sabem anexar um arquivo em um e-mail nem nunca viram um código por trás de um aplicativo. Dessa maneira, existem *imigrantes digitais* que conhecem mais recursos da tecnologia do que as novas gerações.

Em que pese os desafios, as abordagens educacionais "centradas no aluno" têm sido propostas desde 1890 (FRANKLIN, 2005), porém sua utilização com maior ênfase nos Estados Unidos e na Europa aconteceu a partir da década de 1990. No Brasil, as metodologias [...]ativas, colabor*ativas*, particip*ativas*, cri*ativas*, integr*ativas* e signific*ativas* ainda são timidamente utilizadas nas escolas (SILVA *et al.*, 2017). Conforme Luzuriaga (2001), no século XVIII, Rousseau já propunha práticas para incentivar a autonomia dos educandos. Não são, portanto, novas, mas, inovadoras.

Essas práticas retiram os discentes de sua postura passiva e lhes impõem compromissos e responsabilidades compartilhadas com os docentes. Os alicerces para essa inversão de postura encontram-se nas figuras ilustrativas de "cone da experiência", de Edgar Dale, e "pirâmide da aprendizagem", de William Glasser (SILVA; MUZARDO, 2018). Essas ilustrações remetem à ideia de que aprendemos mais, ou mais facilmente, se ensinamos algo em vez de apenas lermos. A difusão desses conceitos foi tamanha que ganharam *status* de autoridade, embora haja controvérsias e falta de constatação científica (SILVA; MUZARDO, 2018). Na verdade, Edgar Dale alertou que todos os diferentes níveis de abstração relacionados a diversos métodos de ensino (leitura, audição, visão, participação, experimentação, explicação) se entrelaçam e se misturam, sem se hierarquizarem.

É com essas condições que as metodologias *centradas no estudante* devem efetivamente ser aplicadas, pois conferem aos educandos a autonomia, o senso crítico, a flexibilidade a mudanças, o engajamento, a organização, o espírito de equipe e unidade, e tantas outras (BACICH; MORAN, 2017). Dessa maneira, há a possibilidade do entendimento da complexidade, e

a abordagem da transdisciplinaridade faz com que essa deva ser a nova perspectiva teórica e prática de educação (BEHRENS; ENS, 2015) por aliar conteúdos científicos, emocionais e sociais.

E essas discussões não ocorrem apenas no plano teórico, mas também nas políticas públicas, internacionais e nacionais. A Unesco vislumbra, de forma cristalina, que "a educação surge como um trunfo indispensável para que a humanidade tenha a possibilidade de progredir na consolidação dos ideais da paz, da liberdade e da justiça social" (DELORS, 2010, p. 5). Ao longo do texto, o autor ressalta que a educação deveria acontecer de forma permanente, revalorizando suas dimensões éticas e culturais. E como forma de mostrar ao mundo que a educação é um tesouro, a Unesco edificou quatro pilares em que a educação deve se sustentar: *aprender a conhecer*, *aprender a fazer*, *aprender a conviver* e *aprender a ser* (UNESCO, 2010).

No Brasil, em 1999, os conceitos de "pluralismo de idéias e concepções pedagógicas, na perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade" já haviam sido instituídos como princípio pela Lei nº 9.795, mais conhecida como Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999, p. 2). Outros conceitos da lei que comungam dessa lógica são o enfoque humanista, holístico, democrático e participativo; a garantia de continuidade e permanência do processo educativo; a permanente avaliação crítica do processo educativo; o reconhecimento e o respeito à pluralidade e à diversidade individual e cultural; a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade; e a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais.

Mais recentemente, a Resolução CNE/CEB nº 3/2018 atualizou as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, adotando a transdisciplinaridade como forma de organização dos currículos, o que foi incorporado à versão final consolidada da Base Nacional Comum Curricular (MEC, 2018).

Percebe-se, portanto, que o desejo de aplicar o enfoque holístico e transdisciplinar na educação brasileira data do fim

do século XX, porém o processo para que isso de fato ocorra é lento, pois são necessários recursos humanos, materiais, legais e institucionais para seu completo entendimento e concretização.

Paralelamente ao desenvolvimento da ideia, e provavelmente por motivação pela grande revolução insurgida no início do século XXI, nos últimos vinte anos, a educação recebeu inúmeras contribuições para inovação. Diversos modelos econômicos e sociais revolucionários foram trazidos para o ensino e chamados de metodologias ativas, com excelentes resultados para a receptiva nova geração.

Nessa conjuntura, algumas das metodologias que merecem ser evidenciadas são a Aprendizagem Baseada em Problemas (ou Projetos) (ABP, ou PBL, da sigla em inglês), o ensino híbrido, a sala de aula invertida, a aprendizagem por pares, a gamificação, a cultura *maker* e a STEAM (sigla em inglês para Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática), adaptada da metodologia STEM, da qual não era utilizada a Arte.

A *ABP* foi inspirada nas ideias de John Dewey (1859-1952), que propôs que a aprendizagem deveria "partir de problemas ou situações que propiciam dúvidas ou descontentamento intelectual" (SOUZA; DOURADO, 2015, p. 185). No ensino formal, essa metodologia se consagrou por ser adotada em três instituições de referência de ensino superior na transição dos anos 60 e 70: a Universidade de McMaster, no Canadá; a Universidade de Maastricht, na Holanda; e a Universidade de Aalborg, na Dinamarca (MAIDAME, 2018).

Portanto, Ribeiro (2010, p. 10) afirma que a APB é uma

> metodologia de ensino-aprendizagem colaborativa, construtivista e contextualizada, na qual situações-problema são utilizadas para iniciar, direcionar e motivar a aprendizagem de conceitos, teorias e o desenvolvimento de habilidades e atitudes no contexto de sala de aula, isto é, sem a necessidade de conceber disciplinas especificamente para este fim.

Obviamente que a aplicação deve ser precedida por treinamento do corpo docente; por organização da estrutura

curricular, com previsão de tempo adequado para o autoestudo; e por infraestrutura adequada para o autoaprendizado (RODRIGUES; FIGUEIREDO, 1996).

Os autores também destacam que deveriam ser alterados os critérios de seleção dos estudantes, pois o êxito da utilização da metodologia depende de os discentes terem "características de personalidade adequadas (independência, determinação, senso de responsabilidade, capacidade de comunicação, desinibição, capacidade de organização)" (RODRIGUES; FIGUEIREDO, 1996, p. 397). Isso é questionável, pois todos os seres humanos têm capacidades inatas que podem ser despertadas ou estimuladas. Acredito que a escola não deve receber apenas indivíduos pré-prontos, nivelados, selecionados, pois assim não há chance da real inclusão. Neste sentido, o desafio não deve ser para os estudantes, e sim para a escola, para a gestão e, principalmente, para os docentes.

Apesar de inicial e crescentemente utilizada no ensino superior, autores afirmam que a metodologia de APB possui robustez para ser usada em outros níveis de ensino e áreas do conhecimento, sem que as adaptações a altere (MAIDAME, 2018; RIBEIRO, 2010; SOUZA; DOURADO, 2015).

Com relação ao *ensino híbrido*, vale a conceituação formulada por Christensen, Horn e Staker (2013, p. 8) de que essa modalidade "é um programa de educação formal" no qual o estudante aprende conteúdos de forma integrada tanto em uma localidade física supervisionada, que pode ser a escola, com suas regras e horários definidos, como por meio do ensino *online*, com flexibilidade de tempo, local e ritmo do aprendizado. Segundo os autores, o mais importante do ensino híbrido é a *individualização*, pois os estudantes têm um controle significativo sobre quando, como e de onde irão acessar os conteúdos *online*. De acordo com Bacich, Tanzi Neto e Trevisani (2015), a palavra mais apropriada seria *personificação*.

Conforme Moran (2015), a palavra *híbrido* também se aplica ao processo de aprendizagem que se concretiza por três movimentos: a construção individual (em que cada estudante escolhe

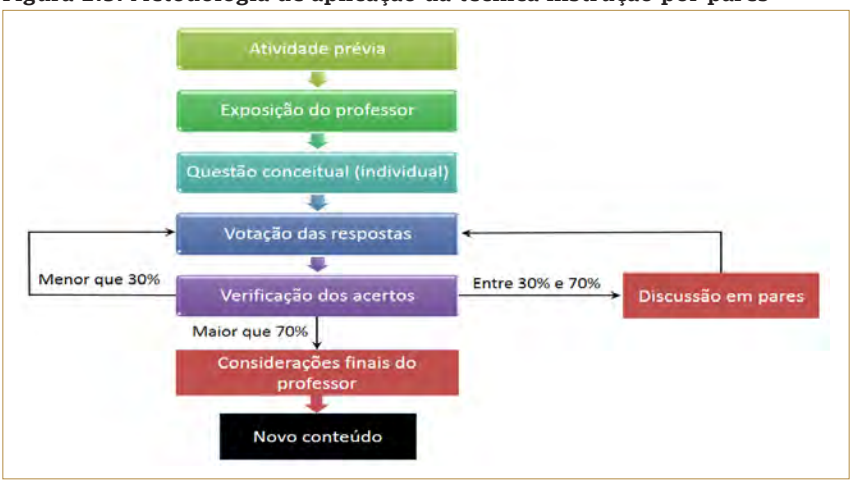
e percorre um caminho nos momentos *online*), a construção coletiva (pelo envolvimento, interação e compartilhamento com seus colegas nos momentos presenciais) e a construção tutorial (mediada por um ou mais docentes). Aliás, o papel do professor é o de curador e orientador, pois ele escolhe as informações mais relevantes em um universo disponível e auxilia seus pupilos a encontrem sentido na interligação dos conhecimentos (MORAN, 2017).

A *instrução por pares* (do original *peer instruction*), também difundida no Brasil como *aprendizagem por pares*, foi proposta por Eric Mazur em 1997, professor de física da Universidade de Harvard (EUA).

Essa metodologia é considerada simples e eficaz, em que o estudante deve compreender o assunto previamente para discutir com seu colega, de forma colaborativa, após a exposição pelo professor e formulação de uma pergunta (MAZUR, 2015). A técnica, originalmente desenvolvida para o ensino superior, pode ser adaptada a qualquer nível ou modalidade de ensino, com planejamento pelo docente do tempo de cada etapa.

A Figura 2.3 resume a aplicação da metodologia de instrução por pares.

Figura 2.3. Metodologia de aplicação da técnica instrução por pares



FONTE: Lasry, Mazur e Watkins (2008, p. 1067), adaptada pela autora.

Ao iniciar a metodologia, o professor deve indicar o conteúdo e o material de referência a serem abordados em sala de aula, que podem ser manuais, livros didáticos, textos, artigos, vídeos, filmes, músicas, entre outros, relevantes à área de estudos. Isso posto, os estudantes devem ter um primeiro contato com o tema de forma autônoma, antes da aula. Em sala, o professor deve fazer uma pequena exposição sobre o assunto e formular uma questão conceitual para que os discentes respondam individualmente, com alguns minutos para reflexão, informando as respostas ao professor. Se menos de 30% da turma acertar, o professor deve repetir a votação das respostas, até que haja de 30 a 70% de acertos. Então, a próxima etapa é a discussão em pares, que podem também ser trios. Essa é a oportunidade de os estudantes discutirem as questões entre eles, objetivando chegar a um consenso sobre qual seria a resposta correta e suas justificativas. Com essa interação, o objetivo do docente é que mais de 70% das respostas estejam corretas, para que ele finalize o conteúdo e possa avançar para o tema seguinte (MAZUR, 2015).

A metodologia de instrução por pares foi inspiração para o professor de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília, Ricardo Fragelli, criar, em 2013, o Método Trezentos, em alusão aos guerreiros espartanos, que defendiam seus compatriotas (FRAGELLI, 2019). A partir da aplicação de uma avaliação, os estudantes são divididos em grupos e cada líder (o estudante que obteve a maior nota ou conceito) auxilia os demais a se preparem para uma nova avaliação (FRAGELLI, 2015). Com esse método, Fragelli e Fragelli (2017) mostraram como foi possível aumentar a aprovação de 50% para 95% em uma disciplina do ciclo básico da área das engenharias.

Outra metodologia [...]ativa relaciona a aprendizagem ao lúdico. Apesar de os jogos acompanharem a humanidade desde a pré-história (RAMOS, 1982), o termo *gamificação* é relativamente recente, com consenso de que tenha sido cunhado em 2002 pelo programador e *game designer*, Nick Pelling (VIANNA *et al.*, 2013). Todavia, em 2010, em uma palestra motivante da TED, a *game designer* McGonigal (2010) mostrou que é possível mudar

o mundo usando jogos ou estratégias de jogos em ambientes reais, o que foi consolidado como *gamificação*. Por sua fala, ficou muito claro que as pessoas se engajam em missões épicas para atingir um objetivo bem definido com a colaboração de outros jogadores. Um exemplo curioso citado pela autora foi relatado por Heródoto, na obra "A História", de como o rei da Lídia (500a.C.) conseguiu manter sua nação em uma época de escassez de recursos: em um dia eram fornecidos alimentos para a população e no dia seguinte todos se envolviam em jogos com dados e ninguém se alimentava (MCGONIGAL, 2010). Segundo a narrativa, essa disciplina perdurou por 18 anos.

Com base nessa inusitada história, mesmo sem comprovação de ser totalmente verdadeira, pode-se acreditar que realmente há engajamento de forma prazerosa em ambientes de jogos, onde a emoção pelo desafio e encantamento se sobrepõe até a algumas necessidades fisiológicas. Isso pode ser transportado para a vida real, pois todo o engajamento e gasto de energia usado no jogo pode ser convertido para a solução de problemas reais. A partir dessa constatação, diversos estudos se direcionaram para adaptar a utilização da gamificação em áreas para maximizar resultados de forma mais eficiente e agradável, como na medicina, no gerenciamento de empresas e na educação (FARDO, 2013).

Mas eu gostaria de abrir parênteses na discussão sobre gamificação para chamar a atenção para o meio de divulgação usado por Jane McGonigal para expressar suas ideias. A TED, criada em 1984, é uma organização sem fins lucrativos, apartidária, dedicada a divulgar ideias, geralmente na forma de palestras curtas e poderosas, de 18 minutos ou menos (TED, 2020). A sigla de seu nome remete à ideia das palestras originais, que eram sobre a convergência de Tecnologia, Entretenimento e Design. Hoje, as palestras realizadas pela organização abrangem inúmeras áreas, em mais de 100 idiomas. Devido ao sucesso do conceito, a TED mantém a plataforma TED-Ed, voltada para o compartilhamento de ideias na área de educação. Essa é uma ferramenta considerável que pode ser aliada

ao novo processo educacional, envolvendo os estudantes tanto como espectadores e debatedores de ideias inspiradoras, como também palestrantes sobre assuntos de seus interesses.

Voltando ao assunto da gamificação, autores concordam que os jogos possuem quatro características definidoras: objetivo (alcance do resultado final), regras (limitações), sistema de *feedback* (pontuação, emblemas, níveis ou barra de progresso) e participação voluntária (MCGONIGAL, 2012; SALEN; ZIMMERMAN, 2012). Outras características complementares também estão presentes nos jogos, como interatividade, reações emocionais, abstrações, espaço (tabuleiros ou ambientes virtuais), narrativa, entre outros (KAPP, 2012).

Os jogos educacionais têm se mostrado muito eficazes na aprendizagem formal devido às suas inúmeras vantagens, como antecipação de uma situação futura, transporte a um ambiente fictício, frustração prazerosa, recompensa, conhecimento, inspiração, competição ou colaboração, desafio e engajamento (GEE, 2014).

Entretanto, o conceito de gamificação não se aplica à utilização de jogos em sala de aula, muito embora os jogos educacionais sejam ferramentas para a metodologia. Sobre a gamificação, Fardo (2013) explica que a ideia é usar as mesmas estratégias, métodos e pensamentos utilizados para resolver aqueles problemas nos mundos virtuais em situações do mundo real. O autor recorreu a uma imagem de Deterding *et al.* (2011) para situar e diferenciar a gamificação de outros contextos semelhantes. Segundo os autores, um *game* (jogo sério, formal) é um jogo completo, enquanto que um brinquedo é uma brincadeira completa (livre e descontraída).

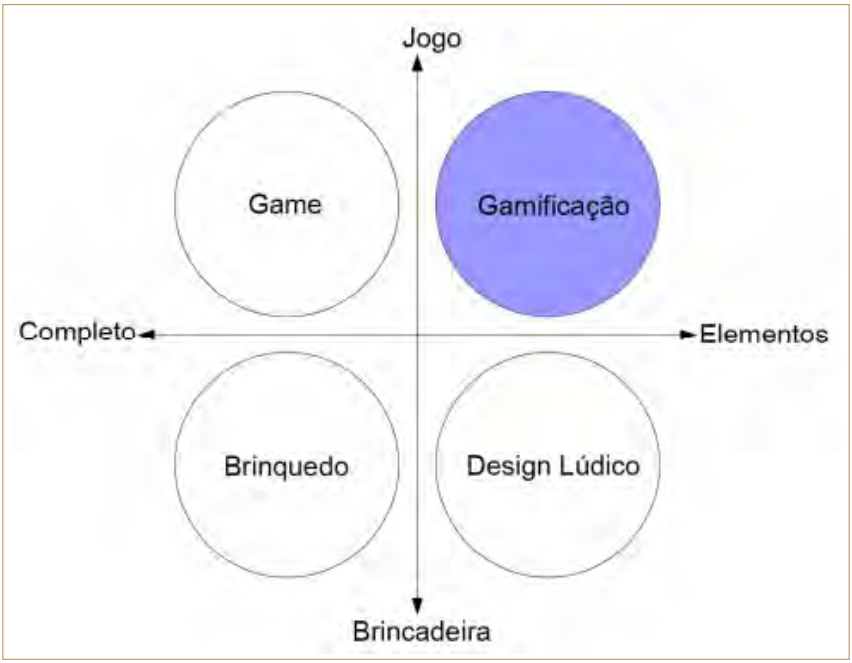
Os jogos de tabuleiro como *War*© e *Colonizadores de Catan*© ou *Pandemic*©; e os jogos digitais, como *Fortnite*©, *League of Legends*© and *Clash Royale*© são exemplos de *games*. Nestes casos, os jogos só podem ser finalizados quando uma pessoa, ou grupo de pessoas, atinge o objetivo. No caso do brinquedo, existe um objetivo, mas ele não necessariamente precisa ser atingido para que a brincadeira termine. As regras

também são flexíveis e podem ser alteradas pelos próprios participantes a qualquer momento. Exemplos de brinquedos são bonecas e carrinhos que podem ser usados para encenar brincadeiras de casinha, escolinha ou cidades.

Já o conceito básico de gamificação é a utilização dos elementos de jogos em um contexto específico. O sistema de acumulação de pontos pela utilização do cartão de crédito e troca por bilhetes de passagens aéras são exemplos do uso da gamificação no mercado econômico. Na escola, podem-se usar alguns elementos dos jogos, como uso de avatares e narrativas envolvendo os estudantes em uma explicação de história, por exemplo.

No caso do *design* lúdico, não há, necessariamente, objetivos ou uma metodologia mais precisa a seguir, podendo ser aplicado a um cenário elaborado no pátio da escola ou na biblioteca, por exemplo.

Figura 2.4 - Conceituação atual da gamificação



Fonte: Deterding *et al.* (2011, p. 13), traduzido por Fardo (2013, p. 67).

Na minha visão, o simples fato de aplicar uma atividade lúdica ou um jogo em sala de aula são técnicas que podem estimular os estudantes no processo de ensino e aprendizagem, principalmente se a mecânica do jogo for a colaboração em vez da competição. Acho que aqui chegamos a um ponto crucial dos jogos didáticos e educativos: se por definição a participação em um jogo deve ser voluntária, os estudantes não devem ser obrigados a jogar. Ele deve ser levado por uma motivação maior em querer participar, tendo em mente que o objetivo é ganhar, mas perder é o outro lado da mesma moeda. Nesse caso, o docente deve evidenciar a frustração prazerosa, em que perder não é motivo de decepção, senão de encorajamento para que na próxima rodada o estudante possa lograr êxito. Nesse sentido, os jogos colaborativos deixam os jogadores em situação de igualdade, em que todos serão ou ganhadores ou perdedores. E essa ferramenta tem a capacidade de ensinar muito além do conteúdo disciplinar.

Outra metodologia em alta é a cultura *maker*, cujo termo pode ser traduzido livremente por cultura de "criadores". Esse conceito surgiu em 2005 quando Dale Dougherty, inspirado pelo movimento norte-americano DIY (*Do It Yourself*, faça você mesmo, em tradução livre) publicou a revista *Make*, onde compartilhava ensinamentos de como fazer coisas. No ano seguinte, Dougherty organizou a primeira *Maker Fair* (Feira de Criadores, em tradução livre) que reuniu, aproximadamente, 20 mil pessoas (DOUGHERTY, 2012). Devido à projeção do assunto e a paixão norte-americana pela fabricação e inovação, em 8 de junho de 2014, aconteceu uma *Maker Fair* na Casa Branca, que levou o então presidente Barack Obama a declarar esse dia como o Dia Nacional da Criação (*National Day of Making*, em inglês) (THE WHITE HOUSE, 2014). Essas feiras têm acontecido ao redor do mundo anualmente e, em 2017, mais de um milhão e meio de pessoas visitaram alguma Feira *Maker* (TAS, 2020).

Os quatro elementos que qualificam o movimento *maker* são: a criatividade (também simbolizado pela originalida-

de e empoderamento); a colaboração (que engloba as ideias de democratização ou *open source*, ou seja, ausência de direitos autorais), a sustentabilidade (com práticas de reuso, reutilização, reciclagem, hábitos anti-consumistas e desperdício zero), e a escalabilidade (entendida como o potencial de uma criação poder ser replicada) (TAS, 2020). Para Hatch (2013), outros conceitos são importantes, como fazer, compartilhar, doar, aprender, equipar-se, brincar, participar, auxiliar, errar e mudar. O autor e outros pesquisadores concordam que o erro faz parte do aprendizado e, em vez de punição, deve ser encarado como desafio para superação e aperfeiçoamento (BROCKVELD; SILVA; TEIXEIRA, 2018).

De acordo com Anderson (2012), os *makers* são os protagonistas da nova geração da revolução industrial. Segundo o autor, "pessoas comuns", mais com ideias do que com dinheiro, se transformam em criadores e "fazedores" de seus próprios projetos.

Com todos esses encantamentos, a cultura *maker* chegou imediatamente à educação, em 2005, quando o professor do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Neil Gershenfeld, criou os *Fab Labs* (Laboratórios de Fabricação) para o ensino superior (HALVERSON; SHERIDAN, 2014).

Atualmente, segundo o Rede *Fab Lab* Brasil (2020), existem 1.963 *lab fabs* implantados ou em fase de implantação no mundo. No Brasil, são 82 *fab labs* ativos. Como as ferramentas e os equipamentos que compõem um *fab lab* são caros, pode ser que as escolas não tenham recursos para implantação desses espaços. Um *makerspace* deve ter ferramentas básicas e, pelo menos, uma impressora 3D e uma cortadora a laser. Mas aí vem uma boa notícia: como a cultura *maker* tem por premissa o compartilhamento, os *fab labs* podem ser usados por professores e estudantes, basta organização, ideias e projetos. Dougherty (2012), defendendo a cultura *maker* na escola, deixou claro que hoje os estudantes não devem ser testados para aferir o quanto sabem, mas sim, desafiados a pensar sobre o que farão com o que sabem.

De forma interligada à cultura *maker* e a outras metodologias como uma robusta ferramenta de ensino, encontram-se os princípios da educação *STEM / STEAM* (BACICH; HOLANDA, 2020).

A educação STEM foi apresentada pela Fundação Norte-americana de Ciência, a *National Science Foundation* (NSF), nos anos 1990, como uma proposta de ensino *inter* e *multidisciplinar* (SANDERS, 2008). Na época, a sigla proposta era SMET, porém, em inglês, esse acrônimo é parecido com 'smut', que significa 'obscenidade'. Ao trocar a ordem das letras, chegou-se a 'stem' que, apropriadamente, em inglês significa 'haste', remetendo à ideia de algo sustentável.

Com significativos resultados, a metodologia logo se espalhou pelo planeta e ganhou muita força na China, Austrália e Reino Unido, apoiando políticas governamentais para sua implantação (BACICH; HOLANDA, 2020). Parece que o interesse pelo sistema de educação STEM em outros países fez acender nos EUA uma luz vermelha de alerta, levando o governo federal norte-americano a assumir um papel fundamental na promoção da educação STEM, "trabalhando em parceria com as partes interessadas em todos os níveis e buscando remover as barreiras à participação em carreiras STEM, especialmente para mulheres e outros grupos sub-representados" (NSTC, 2018). O objetivo do programa é permitir que todos os americanos tenham acesso vitalício à educação STEM de alta qualidade. Por esse movimento, Catterall (2017), de forma anedótica, concluiu que a preocupação norte-americana é principalmente com a expansão chinesa e a adoção da STEM na China, enfatizando que os EUA temem que os produtos tenham, no futuro, um rótulo onde se lê "Inventado na China" em vez do atual "Feito na China", já que a educação STEM está intimamente ligada à inovação.

Disputas econômicas à parte, antes de conceituar STEM ou STEAM é interessante usar o método clássico de investigação e conceituar cada caractere do acrograma para se chegar à definição do todo.

Para Yakman (2008), corroborado por Quinn, Reid e Gardner (2020), cada letra tem uma ideia abrangente, de forma que todas as disciplinas do ensino básico se fazem presentes no bojo da metodologia. A letra S representa a *Ciência* (do inglês, *science*), entendida como uma forma de compreender o mundo, explicando os fenômenos que ocorrem naturalmente no planeta. É representado pelas disciplinas de Física, Biologia, Química, Geociências, Ciência Espacial e Bioquímica, incluindo a história dessas disciplinas, suas naturezas, conceitos, processos e formas de investigação (YAKMAN, 2008).

A *Tecnologia* é tudo o que é feito pelo ser humano para atingir um objetivo (YAKMAN, 2008). Para Quinn, Reid e Gardner (2020), a tecnologia pode ser um artefato físico (por exemplo, um celular ou um martelo), um artefato não-físico (por exemplo, uma receita de bolo) ou um processo (por exemplo, o projeto de uma casa). Para os autores, há correlação rotativa entre ciência e tecnologia, pois a ciência explica o mundo natural por meio de modelos e teorias, enquanto que a tecnologia aplica modelos e teorias para alterar o mundo natural. Hoje é difícil entender ciência sem tecnologia. É como se o mundo real fosse uma moeda com suas duas faces: de um lado, a ciência, e do outro, a tecnologia. Como exemplos de áreas tecnológicas, Yakman (2008) lista Medicina, Agricultura e Biotecnologia, Informação e Comunicação, Transporte, Construção, Fabricação e Energia.

Definirei a *Matemática* antes da engenharia por uma questão didática de construção das definições. A matemática é uma linguagem abstrata que traduz as leis naturais e que pertence a todos os outros campos do conhecimento. A matemática quantifica e qualifica fenômenos naturais da ciência e torna possível a tecnologia, ao mesmo tempo em que a tecnologia possibilita o desenvolvimento de conceitos matemáticos complexos (YAKMAN, 2008). Entende-se por matemática o conjunto de números e operações, álgebra, geometria, medição, análise de dados e probabilidade, solução de problemas, raciocínio, lógica, trigonometria e cálculo.

De posse das definições anteriores, a *Engenharia* pode ser definida como o uso da criatividade e da lógica, com base na matemática e nas ciências, utilizando a tecnologia como agente de ligação para criar contribuições para o mundo. Neste campo podem entrar as engenharias Aeroespacial, Química, Civil, Elétrica, Ambiental, Agrícola, Mecânica, de Produção, de Materiais, de Mineração, de Pesca, Nuclear, Naval, Arquitetura, entre outras.

Finalmente, somando todas as letras dessa famosa sigla, seria de se esperar uma definição de STEM. Entretanto, no campo teórico, ainda há controvérsias sobre como a educação STEM pode ser realmente alcançada. Existem conceitos divergentes sobre a própria definição do que seja a metodologia STEM e sobre como integrar as áreas em questão. Em maio de 2020, a revista *Science & Education* publicou uma edição especial com a temática *Natureza STEM*. Nessa edição, McComas e Burgin (2020) indagam: a educação STEM é uma revolução em curso, uma moda passageira ou um imperativo instrucional? Uma constatação dos autores foi que o *Journal of Industrial Teacher Education* mudou seu nome em 2010 para *Journal of STEM Teacher Education*, com pouca mudança aparente em sua orientação, além da promoção crescente de uma forma de ensino STEM nos EUA.

Por meio de estudos aprofundados, McComas e Burgin (2020) observaram que há duas definições de STEM adotadas por vertentes divergentes: i) se um professor aborda uma das letras da sigla em suas aulas, ele é um professor STEM; ii) para ser STEM é preciso integrar duas ou mais áreas de conhecimento do acrônimo.

Assim, com certa cautela, os autores concluíram que, por enquanto, são admitidas as duas definições, pois a metodologia ainda está em construção. A primeira definição deveria ser adotada pela sigla STEM, ou S+T+E+M, como definiram Quinn, Reid e Gardner (2020), sem integração de disciplinas. A segunda conceituação deveria ser chamada de I-STEM, onde haveria interdisciplinaridade (MCCOMAS; BURGIN, 2020).

Para ambas as definições, vários autores criticam a grande ênfase nas quatro áreas em detrimento a outras tão igualmente importantes. Pleasants (2020) acredita que os

> muitos esforços integrados de educação STEM tendem a se concentrar em problemas STEM que são estreitamente enquadrados e que não incluem atenção às dimensões sociais, culturais, políticas ou éticas. [...]. Se a educação STEM é para preparar os alunos para lidar com problemas complexos no mundo real, então mais atenção deve ser dada às abordagens que incluem as dimensões não-STEM que existem nesses problemas (PLEASANTS, 2020, p. 831).

Foi por esse motivo que não demorou para que as *Artes* pudessem integrar a metodologia, com o propósito de tornar o aprendizado mais criativo, crítico e reflexivo (MARTINEZ, 2017; RILEY, 2014), transformando a sigla em STEAM ou STΣ@M, como propôs Yakman (2008). Como as artes são difíceis de conceituar pela diversidade de suas características, a autora as classificou em: *artes da linguagem* (relacionadas à comunicação: língua portuguesa, línguas estrangeiras modernas, literatura, LIBRAS), *belas artes* (expressões criativas, como pintura, escultura e teatro), *artes físicas* (movimento pessoal ou coletivo, como esportes e danças), *artes manuais* (relacionados à fabricação de objetos, como artesanato) e *artes liberais* (ciências sociais, como sociologia, filosofia, psicologia, história, política, entre outras). Para essa pesquisadora, a interpretação do novo acrônimo STΣ@M seria "Ciência e Tecnologia, interpretadas por meio da Engenharia e das Artes, tudo baseado em uma linguagem da Matemática" (YAKMAN, 2008, p. 351). Nessa linha de raciocínio, parece-me adequado o uso do símbolo @ em vez da letra A.

Em vista das discussões, conclui-se que uma única definição sobre essa metodologia ainda é prematura. Logo, permita-me propor uma conceituação considerando os objetivos deste livro. Primeiramente, assim como McComas e Burdin (2020), acho que as disciplinas isoladas dentro do currículo do ensino fundamental (2º ciclo) e ensino médio devem continuar

existindo. Isso permite que os estudantes tenham a oportunidade de conhecer os fundamentos de cada área, bem como sua linguagem própria e formas de investigação. Talvez a carga horária das disciplinas devesse ser discutida e alterada para que acomodasse um projeto integrador STEAM em algum momento.

Isso posto, a metodologia STE@M por mim proposta para a área de sustentabilidade, seria compreendida como a integração de conteúdos de ciência e tecnologia para resolução de problemas de engenharia usando elementos de artes e matemática. Essa integração pode ser operacionalizada por um ou mais professores. A metáfora de uma bacia hidrográfica, usada por Quinn, Reid e Gardner (2020), é adequada neste caso: o produto da aplicação da metodologia seria o exutório (única saída de água da bacia), e cada área (ciência, tecnologia e engenharia) contribuiria para o resultado final como os rios afluentes ou tributários. Além disso, cada rio da bacia (afluente ou principal) é moldado pelo relevo topográfico, tipo de solo e vegetação, fauna terrestre e aquática, entre outros aspectos, que neste exemplo representariam a matemática e as artes. Por essa visão é inevitável pensar em Leonardo da Vinci quando se discute STEM ou STEAM.

Por fim, para encerrar a conceituação sobre as metodologias [...]ativas propostas por esse livro, é preciso entrar no debate a *sala de aula invertida* (SAI). Embora a definição conceitual teórica inicial categorize a SAI como ferramenta do ensino híbrido (CHRISTENSEN; HORN; STAKER, 2013), um dos autores da SAI, Jonathan Bergmann, em recente entrevista afirmou que a metodologia "é uma meta-estratégia que apoia todas as outras, porque dá aos professores algo que pode parecer difícil de dimensionar: tempo" (LACERDA, 2018, p. [3]). Essa "economia" deve acontecer para valorizar o tempo quando os professores e estudantes estão em contato presencial e utilizá-lo em sala de aula para algo mais produtivo, como o aprofundamento de conceitos ou a aplicação de alguma outra metodologia [...]ativa. De acordo com o autor, "essa é a grande inovação" da SAI (LACERDA, 2018, p. [4]).

Por esse procedimento, os estudantes se preparam antes da aula presencial, procurando as informações básicas sobre determinado tema proposto pelo docente (BERGMANN; SAMS, 2016). De acordo com os autores, o estudo prévio deve ser realizado mediado por tecnologias virtuais, como aulas gravadas pelo próprio professor (com, no máximo, seis minutos de duração), vídeos de plataformas digitais, textos, *blogs*, *podcasts*, jogos digitais, entre outros.

Entretanto, considero que, apesar de o mundo estar extremamente conectado, ainda existem estudantes com dificuldade de acesso virtual, e se estamos preocupados com o aprendizado significativo, precisamos incluir 100% da turma. Dessa forma, julgo que a pesquisa introdutória para SAI também deve considerar as experiências pessoais (exploratórias reais e sensitivas). Por exemplo, ao iniciar um tópico de química, o docente pode pedir que seus educandos comparem rótulos de diferentes águas minerais com relação a algumas características químicas, como pH, condutividade ou composição química. Isso pode ser feito pela *internet*, mas também pode ser averiguado na venda da esquina. Essa antecipação faz parte do apelo motivacional que o professor proporciona ao iniciar um novo assunto e não pode encontrar um entrave na forma de obtenção. Portanto, penso que a sala de aula invertida não necessariamente precisa de tecnologias virtuais, como o ensino híbrido.

Para dar continuidade à SAI, já na escola, o professor pode aplicar uma avaliação diagnóstica para identificar se algum estudante ainda necessita de orientação. A etapa seguinte poderia ser a apresentação de um problema, a proposição de estudos dirigidos em grupos, a aplicação de um jogo, a elaboração de uma maquete, uma aula prática de laboratório, ou ainda uma visita técnica (MORAN, 2015).

De acordo com a professora Jackie Gerstein, o modelo completo da SAI possui quatro etapas: i) a motivação, que acontece de forma presencial e pode ser lúdica; ii) a busca pelo conteúdo, que pode ser previamente definido ou não

pelo docente; iii) a aula presencial, com a aplicação do conteúdo; iv) a apresentação dos resultados ou produtos (CORTELAZZO *et al.*, 2018).

Após essa visão panorâmica sobre formas de metodologias [...]ativas, e face a todo o seu enredamento, observa-se que, por um lado, alguns estudantes não apreciam de imediato as propostas de metodologias [...]ativas, pois saem da condição de passivos para a condição de protagonistas de sua educação, precisam se engajar no processo de aprendizagem. Por outro lado, alguns professores têm dificuldades para aplicar a metodologia por não terem sido formados nesta perspectiva (VENTURINI; SILVA, 2018). E ainda arrisco a dizer que é fundamental muito investimento e muitas horas de treinamento para os docentes.

Porém, em meio às adversidades, estudos mostram que o processo de metodologias [...]ativas tem vantagens na efetiva aprendizagem e desenvolvimento dos estudantes (DIEGO-MANTECÓN *et al.*, 2017; SEGURA, 2016), e que os aprendizes são capazes de desenvolver a autonomia, como ensinava Freire (2011). Por meio das concepções, os estudantes são habilitados a construirem seus próprios universos de estudo por meio da pesquisa e ludicidade, como preconizavam Saviani (2012) e Alves (2004), almejando a educação integral (MORIN, 2010; ROHDEN, 2005;) a partir da vivência e experimentação (MORIN, 2011). Para além disso, como facilitadores e orientadores, os docentes têm a valiosa oportunidade de aprender sobre os temas propostos para que possam escapar de se transformar em "professauros", como alertava Antunes (2011, p.13).

Além dos consagrados já citados, também precisam ser ressaltados os métodos de outros grandes educadores, como Lev Vygotsky, Jean Piaget, David Ausubel (MAIDAME, 2018), Célestin Freinet, Maria Montessori, Antón Makarenko (ANTUNES, 2011), Henri Wallon (SOUZA; DOURADO, 2015), Carl Rogers, Michel Lobrot e Anísio Teixeira (GADOTTI, 2011), dentre outros.

Creio que esse é um dos caminhos possíveis chegar ao futuro com o mínimo de preparação. O Quadro 2.2 relaciona as

15 principais habilidades para o mundo do trabalho em 2025, segundo o recente *Relatório das Profissões do Futuro*, do Fórum Econômico Mundial (WEF, 2020).

Quadro 2.2 – As principais habilidades para o mundo do trabalho em 2025

Principais habilidades	
1	Pensamento analítico e inovação
2	Aprendizagem ativa e estratégias de aprendizagem
3	Resolução de problemas complexos
4	Pensamento crítico e analítico
5	Criatividade, originalidade e iniciativa
6	Liderança e influência sócia
7	Uso, monitoramento e controle de tecnologia
8	Projeto e programação de tecnologia
9	Resiliência, tolerância ao estresse e flexibilidade
10	Raciocínio, resolução de problemas e ideação
11	Inteligência emocional
12	Solução de problemas e experiência do usuário
13	Orientação de serviço
14	Análise e avaliação de sistemas
15	Persuasão e negociação

FONTE: WEF (2020).

Como síntese desse tópico, concordo com Bicalho e Oliveira (2011) em que as diferentes abordagens do conhecimento científico (uni, multi, pluri, inter e transdisciplinar) não são totalmente contraditórias ou excludentes, mas necessárias e, muitas vezes, complementares em diferentes etapas do processo investigativo para determinado nível de ensino. Da mesma maneira, considero que as metodologias [...]ativas apresentadas devem ser utilizadas de modo integrado, pois cada conteúdo se adapta melhor a uma técnica. A diversificação deve acontecer pelo mesmo motivo pelo qual variamos nosso cardápio, como compararam Bacich e Moran (2017). Um único menu pode levar a uma alimentação saudável, porém se repetirmos a mesma receita todos os dias logo teremos uma rotina insuportável. Variando os ingredientes com criatividade, vamos descobrir novas combinações e sabores.

Portanto, como forma de diversificar a experiência do aprendizado, todas as formas de metodologias [...]ativas deveriam fazer parte do currículo de um curso. Caso as metodologias [...]ativas não sejam institucionalizadas, poderiam fazer parte do plano de ensino de uma disciplina. Isso já promoveria uma dinâmica inesquecível para os educandos.

Por ser uma ciência humana, a evolução da educação nunca foi rápida como tem sido a evolução da tecnologia. Entretanto, é indubitável que a pandemia de Covid-19 nos trará um novo paradigma e esse desafio deve ser aceito com alegria, pois o futuro será o que fizermos agora. Que momento mágico para se estar vivo e fazer parte dessa revolução!

3. Calendário ambiental

Morro para Pedra Furada, Jericoacoara – CE
Foto: Mariléa Trierveiler Pereira

O nosso aniversário é uma data especial. É um dia para agradecermos pelo dom da vida e da inteligência[2], para comemorarmos sucessos e realizações. Esse momento é próprio para reflexões e não significa que somos lembrados apenas nesta data. Estamos presentes todos os dias do ano na vida das pessoas que nos rodeiam.

Assim como o nosso aniversário, alguns dias comemorativos (ou como alertas) presentes em nosso calendário tam-

[2] No sentido de autoconsciência.

bém se tornam importantes, a fim de que possamos refletir, ou comemorar e/ou discutir os verdadeiros significados destas datas. Não devemos nos lembrar do que está ao nosso redor apenas no dia sugerido, que é somente simbólico. Devemos fazer com que esses valores sejam incorporados ao nosso modo de viver, de agir, de pensar e de sentir.

Na maioria das escolas, é adotado um calendário festivo com a comemoração das principais datas, como Páscoa, Dia das Mães, Dia dos Pais, Dia das Crianças, Natal, além das datas cívicas. Essas comemorações ajudam a manter vivas a cultura, a religião e as tradições de um povo.

Da mesma forma, sugere-se que sejam realizadas ações, de forma contínua, durante todo o ano letivo, com atividades transdisciplinares baseadas em um **calendário ambiental**, organizado no Quadro 3.1. Não foram inseridos neste calendário os dias das profissões, com exceção do estudante, professor e educador ambiental.

A apresentação das datas ambientais também apela para o lado emotivo, pois os educandos (além de docentes e outros empregados ou servidores da escola) criam empatia com a causa se têm o dia do seu aniversário presente no calendário ambiental. Aliás, essa é uma boa forma de iniciar a discussão, questionando o dia do aniversário dos estudantes e apresentando as datas ambientais, caso coincidam.

Quadro 3.1 – Sugestão de calendário ambiental a ser adotado por instituições de educação básica, ensino fundamental e médio como conteúdo programático[3]

JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO
01 – Dia Nacional da Confraternização Universal 01 – Dia da Paz Universal **11 – Dia Nacional de Combate à Poluição por Agrotóxicos**	02 – Dia Mundial das Zonas Úmidas	01 – Dia Nacional do Turismo Ecológico 03 – Dia Mundial da Vida Selvagem 07 – Dia Nacional dos Cegos 15 – Dia Mundial do Circo **16 – Dia Nacional da Conscientização sobre as Mudanças Climáticas** 19 – Dia Nacional da Escola 21 – Dia Mundial da Poesia 21 – Dia Mundial das Florestas **22 – Dia Mundial da Água** 27 – Dia Mundial do Teatro
ABRIL	**MAIO**	**JUNHO**
02 – Dia Mundial do Livro Infantil 07 – Dia Mundial da Saúde 15 – Dia Mundial da Arte **15 – Dia Nacional da Conservação do Solo** 18 – Dia Nacional do Livro Infantil 19 – Dia Nacional do Indígena 21 – Dia Mundial da Criatividade e Inovação **22 – Dia Mundial do Planeta Terra** 23 – Dia Mundial do Livro 28 – Dia Mundial da Educação* 28 – Dia Nacional da Caatinga 28 – Dia Mundial da Saúde e Segurança no Trabalho 29 – Dia Mundial da Dança	**03 – Dia do Sol** 09 - Dia Mundial das Aves Migratórias 17 - Dia Mundial da Reciclagem **20 – Dia Mundial das Abelhas** **22 – Dia Mundial da Biodiversidade** 27 – Dia Nacional da Mata Atlântica 31 – Dia Mundial de Combate ao Fumo	**05 – Dia Mundial do Meio Ambiente** **08 – Dia Mundial dos Oceanos** **17 – Dia Mundial contra Desertificação e Seca** 26 – Dia Mundial de Combate às Drogas
JULHO	**AGOSTO**	**SETEMBRO**
08 – Dia Nacional da Ciência **17 – Dia Nacional da Proteção das Florestas** 26 – Dia Mundial da Conservação de Manguezais 28 – Dia Mundial de Conservação da Natureza 30 – Dia Mundial da Amizade	05 – Dia Nacional da Saúde 09 – Dia Mundial dos Povos Indígenas 11 – Dia Nacional do Estudante 12 – Dia Nacional das Artes **14 – Dia Nacional do Combate à Poluição Industrial** 22 – Dia Nacional do Folclore 29 – Dia Nacional de Combate ao Fumo	05 – Dia Nacional da Amazônia 07 – Dia Mundial do Ar Limpo 11 – Dia Nacional do Cerrado **16 – Dia Mundial para Prevenção da Camada de Ozônio** **21 – Dia da Árvore** 26 – Dia Nacional do Surdo

Continua

[3] As datas relacionadas ao meio ambiente, detalhadas neste livro, estão destacadas.

Continuação

OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
03 – Dia Nacional das Abelhas 03 – Dia Nacional da Agroecologia **04 – Dia Mundial dos Animais** **05 – Dia Nacional da Ave** 05 – Dia Mundial do Professor 12 – Dia Nacional da Criança 15 – Dia Nacional do Professor 15 – Dia Nacional do Educador Ambiental 16 – Dia Mundial da Alimentação 17 – Dia Mundial pela Erradicação da Pobreza 29 – Dia Nacional do Livro 31 – Dia Nacional da Poesia	01 – Dia Nacional da Espeleologia 05 – Dia Nacional da Ciência e Cultura 10 – Dia Mundial da Ciência pela Paz e pelo Desenvolvimento 12 – Dia Nacional da Liberdade 12 – Dia Nacional do Pantanal 16 – Dia Nacional da Amazônia Azul 19 – Dia Nacional da Bandeira 20 – Dia Nacional da Consciência Negra 22 – Dia Mundial da Música **24 – Dia Nacional do Rio**	03 – Dia Mundial da Pessoa com Deficiência 03 – Dia Mundial da Luta Contra o Uso de Agrotóxicos 05 – Dia Mundial do Solo 08 – Dia Nacional da Família 10 – Dia Mundial dos Direitos Humanos 10 – Dia da Inclusão Social 11 – Dia Mundial das Montanhas 17 – Dia Nacional do Bioma Pampa 20 – Dia Mundial da Solidariedade Humana 31 – Dia da Esperança

FONTE: MMA (2018), MMA (2020a) e ONU (2020a), organizado pela autora.

NOTA: *esse dia foi instituído pelo Fórum Mundial de Educação, em 2000. Pela ONU, o Dia Mundial de Educação foi proclamado em 24 de janeiro de 2018.

Neste calendário ambiental são apresentadas datas relacionadas a **aspectos naturais** (poluição por agrotóxicos, mudanças climáticas, água, solo, Terra, Sol, abelhas, biodiversidade, meio ambiente, oceanos, desertos, florestas, poluição em geral, camada de ozônio, árvores, animais, aves, rio, vida selvagem, espeleologia, zonas úmidas, caatinga, mata Atlântica, Amazônia, Amazônia azul, pantanal, cerrado e pampa); a **aspectos humanos** (deficientes visuais, auditivos e físicos, crianças, consciência negra, povos indígenas e família); e ao **desenvolvimento cognitivo, motor e afetivo** (confraternização universal, esperança, liberdade, amizade, solidariedade, inclusão social, circo, arte, dança, teatro, livro, livro infantil, poesia, música, artes, folclore, educação, escola, saúde, alimentação, segurança no trabalho, combate ao fumo, combate às drogas, estudante, professor, educador ambiental, turismo ecológico, ciência e cultura, direitos humanos, erradicação da pobreza e bandeira).

Observa-se, nesse sentido, que muitas outras datas importantes podem ser lembradas e acrescentadas de acordo com necessidades específicas de cada grupo pedagógico.

O grande desafio na utilização desse calendário ambiental em sala de aula é fazer com que não seja motivador de

uma atividade específica apenas na data ou apenas em uma disciplina, mas ao contrário, que ele possa ser utilizado em atividades transdisciplinares que perdurem durante o bimestre, trimestre, semestre, ou todo o ano letivo.

Essas atividades não podem ter a duração de apenas um dia ou uma aula, porque a data seria apenas lembrada e trabalhada pontualmente. Os projetos integrados precisam ser desenvolvidos por, pelo menos, alguns dias (consecutivos ou não) e em algumas disciplinas, para que os conceitos possam ser internalizados pelos estudantes. Isso não deve ser encarado como perda de conteúdo ou tempo. Ao contrário do que se pode imaginar, a inter e transdisciplinaridade fará com que o aprendizado dos estudantes seja sedimentado e que seja significativo.

Todos os níveis de educação devem ser incluídos no projeto, cada um com atividades e responsabilidades condizentes com seu aprendizado. O ideal é que cada nível desenvolva suas atividades e façam explanações aos níveis anteriores. Um exemplo disso seria os estudantes do ensino médio apresentarem seus aprendizados aos estudantes do ensino fundamental, e estes apresentarem para os estudantes da educação básica.

Preferencialmente, as práticas e dinâmicas não devem coincidir com as avaliações das disciplinas, pois sobrecarregariam os estudantes. Como incentivo, os conceitos desses projetos podem ser englobados como porcentagens na avaliação de todas as disciplinas, ou como bônus.

Sugere-se que todas as atividades desses projetos sejam pensadas por todos os professores, coordenadores e diretores da escola, como uma equipe multidisciplinar.

Caso não seja possível desenvolver um projeto por bimestre, é fundamental que sejam desenvolvidos, pelo menos, um a cada semestre. Uma simples redação sobre a conscientização de uma data comemorativa em forma de artigo de opinião que possa ser enviado a um jornal de circulação local, por exemplo, induz o estudante a explorar e organizar suas ideias

sobre um determinado assunto. Neste caso, contempla-se a pesquisa, a extensão e o ensino, e o educando se motiva pela possibilidade de publicação.

Observa-se, portanto, que a aplicação do calendário ambiental por meio de metodologias [...]ativas tem os mesmos princípios que a Política Nacional de Educação Ambiental, como "o enfoque humanista, holístico, democrático e participativo; ii) a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade; iii) o pluralismo de ideias e concepções pedagógicas, na perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade; iv) a vinculação entre a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais; v) a garantia de continuidade e permanência do processo educativo; vi) a permanente avaliação crítica do processo educativo; vii) a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais; e viii) o reconhecimento e o respeito à pluralidade e à diversidade individual e cultural" (BRASIL, 1999).

Dessa forma, cumprem-se também os objetivos da lei: "i) o desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos; ii) a garantia de democratização das informações ambientais; iii) o estímulo e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social; iv) o incentivo à participação individual e coletiva, permanente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania; v) o estímulo à cooperação entre as diversas regiões do País, em níveis micro e macrorregionais, com vistas à construção de uma sociedade ambientalmente equilibrada, fundada nos princípios da liberdade, igualdade, solidariedade, democracia, justiça social, responsabilidade e sustentabilidade; vi) o fomento e o fortalecimento da integração com a ciência e

a tecnologia; e vii) o fortalecimento da cidadania, autodeterminação dos povos e solidariedade como fundamentos para o futuro da humanidade" (BRASIL, 1999).

A seguir serão apresentados os conteúdos básicos sobre as datas relacionadas aos **aspectos naturais** do calendário ambiental. Essas informações devem servir para orientar a escolha e aplicação da(s) prática(s) e dinâmica(s) pedagógica(s). Algumas datas ambientais não foram plenamente desenvolvidas em tópicos e encontram-se difusas ao longo do texto.

No caso do Dia da Abelha, cujos dias nacional e internacional são diferentes, a opção foi apresentá-lo na data mundial. Já no caso do Dia Mundial do Solo, que é em dezembro, não há tempo hábil para inseri-lo nas atividades pedagógicas, portanto, a escolha foi expô-lo na data nacional.

3.1. Dia do Controle da Poluição Por Agrotóxicos (11 de janeiro)

Trilha do rio São Pedro, Faxinal – PR
Foto: Máriam Trierveiler Pereira

A data surgiu devido à publicação do Decreto Federal nº 98.816, de 11 de janeiro de 1990, que regulamentou a Lei nº 7.802, de 1989, também chamada Lei dos Agrotóxicos. Atualmente, o decreto não está mais em vigor, foi revogado pelo Decreto nº 4.074, em 2002, porém a data ficou registrada por instituições ambientalistas como momento de reflexão sobre os danos causados por esses compostos ao meio ambiente, mesmo sem ser oficialmente instituída por lei.

Com vários sinônimos (defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, biocidas, agroquímicos), os agrotóxicos são compostos químicos sintéticos destinados a proteger, principalmente, as monoculturas contra pragas. Os nomes genéricos podem ser divididos em classes de atuação: inseticidas (para insetos), herbicidas (para plantas), fungicidas (para fungos), acaricidas (para ácaros), entre outros.

Originalmente, estes produtos foram desenvolvidos como arma química na Segunda Guerra Mundial. Para que a economia fosse restabelecida no período pós-guerra e não houvesse falta de alimentos para a crescente população, essas indústrias iniciaram o fornecimento de compostos químicos sintéticos para a agricultura, com alto poder biocida. Segundo Carson (1962), antes da guerra, os inseticidas eram produzidos com derivados de plantas e minerais, também chamados de primeira geração. Porém, os inseticidas de segunda geração, organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides (CARNEIRO, 2015), foram desenvolvidos em laboratório com a manipulação de moléculas de base carbônica, resultando em produtos estáveis e persistentes. Por essa razão, ainda na década de 60, foram encontrados resíduos de DDT em pinguins na Antártica (SLADEN; MENZIE; REICHEL, 1966).

Por um lado, apesar das promessas de aumento de produtividade por uso de agroquímicos, Chaboussou (2012) formulou a teoria da trofobiose em 1967, afirmando que alguns os agrotóxicos orgânicos sintéticos, como também adubos minerais solúveis (especialmente os nitrogenados), quando absorvidos pelas plantas, podem interferir na fisiologia do vegetal e favorecer o aparecimento de pragas e agentes fitopatogênicos.

Dez anos após a publicação do livro-denúncia de Carson, já havia considerável material na literatura científica relacionando os agroquímicos a efeitos cancerígenos, mutagênicos e teratogênicos (DURHAM; WILLIAMS, 1972). Ironicamente, Rachel Carson faleceu na primavera de 1964, vítima de um câncer de seio.

Um dossiê completo (Dossiê Abrasco) foi publicado recentemente pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), denuncian-

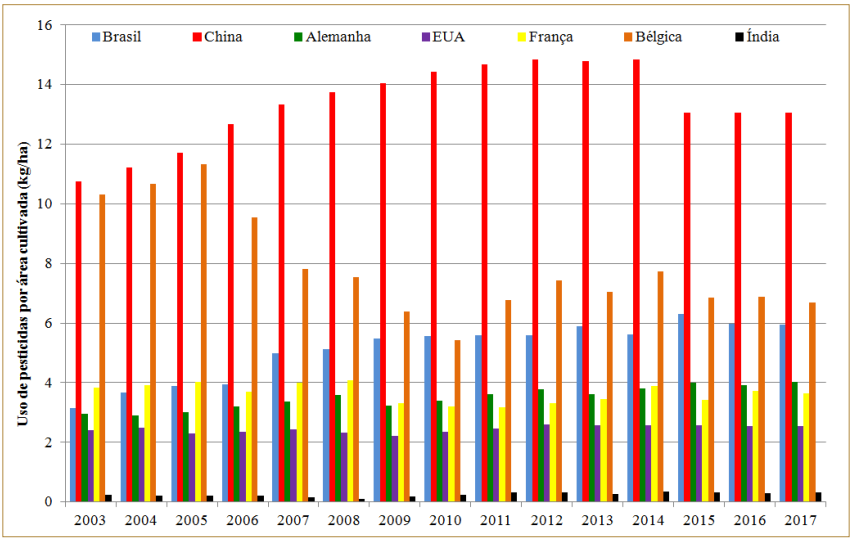
do a presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos, na água de abastecimento, na chuva e no leite materno. Essa publicação também relaciona o uso de pesticidas à uma série de sintomas e doenças, bem como relatos de casos de depressão e tentativas de suicídio por trabalhadores rurais intoxicados e a alta taxa de suicídios de indígenas em terras com pulverização de agrotóxicos por avião (CARNEIRO, 2015).

Por outro lado, a alegação de que o aumento populacional provocaria um colapso na produção de alimentos não tem se sustentado. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2020a), de 1990 a 2017, a população mundial aumentou 29,4% e a produção de alimentos global teve um acréscimo de 43,4%. O incremento de uso de pesticidas foi de 44,4% em todo o mundo neste período. Percebe-se, por conseguinte, que não seria necessário utilizar tamanha quantidade de pesticidas, pois o aumento da produção de alimentos resulta em grande desperdício, em torno de 15%, e não garante a segurança alimentar, principalmente nos países em desenvolvimento (SOARES *et al.*, 2019). Como tentativa de combate ao desperdício, existe, desde 2014, uma campanha de grande sucesso na Europa para a compra de hortaliças e frutas imperfeitas, fortemente rejeitadas apenas pela aparência (CAMARGO, 2016).

Logo, a explicação para a chamada Revolução Verde é econômica. Desde 2003, os maiores exportadores de pesticidas são China, Alemanha, Estados Unidos, França, Índia e Bélgica. Só em 2017, esses países, juntos, faturaram quase US$ 21 bilhões com este comércio (FAO, 2020a).

A Figura 3.1.1 mostra a evolução da utilização desses agroquímicos de 2003 a 2017, revelando que a China é recordista como usuária de pesticidas. Observa-se também que, apesar de a Índia ter a maior área cultivada do mundo, é um país com baixa utilização de agrotóxicos.

Figura 3.1.1 - Utilização de pesticidas por área cultivada, em kg/ha, no Brasil e nos maiores exportadores deste produto, de 2003 a 2017



Fonte: FAO (2020a), adaptado pela autora.

Contraditoriamente, a Índia não tem um bom histórico relacionado aos agrotóxicos. Em 3 de dezembro 1984, em Bhopal, devido a um vazamento de gases tóxicos da indústria de pesticidas da Union Carbide Corporation, cerca de 1.800 pessoas morreram por intoxicação. Fontes extraoficiais declararam que os óbitos foram de 2.000 a 10.000, um acontecimento severo e implacável. Calcula-se que mais de 300 mil pessoas ainda sofram de doenças, dores físicas e traumas psicológicos (BOGARD, 2019). Mais recentemente, em 2013, lamentavelmente vinte e cinco crianças, de 4 a 12 anos, morreram intoxicadas por inseticida na merenda em uma escola em Chappra, região mais pobre da Índia (REUTERS, 2013). Em 2016, a diretora da escola foi condenada a dezesseis anos de prisão por armazenar óleo de cozinha em recipiente com inseticida (INDIA TODAY, 2016).

Essa prática de reutilizar a embalagem vazia de pesticida também é adotada no Brasil. De acordo com a Lei nº 7.802/89, as embalagens "devem ser suficientemente resistentes em todas as suas partes" e esse fato incentiva os produtores, ou por

falta de instrução ou por falta de recursos financeiros, a reaproveitar as melhores embalagens para armazenamento de outros produtos (CARNEIRO, 2015).

A obrigatoriedade de tríplice lavagem e devolução das embalagens vazias aos estabelecimentos comerciais muitas vezes também não é atendida, o que ocasiona o descarte em margens de rios ou terrenos improdutivos. O Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias estima que o uso de produtos ilegais, falsificados ou contrabandeados, cujas embalagens não são devolvidas pelo agricultor, esteja entre 20 a 25% do volume total aplicado, resultando em potencial dano ambiental, uma vez que estas embalagens não têm destinação adequada (CARNEIRO, 2015; INPEV, 2020).

Em 2019, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) divulgou, na Resolução-RE nº 2.080, a reclassificação toxicológica dos agrotóxicos utilizados no Brasil, baseada nos critérios definidos pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS). O Quadro 3.1.1 mostra a nova classificação, com as cores das faixas que devem ser adotadas nos rótulos, a toxicidade da categoria e seus efeitos deletérios nos seres humanos.

Quadro 3.1.1 - Nova classificação toxicológica dos agrotóxicos

Categoria	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Não classificado**
Cor da faixa	**Vermelho** (PMS Red 199C)	**Vermelho** (PMS Red 199C)	**Amarelo** (PMS YellowC)	**Azul** (PMS Blue 293C)	**Azul** (PMS Blue 293C)	**Verde** (PMS Green 347C)
Toxicidade	Extremamente tóxico	Altamente tóxico	Moderadamente tóxico	Pouco tóxico	Improvável de causar dano agudo	-
Classe de Perigo						
Oral	Fatal se ingerido	Fatal se ingerido	Tóxico se ingerido	Nocivo se ingerido	Pode ser perigoso se ingerido	-
Dérmica	Fatal em contato com a pele	Fatal em contato com a pele	Tóxico em contato com a pele	Nocivo em contato com a pele	Pode ser perigoso em contato com a pele	-
Inalatória	Fatal se inalado	Fatal se inalado	Tóxico se inalado	Nocivo se inalado	Pode ser perigoso se inalado	-

FONTE: ANVISA (2019), adaptado pela autora.

Felizmente, como alternativa ao uso dos agrotóxicos, Ana Maria Primavesi publicou, pioneiramente no Brasil, uma série de estudos sobre manejo ecológico na agricultura, inaugurando a chamada Agroecologia (EXPRESSÃO POPULAR, 2015). Devido às suas pesquisas, em 2017, foi instituído no Brasil o Prêmio Nacional de Agroecologia *Ana Primavesi*, a ser concedido pelo poder público federal às organizações e pessoas da sociedade civil, parlamentares e autoridades públicas que se destacam no desenvolvimento da agroecologia e da produção orgânica e no seu apoio. Além disso, a Lei nº 13.565, de 2017, declarou o dia de nascimento de Ana Primavesi, 3 de outubro, como o Dia Nacional da Agroecologia.

Na contramão da hegemonia dos agrotóxicos, o Brasil tem se sobressaído, a duras penas, na promoção de uma agricultura sustentável, preconizados pelos ODS 2 e 12, da ONU. Em 2012, foi instituída a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica, por meio do Decreto nº 7.794. De acordo com a lei, a produção de base agroecológica é "aquela que busca otimizar a integração entre capacidade produtiva, uso e conservação da biodiversidade e dos demais recursos naturais, equilíbrio ecológico, eficiência econômica e justiça social"[...] (BRASIL, 2012a, p. 1).

Internacionalmente, esse movimento também é forte. Prova disso é que desde 1998 o dia 3 de dezembro é lembrado como o Dia Mundial da Luta Contra o Uso de Agrotóxicos (Global No Pesticides Use Day), instituído pela PAN (sigla em inglês para Rede de Ação para Pesticidas, *Pesticides Action Network*) em homenagem às vítimas do acidente em Bhopal.

Tenho plena certeza de que conseguiremos chegar a um equilíbrio a ponto de não usarmos mais nomes negativistas como "agro**tóxicos**" ou "bio**cidas**".

3.2. Dia Nacional de Conscientização das Mudanças Climáticas (16 de março)

Canion Itaimbezinho, Cambará do Sul – RS
Foto: Larissa Trierveiler Pereira

Em 16 de março de 2011, foi instituído o Dia Nacional de Conscientização das Mudanças Climáticas por meio da Lei nº 12.533. Muito tem se falado sobre essas mudanças que, recentemente, começaram a ser percebidas pela população em geral com verões e invernos mais quentes e mais chuvosos.

Para se entender as mudanças climáticas, é preciso retroceder no tempo. O efeito estufa é um fenômeno natural pelo qual o planeta passou nos seus últimos quatro bilhões de anos

devido a transformações da atmosfera. Segundo o Protocolo de Quioto (UNCC, 2020), os principais gases de efeito estufa (GEE) são o gás carbônico (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os hidrofluorocarbonetos (HFC), os perfluorocarbonetos (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6). Os três primeiros gases, presentes de forma natural na atmosfera, além do vapor d'água, atuam como se fossem o vidro em uma estufa. Em simples palavras, eles permitem a radiação solar entrar, porém não deixam que a radiação refletida (infravermelho) saia do ambiente, aquecendo a atmosfera e a superfície terrestre. Foi assim que o planeta pôde reter energia ao longo de 4 bilhões de anos, mesmo com o Sol sendo 25% mais frio do que atualmente (LOVELOCK, 1991).

Conclui-se, portanto, que o efeito estufa não é um problema ambiental, e sim, uma condição para a vida. O problema ambiental é a potencialização do efeito estufa pelo aumento dos GEE, causando o aquecimento global, com o consequente aumento da temperatura média da Terra e as mudanças climáticas.

O aquecimento global possui causas naturais e antropogênicas. Dentre as principais causas naturais podem ser citadas a atividade solar, o vulcanismo, as áreas alagadas, os oceanos e os cupins. Esses insetos emitem gás metano em decorrência de seu metabolismo (SPIRO; STIGLIANI, 2009). Segundo os autores, as causas antrópicas são, principalmente, a queima de combustíveis fósseis, as queimadas agrícolas, as plantações de arroz, o desmatamento, a geração e a incorreta destinação de resíduos sólidos, a criação de animais, o tratamento de efluentes orgânicos, a mineração de carvão, entre outros.

Devido ao problema observado, e para lograr um consenso científico, em 1988 foi estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente), o Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas, cuja sigla em inglês é IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (ONU BRASIL, 2020b).

Em 2013, o IPCC publicou seu Quinto Relatório de Avaliação, o AR5 (IPCC, 2020), com uma abrangente avaliação so-

bre as mudanças climáticas desde 2007, quando foi lançado o Quarto Relatório (AR4). De acordo com o AR5, foi observado que as emissões globais de dióxido de carbono aumentaram quase 50% desde 1990, sendo que as emissões cresceram mais rapidamente entre 2000 e 2010 do que em cada uma das três décadas anteriores (UN SDG, 2020). Isso provocou um acréscimo de 0,85°C na temperatura média global de 1880 a 2012.

Esse incremento já fez com que os oceanos se aquecessem, as quantidades de neve e gelo diminuíssem e o nível do mar aumentasse. De 1901 a 2010, a média global do nível do mar aumentou 19 cm (ONU BRASIL, 2020b). Conforme as Nações Unidas, a previsão de aumento médio do nível do mar será de 24 a 30 cm até 2065, e de 40 a 63 cm até 2100 (UN SDG, 2020). Esse cenário poderia trazer uma série de consequências desastrosas, como inundações recorrentes em cidades litorâneas, refugiados climáticos, desaparecimento de pequenas ilhas do Pacífico e do Índico com sua população nativa e biodiversidade, salinização de deltas e de aquíferos próximos ao mar, destruição de ecossistemas costeiros, vulnerabilização de usinas nucleares costeiras, entre outras (MARQUES, 2017a). Hallegatte *et al.* (2013) estimaram que as perdas médias globais com inundações em 2005 foram de, aproximadamente, US$ 6 bilhões ao ano. Uma projeção dos autores mostra que com as mudanças climáticas pode-se perder globalmente de US$ 60 a 63 bilhões por ano em 2050.

Enquanto isso, a extensão do gelo marinho no Ártico diminuiu em todas as décadas sucessivas desde 1979, com perda de gelo de 1,07 milhão de km² por década (ONU BRASIL, 2020b), o equivalente a região Sudeste do Brasil mais o Estado do Ceará. Essas perdas foram ilustradas em uma animação educativa feita pela Agência Espacial Americana (NASA, 2020a). Essa representação visual mostra claramente como a quantidade de gelo mais antigo e espesso diminuiu 95% entre 1984 e 2016.

No continente Antártico a situação é semelhante, o gelo tem sido perdido por descolamento de geleiras por fissuras. Em 2017, uma gigantesca fenda na Antártica fez com que

um bloco de gelo se soltasse, formando o iceberg A68, com cerca de 6 mil km² (quase quatro vezes maior do que a cidade de São Paulo) (BBC BRASIL, 2020). O maior iceberg da história recente, o B15, foi registrado em 2000 quando se soltou da Antártica com 11 mil km².

O derretimento das geleiras e do *permafrost*[4] também expõe vírus e bactérias, ocasionando o ressurgimento de doenças. Em agosto de 2016, em uma região remota da Sibéria chamada Círculo Ártico, um garoto de 12 anos morreu e pelo menos 20 pessoas foram hospitalizadas após terem sido infectadas por antraz. Cogita-se que há mais de 75 anos, uma rena infectada com antraz morreu e sua carcaça congelada ficou presa no *permafrost*. No verão de 2016, uma onda de calor invadiu a região e, com o derretimento do local, a exposição da carcaça fez com que o vírus chegasse à água, ao solo e aos alimentos (BBC BRASIL, 2017). A fonte ainda traz estudos científicos que descobriram patógenos de gripe espanhola, varíola, tétano, botulismo e herpes no Ártico, além de micro-organismos desconhecidos, que foram encontrados e ressuscitados após milhões de anos, tanto no Ártico como na Antártica.

Outra consequência do inequívoco aquecimento global é o aumento do calor retido nos oceanos. Estudos revelam que em 2019 os oceanos foram os mais quentes da história humana registrada (CHENG *et al.,* 2020). Segundo os autores, essa anomalia traz como impactos negativos a perda da biodiversidade marinha, pois o aumento da temperatura, além de afetar significativamente os organismos mais sensíveis ao calor, faz com haja redução de oxigênio dissolvido na água. Isso provoca consequente diminuição da pesca marinha e perdas econômicas. Ainda, o aumento do calor proporciona maior evaporação da água do mar, o que nutre um ciclo hidrológico mais intenso, propenso a eventos extremos, como furacões e tufões. Os autores chegaram a correlacionar o fe-

[4] Tipo de solo encontrado na região do Ártico, constituído por terra, gelo e rochas permanentemente congelados.

nômeno aos catastróficos incêndios na Amazônia, Califórnia e Austrália (em 2019 e 2020).

As previsões do IPCC revelam que, dadas as concentrações atuais e as emissões contínuas de gases de efeito estufa, é provável que o final deste século registre um aumento de 1 a 2°C na temperatura média global acima do nível de 1990 (cerca de 1,5 a 2,5° C acima do nível pré-industrial) (IPCC, 2020). Fora todos os efeitos na biota, para colocar isso em perspectiva econômica, a cada 1°C de aumento de temperatura, a produção de grãos diminui cerca de 5%. Milho, trigo e outras culturas importantes sofreram reduções significativas de produção no nível global de 40 megatoneladas por ano entre 1981 e 2002 devido a um clima mais quente (UN SDG, 2020).

Por tudo o que foi colocado em tela, como conclusão flagrante do relatório AR5, entende-se que a mudança climática é real e que as atividades humanas são a sua principal causa. Outra informação alarmante do estudo é que "há evidências de que pontos críticos cruciais podem já ter sido alcançados ou ultrapassados, levando a mudanças irreversíveis nos principais ecossistemas e no sistema climático planetário" (ONU BRASIL, 2020b). Sabe-se que o oceano e alguns outros componentes do sistema terrestre, como os grandes mantos de gelo, são lentos em responder às alterações climáticas e se equilibrar, e continuarão a mudar mesmo depois que a temperatura da atmosfera se estabilizar (IPCC, 2019).

Frente aos inevitáveis e adversos impactos, várias medidas governamentais internacionais têm sido definidas para diminuir as consequências do aquecimento global, como o Protocolo de Quioto, cujo primeiro período de compromisso vigorou de 2008 a 2012 e o segundo, de 2013 a 2020; e o Acordo de Paris, em vigência até 2030. Por esse último acordo inter-

nacional, o Brasil se comprometeu a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025, e em 43% até 2030, em comparação com as emissões de 2005. Para isso, o ousado compromisso envolve, entre outras ações, alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030 e restaurar ou reflorestar 12 milhões de hectares de florestas (MMA, 2020b).

Paralelamente ao Acordo de Paris, foi adotado o ODS13 (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável), com a integração de medidas de mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais dos países-membros da ONU. Também está em discussão a implementação do compromisso assumido pelos países desenvolvidos para a meta de mobilizar conjuntamente US$ 100 bilhões por ano a partir de 2020 (Fundo Verde para o Clima) para atender às necessidades dos países em desenvolvimento (ONU BRASIL, 2020b).

No Brasil, a tendência internacional resultou na instituição da Política Nacional de Mudanças Climáticas por meio da Lei nº 12.187/2009 (BRASIL, 2009). Como todas as atividades humanas geram GEE, essa lei é integrada a várias outras que tratam sobre desmatamento na Amazônia, queimadas no cerrado, fontes de energia, economia de baixa emissão de carbono na agricultura (Plano ABC), emissões industriais, destinação de resíduos sólidos, tratamento de esgoto sanitário, transporte urbano e áreas verdes urbanas.

Uma importante ferramenta de medida relacionada ao aquecimento global é a Pegada de Carbono. O termo foi derivado da Pegada Ecológica (ver item 3.5), e sua unidade de medida é tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO_2eq). O CO_2eq é uma medida utilizada para comparar as emissões de vários gases de efeito estufa, baseada no potencial individual de aquecimento global de 100 anos (GWP-100, da sigla em inglês), de acordo com a Decisão 17/COP-8. O CO_2eq é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas de GEE pelo seu potencial de aquecimento global (MMA, 2012). A Tabela 3.2.1 apresenta os potenciais de aquecimento global dos GEE.

Tabela 3.2.1 – Potencial de aquecimento global dos gases de efeito estufa

Gás	GWP-100 (CO_2eq)
Dióxido de carbono (CO_2)	1
Metano (CH_4)	21
Óxido nitroso (NO_2)	310
Hidrofluorocarbono (HFC-125)	2.800
Hidrofluorocarbono (HFC-134a)	1.300
Hidrofluorocarbono (HFC-143a)	3.800
Hidrofluorocarbono (HFC-152a)	140
Tetrafluorometano (CF_4)	6.500
Hexafluoroetano (C_2F_6)	9.200
Hexafluoreto de enxofre (SF_6)	23.900

Fonte: MMA (2012), organizado pela autora.

A Pegada de Carbono pode ser definida como "a quantidade de GEE expressa em termos de CO_2eq, emitida na atmosfera por um indivíduo[5], organização, processo, produto ou evento dentro de um limite especificado" (PANDEY; AGRAWAL; PANDEY, 2011). Entretanto, não há consenso na literatura científica de qual metodologia deve ser usada em sua quantificação (WIEDMANN; MINX, 2008).

A rigor, a pegada de carbono de um produto estima os GEE emitidos ou incorporados (diretos ou indiretos) em cada etapa identificada do ciclo de vida desse produto. O cálculo do indicador para indivíduos leva em consideração o estilo de vida, como alimentação, transporte utilizado, energia elétrica, resíduos, consumo de bens e serviços (PANDEY; AGRAWAL; PANDEY, 2011).

No Brasil, as normas ABNT ISO 14064, partes 1, 2 e 3, tratam da quantificação da emissão de gases de efeito estufa, e a ABNT ISO 14.067 normatiza os princípios, requisitos e orientações para a quantificação e comunicação da pegada de carbono de um produto. A Tabela 3.2.2 mostra as pegadas de carbono de alguns países e eventos.

[5] Existem calculadoras *online* onde você pode calcular sua pegada de carbono.

Tabela 3.2.2 – Pegada de carbono de pessoas, países, eventos e produtos

Pessoas/país/evento/produto (ano)	Pegada de Carbono (tCO_2eq)
Média anual por habitante do planeta (2004)	4,5
Brasil (2001)	4,1
Rússia (2001)	10,1
Índia (2001)	1,8
China (2001)	3,1
África do Sul (2001)	6,0
Estados Unidos (2001)	28,6
Alemanha (2001)	15,1
Japão (2001)	13,8
Furacão Katrina na costa do Golfo dos EUA (2005)	3,85*108
Copa do Mundo (2006)	1,0*105
Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática em Poznań, Polônia (2008)	1,3*104
Dieta vegetariana de um indiano adulto (2010)	7,23*10-4

Fontes: HERTWICH; PETERS (2009) e PANDEY; AGRAWAL; PANDEY (2011), organizado pela autora.

Como o problema do aquecimento é global, as formas de minimizar também precisam ser globais. Dessa maneira, para proporcionar o cumprimento de parte das metas de redução de emissões do Protocolo de Quioto, foi definido um Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) pelo artigo 12 do protocolo (UNFCCC, 1998). A ideia inovadora é de um mercado financeiro de créditos de carbono, em que países que emitem GEE podem negociar com países que capturam GEE[6], para que no balanço final global esses gases não fiquem disponíveis na atmosfera.

Assim, o MDL consiste no desenvolvimento de projetos implementados em países menos desenvolvidos e em desenvolvimento, os quais podem vender as reduções de emissão de GEE, denominadas Reduções Certificadas de Emissão (RCEs), para países desenvolvidos (MCTI, 2020). Os projetos devem ser

[6] O termo capturar é empregado de forma didática, que remete à ideia de reflorestamento e/ou manutenção de florestas. Porém, outras modalidades de projetos MDL são possíveis para a não-geração de GEE, como comparação de geração de energia térmica com hidrelétrica, aproveitamento de biogás e gás de aterros, geração de energia eólica e por biomassa, projetos de agricultura de baixo carbono, entre outros (FRANGETTO; VEIGA; LUEDEMANN, 2018).

registrados no Conselho Executivo do MDL e ficam disponíveis para serem comercializados pelas instituições interessadas.

Internacionalmente, o Brasil foi pioneiro no desenvolvimento de projetos de MDL, registrando sua primeira atividade de projeto em 2004. De acordo com Frangetto, Veiga e Luedemanm (2018), até o início de maio de 2018, 342 atividades de projeto de MDL brasileiras foram registradas, o que equivale a 5,5% do total global de atividades. Segundo os autores, nosso país totalizou um potencial de redução de emissões de GEE de 493.119 $ktCO_2eq$ até 2020, um número relevante quando comparado aos demais países anfitriões de projetos de MDL.

Apesar de todas as ocorrências apresentadas, o aquecimento global ainda é assunto controverso no meio acadêmico. Se, por um lado, o IPCC publica relatórios irrefutáveis com dados sobre o tema, por outro, alguns cientistas afirmam que a breve existência do ser humano na escala de bilhões de anos na Terra não é suficiente para causar aquecimento em nível global (LUPO, 2001; MOLION, 2008; ROBINSON; ROBINSON, 1997). Os estudos ressaltam vários períodos da história da humanidade onde se relatam épocas mais quentes e mais frias que a nossa. Molion (2008) ainda destaca que ao invés de esquentar, o planeta se resfriará.

Na verdade, o fato é que nossa geração está atravessando uma fase de mudanças climáticas e eventos anormais. Temperaturas extremas foram registradas em um intervalo de 18 horas em estados das Montanhas Rochosas, nos EUA. Em Denver, na tarde do dia 7 de setembro os termômetros registraram 33,8 ºC e na manhã do dia 8 de setembro, nevou (CAPPUCCI, 2020).

Em épocas de estresse ambiental, os seres vivos precisam encontrar mecanismos para se adaptarem, ou são extintos. Não há dúvidas que para a espécie humana a *adaptação* é o controle do crescimento populacional, o uso de fontes alternativas de energia, a conservação ambiental e o consumo consciente. Precisamos agir!

Resta saber se o tempo que temos é suficiente para a ação.

3.3. Dia Mundial da Água (22 de março)

Rio São Pedro, Faxinal – PR
Foto: Máriam Trierveiler Pereira

O Dia Mundial da Água foi criado pela Organização das Nações Unidas (ONU) no dia 22 de março de 1992 por meio da Resolução 47/193 (ONU BRASIL, 2020c). Nesse dia, a ONU divulgou um importante documento intitulado a *Declaração Universal dos Direitos da Água*. Este texto apresenta uma série de medidas, sugestões e informações que servem para despertar a consciência ecológica da população e dos governantes para a questão da água. Devido à sua importância, essa declaração está apresentada na íntegra no Quadro 3.3.1.

No Brasil, esse dia também foi instituído como Dia Nacional da Água por meio da Lei nº 10.670, de 2003.

Quadro 3.3.1 – Declaração Universal dos Direitos da Água

Declaração Universal dos Direitos da Água

Art. 1º - **A água faz parte do patrimônio do planeta**. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão é plenamente responsável aos olhos de todos.

Art. 2º - **A água é a seiva do nosso planeta**. Ela é a condição essencial de vida de todo ser vegetal, animal ou humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura. O direito à água é um dos direitos fundamentais do ser humano: o direito à vida, tal qual é estipulado do Art. 3 º da Declaração dos Direitos do Homem.

Art. 3º - Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, **a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia**.

Art. 4º - **O equilíbrio e o futuro do nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos**. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Este equilíbrio depende, em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.

Art. 5º - **A água não é somente uma herança dos nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores**. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como uma obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.

Art. 6º - **A água não é uma doação gratuita da natureza**; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.

Art. 7º - **A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada**. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis.

Art. 8º - **A utilização da água implica no respeito à lei**. Sua proteção constitui uma obrigação jurídica para todo homem ou grupo social que a utiliza. Esta questão não deve ser ignorada nem pelo homem nem pelo Estado.

Art. 9º - **A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos de sua proteção e as necessidades de ordem econômica, sanitária e social**.

Art. 10 - **O planejamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra**.

FONTE: ANA, 2020a (grifos meus).

O cientista Lovelock (1991) explica que sem água não poderia haver vida no planeta, da mesma forma que se não houvesse vida na Terra hoje não haveria mais água no mundo.

Essa relação é tão intrínseca, que, costumeiramente, ouve-se dizer que água é vida. De fato, as especiais características físicas, químicas e biológicas da água fazem com que esse elemento seja indispensável para a manutenção da vida e do planeta, principalmente devido ao seu elevado calor específico. Essa propriedade faz com que a água absorva ou libere grandes quantidades de calor com variações de temperatura relativamente pequenas (BRAGA *et al.*, 2005). Assim, grandes massas de água regulam as variações diárias de temperatura, o que não ocorre nos desertos, onde é extremamente quente de dia, e muito frio à noite.

Ainda segundo Braga *et al.* (2005), a água é uma das poucas substâncias inorgânicas que se apresenta no estado líquido em condições normais de temperatura e pressão. Uma das características físicas mais notáveis da água é o modo como sua densidade varia com a temperatura. Conforme Spiro e Stigliani (2009), a máxima densidade da água pura ocorre em temperatura próxima a 4°C. Isso significa que o gelo formado a partir de temperaturas inferiores a 0°C tem densidade menor do que a água líquida, por isso, flutua. Uma importante consequência ecológica dessa característica é que os corpos d'água mantém a vida aquática, mesmo quando há gelo em sua superfície.

Com relação às características químicas, a mais importante é a solubilidade. A água é capaz de dissolver um grande número de substâncias orgânicas e inorgânicas nos estados sólido, líquido e gasoso (RICKLEFS, 2013). Isso garante, por exemplo, a sobrevivência de organismos aquáticos que necessitam de CO_2 e O_2 para seu metabolismo (fotossíntese e respiração).

Todos esses atributos asseguram o ciclo hidrológico, que nada mais é do que o caminho que a água percorre no planeta (superfície e atmosfera) nos estados sólido, líquido e gasoso, mantendo o sistema autorregulador de Gaia (LOVELOCK, 1991). Esse processo é iniciado pela evaporação e evapotranspiração devido à fonte extraterrestre de calor, o Sol; e a ação da gravidade é responsável pela precipitação (chuva, granizo ou neve), que abastece rios, lagos e aquíferos (MMA, 2020c). De

acordo com a ANA (2019a), a precipitação média anual no Brasil é de 1.760 mm, entretanto, devido a suas dimensões continentais e diferenças climáticas e ecossistêmicas, na região semiárida do Nordeste o total de chuva anual é de 500 mm, e na região Amazônica, mais de 3.000 mm.

Essa heterogênea distribuição de chuvas acarreta diferente disponibilidade hídrica nas regiões brasileiras, ocasionando escassez em alguns locais. A ANA (2019a) estimou que a disponibilidade hídrica superficial no Brasil é em torno de 78.600 m³/s, sendo que mais de 80% correspondem à contribuição da bacia amazônica, onde não há muita população e demanda. Além da disponibilidade hídrica superficial, a ANA constatou que a disponibilidade hídrica subterrânea no Brasil é desigual por todo o território com vazão de, aproximadamente, 14.650 m³/s (ANA, 2019a). Portanto, as disponibilidades hídricas levam em consideração as vazões superficiais de rios, os volumes de reservatórios, os volumes de água subterrânea e as precipitações.

Relacionando as disponibilidades hídricas com as demandas de uso da água, tem o que se chama de balanço hídrico, que se for favorável garante o abastecimento público, os demais usos da água e a biodiversidade. Quando o balanço hídrico é desfavorável, usa-se o termo *estresse hídrico* e são necessárias ações estruturais (obras) ou regulatórias (legislação) para atender às demandas.

Em nível mundial, mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países que experimentam estresse hídrico físico. Estimativas recentes mostram que 31 países experimentam estresse hídrico entre 25% (que é definido como o patamar mínimo de estresse hídrico) e 70%. Outros 22 países estão acima do nível de 70% e, por isso, encontram-se em uma situação grave de estresse hídrico (WWAP, 2019). Mekonnen e Hoekstra (2016) estimaram que cerca de 4 bilhões de pessoas, que representam quase dois terços da população mundial, vivenciam uma escassez hídrica grave durante pelo menos um mês do ano. E ao que tudo indica, a demanda mundial por água deverá continuar

aumentando a uma taxa de 1% ao ano até 2050, o que corresponde a um aumento entre 20% e 30% em relação ao nível atual de uso do recurso (BUREK *et al.*, 2016). Essa situação reforça que a água é um recurso finito, considerada um bem público e dotada de valor econômico (BRASIL, 1997).

Percebe-se, portanto, que as demandas por recursos hídricos são fortemente influenciadas pelos tipos de usos da água. Dessa forma, os usos dos recursos hídricos podem ser divididos em usos consuntivos e usos não consuntivos. A abordagem dos usos consuntivos considera os usos caracterizados por utilizar as águas sem devolver a totalidade ou parte dos volumes captados, ou seja, são devolvidos volumes menores do que os captados. Nesta análise, inserem-se o setor de saneamento básico, englobando abastecimento de água e esgotamento sanitário, o setor industrial, o setor agropecuário e a mineração. Na abordagem dos usos não consuntivos, considera-se os usos dos recursos hídricos que não geram alterações quantitativas. Nestes usos, são considerados a geração de energia hidrelétrica, a navegação, o turismo, o lazer, a recreação e a preservação de espécies (ANA, 2019a; BRAGA *et al*, 2005).

De acordo com a ANA (2019a), no Brasil o principal uso da água, em termos de quantidade, é a irrigação. A Tabela 3.3.1 mostra os percentuais de água retirada por demanda em 2018.

Tabela 3.3.1 – Total de água retirada no Brasil em 2018 por demanda (média anual)

Demanda	Água retirada (% do total)
Irrigação	49,8
Abastecimento urbano	24,4
Abastecimento industrial	9,6
Uso animal	8,3
Termelétricas	4,5
Abastecimento rural	1,7
Mineração	1,7
Total da água consumida	**2.048 m³/s**

Fonte: ANA (2019a), organizada pela autora.

Em termos mundiais, a agricultura (incluindo irrigação, pecuária e aquicultura) responde por 69% da retirada anual de água em todo o mundo. A indústria (incluindo a geração de energia) retira 19% do total, e as residências particulares, 12% (WWAP, 2019).

Consequentemente, observa-se que o uso da água interfere tanto na sua quantidade quanto na sua qualidade, refletindo-se nas disponibilidades presentes e futuras, e podendo comprometer as metas de sustentabilidade no uso dos recursos hídricos (ONU BRASIL, 2020c). Assim, os impactos antrópicos ocasionam os problemas de escassez hídrica, poluição e contaminação da água[7]. O aquecimento global altera o regime de chuvas, provocando eventos críticos, como seca e inundações. O manejo e a ocupação inadequada do solo provocam diminuição de infiltração, erosões e assoreamento de corpos d'água, alterando a disponibilidade hídrica. A falta de tratamento de esgotos domésticos e de resíduos sólidos, e diversas atividades econômicas acarretam em poluição e contaminação de rios, lagos e mares (BRAGA et al., 2005).

A poluição hídrica, que afeta a qualidade das águas, pode ser pontual ou difusa. A poluição pontual acontece em um determinado ponto e, por este motivo, é facilmente identificada, monitorada e controlada. Como exemplo, tem-se as tubulações de efluentes industriais, que lançam seus dejetos em pontos específicos de um corpo d'água. Já a poluição difusa não tem um ponto de aplicação, acontece em uma área, como por exemplo, em uma região de agricultura que pode contribuir para o aporte de pesticidas e fertilizantes em rios, lagos e lençóis freáticos (ANA, 2019a).

Especialmente em ambientes de águas paradas, em lagos, lagoas e açudes, a contribuição de fertilizantes, ricos em nitrogênio e fósforo, acarretam no florescimento de algas, fenômeno conhecido por eutrofização. Os nutrientes fazem com que a população de algas cresça exageradamente por abundân-

[7] Termos definidos no item 3.13.

cia de alimento, porém, assim que encerra essa condição, as algas morrem e sua decomposição por bactérias aeróbicas faz com que seja esgotado o oxigênio do corpo d'água. Como as plantas não conseguem produzir oxigênio pela fotossíntese na mesma proporção, todos os seres aeróbicos padecem (RICKLEFS, 2013). Uma recente opção para redução da eutrofização em corpos d'água é a utilização de ecoenzimas, produzidas a partir do processo de fermentação de uma mistura de água com sobras vegetais e/ou frutas e açúcar mascavo ou melaço (FONSECA, 2019).

Outro grande problema mundial de gestão, mesmo quando há disponibilidade hídrica e sistema adequado de abastecimento público, são as perdas de água na distribuição. No Brasil, por exemplo, de acordo com o Instituto Trata Brasil (2020), foi constatado que em 2018 a média de perda de água tratada foi de 38,45%, o que equivale a 7,1 mil piscinas olímpicas de água perdidas todos os dias, gerando uma perda financeira acima dos R$ 12 bilhões.

Por todos esses motivos, várias soluções podem ser adotadas para o correto e seguro gerenciamento da água. As iniciativas devem levar em consideração a gestão do ciclo hidrológico e são de âmbito internacional ou nacional, pública ou privada.

Por ordem cronológica e de importância nacional, em 1997, foi publicada no Brasil a *Política Nacional dos Recursos Hídricos*, a *Lei nº 9.433*, estruturada com fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos. O principal objetivo da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é assegurar a necessária disponibilidade de água, a utilização racional e integrada dos recursos e a prevenção e defesa contra os eventos hidrológicos críticos, como enchentes e secas (BRASIL, 1997).

Como fundamentos, a lei trata a água como um bem de domínio público e um recurso natural limitado. Partindo desse pressuposto, o fundamento mais importante da lei é que a bacia hidrográfica deve ser a unidade territorial para a gestão dos recursos hídricos de forma integrada, descentralizada e parti-

cipativa. Isso significa que todas as decisões e ações devem ser realizadas levando-se em consideração a bacia hidrográfica, não os limites dos municípios. Há casos em que a área de um município pertence a duas ou mais bacias hidrográficas importantes e, assim, os gestores públicos devem considerar os impactos em todas elas. Em outros casos, há mais de um município em uma bacia hidrográfica, e os gestores de todos eles precisam trocar informações sobre a gestão integrada dessa bacia.

Neste sentido, os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) foram criados como instrumentos da PNRH e vêm se consolidando como o espaço onde as decisões sobre os usos da água são tomadas, sobretudo nas regiões com problemas de escassez hídrica ou de qualidade de água. Os comitês, que são considerados inovadores Parlamentos das Águas, têm como objetivo a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos, por meio da implementação dos instrumentos técnicos de gestão, de negociação de conflitos e de promoção dos usos múltiplos da água na bacia hidrográfica (BRASIL, 1997).

Fazendo uma discussão paralela sobre a ideia dos comitês de bacia, a concepção de co-participação dos cidadãos nos processos decisórios de planejamento e governança tinha acabado de ser cunhada por Alan Irwin quando a PNRH foi instiuída. Em meados da década de 1990, o autor definiu a expressão *Citizen Science* (ciência cidadã) como "ciência que atende as necessidade e preocupações dos cidadãos" e "uma forma de ciência desenvolvida e promulgada pelos próprios cidadãos" (IRWIN, 2018, p. [8]). O governo dos EUA mantém projetos de ciência cidadã organizados em um site específico[8], onde a comunidade em geral, voluntariamente, pode inserir dados de observação e acelerar o avanço da ciência, tecnologia e inovação (U.S. GSA, 2020). A Nasa também possui 22 projetos que recebem colaboração de cidadãos cientistas. Os projetos são divididos em: universo, sistema solar, Sol e Terra (NASA SCIENCE, 2020).

[8] https://www.citizenscience.gov/#

No Brasil, casos reais de ciência cidadã também foram registrados, como a observação de pássaros associada ao ecoturismo em Ubatuba (SP) e o monitoramento de impactos após o rompimento da barragem de Mariana (MG) por meio do GIAIA, Grupo Independente para Avaliação do Impacto Ambiental (CUNHA *et al.,* 2017).

Apesar de não configurar exatamente como *citizen science*, nos comitês de bacias, os prefeitos, entidades da sociedade civil, órgãos públicos e organizações não-governamentais discutem o futuro da bacia hidrográfica, como por exemplo, a construção de estações de tratamento de água, os projetos de drenagem, os problemas de erosão e assoreamento e até a cobrança pelo uso da água, já vigente em algumas regiões.

É importante registrar que nem sempre os comitês têm a efetividade que preconizam. Miranda (2004) diz que, embora a participação popular nos comitês de bacia seja extremamente importante para a regionalização das soluções e aceitação das decisões, essa atuação ainda é assimétrica, pois tendem a serem levados em consideração os aspectos técnicos, políticos e econômicos. "Apesar de, nos comitês, as decisões serem teoricamente tomadas democraticamente, o processo ainda não exclui os riscos de desequilíbrios de forças e arranjos setoriais" (MIRANDA, 2004, p. 80). Isso significa que nem todos os representantes dos comitês têm voz ativa. A autora destaca ainda que a participação voluntária requer preparação, estudo, esforço e dispêndio de tempo, nem sempre estão disponíveis às pessoas.

Outro estudo mostra que os comitês ainda não possuem a autonomia idealizada porque não gerenciam recursos financeiros e isso os torna dependentes dos governos dos Estados. A cobrança pelo uso da água seria imprescindível a todas as bacias hidrográficas para que os comitês fossem independentes (MORAIS; FADUL; CERQUEIRA, 2018). Os autores constataram também que, apesar de a lei estar em vigor há 27 anos, não são todos os comitês de bacias que estão plenamente desenvolvidos e implantados. Infelizmente, todas "essas distorções

podem gerar uma perda de credibilidade por parte da sociedade e desestímulo à participação" (MORAIS; FADUL; CERQUEIRA, 2018, p. 259).

Ao meu ver, a consolidação da participação cidadão faz parte do processo e já é um avanço a legislação permitir tal atuação. Imagino que em um futuro próximo, com a tecnologia disponível, a ciência cidadã seja amplamente utilizada em diversos setores da sociedade.

A PNRH também considera outros importantes instrumentos de gestão hídrica: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classes (cujas diretrizes encontram-se na Resolução CONAMA nº 430/2011), a outorga de direito de uso da água (cujos procedimentos e critérios encontram-se na Resolução ANA nº 1.938/2017) e o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos[9]. Apesar de a compensação aos municípios ter sido vetada como instrumento na lei de 1997, atualmente é aplicada por meio das leis estaduais do ICMS ecológico (BRITO; MARQUES, 2017; NASCIMENTO *et al.*, 2011;).

Várias outras possibilidades, conforme a criatividade e a tecnologia, vêm sendo adotadas como forma de conservação e planejamento dos recursos hídricos. O racionamento (não-consumo) é a primeira ação gerencial para conter a escassez de água. Um exemplo recente dessa situação extrema foi a publicação do Decreto Estadual nº 4.626/2020, que sentenciou situação de emergência hídrica no Paraná por 180 dias a partir de maio de 2020, tendo como causa uma estiagem classificada como desastre (PARANÁ, 2020). Esse decreto autoriza ações emergenciais e respalda o racionamento planejado. Ao que tudo indica, esse cenário será comum em um futuro próximo, em que nossas caixas d'água serão abastecidas em apenas alguns dias da semana. Quem sabe assim teremos a chance de dar o devido valor a esse recurso imprescindível.

Outra perspectiva é o reuso da água, que tem tomado

[9] que pode ser acessado pelo link https://www.snirh.gov.br/.

proporções cada vez maiores no âmbito doméstico, urbano, industrial e agrícola. Neste último setor, por ser o maior consumidor de água, o reuso em irrigação e fertirrigação é largamente empregado (ABES, 2005). No Brasil, a Resolução nº 54/2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, estabelece as modalidades, as diretrizes e os critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água (BRASIL, 2005).

Nesta linha de raciocínio, em 2017, foi acrescentado o aproveitamento de água de chuva como objetivo da PNRH (Art. 2º, inciso IV). Ainda não é obrigatório por lei, mas vislumbro a exigência de cisternas para captação de águas pluviais em todas as edificações no futuro, além do reuso de esgoto não-contaminado (água de máquinas de lavar, tanques e do banho) em situações menos nobres, como lavagem de pisos. Com relação aos atuais vasos sanitários, certamente serão substituídos por outras tecnologias que transformam os dejetos em energia e fertilizantes (GLOBO, 2018; EXAME, 2019).

Entretanto, fica evidente que a captação de águas pluviais pode provocar um impacto negativo nos aquíferos, que já sofrem com a impermeabilização dos solos nos centros urbanos. Para minimizar o problema de manutenção do ciclo hidrológico, será inevitável o aumento de áreas verdes, a utilização de calçadas ecológicas e de asfaltos permeáveis (MMA, 2020d). Além disso, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos já estabeleceu critérios e diretrizes para implantação de recarga artificial de aquíferos no território brasileiro por meio da Resolução nº 153/2013 (BRASIL, 2014).

Para as regiões secas de clima árido e semiárido, podem ser adotadas medidas estruturais para a retenção de água de chuvas e de rios, como a construção de barragens, diques e açudes; irrigação; e compartilhamento de águas (PARANÁ, 2002).

Obviamente, afirmar que vai faltar água no planeta é uma falácia ou, no mínimo, uma piada, pois a água ocupa 71% da superfície do planeta (NASA, 2020b). Logo, o que acontecerá é a escassez econômica, ou seja, bilhões de pessoas não terão

recursos financeiros para acessar água de boa qualidade, pois os tratamentos serão mais onerosos e as fontes serão mais longe. Algumas alternativas para o tratamento ainda são caras, como a dessalinização da água do mar[10] e de poços profundos, pois há elevado consumo de energia elétrica (THE WORLD BANK; IDA, 2019). Igualmente dispendioso, além de incoerente, é o caso da exportação de água doce bruta, como o polêmico projeto do lago Azul, no Alasca. A empresa *True Alaska Bottling* ainda está tentando obter a *commodity* de água da pequena cidade de Sitka para vender a diversos países (KCAW, 2015).

Entretanto, se é questionável a exportação de água doce bruta, a exportação de água virtual aparenta não ser. O termo *virtual water* foi cunhado pelo professor britânico John Antony Allan, em 1994, definido como água incorporada em *commodities* agrícolas (RIBEIRO, 2019). Posteriormente Hoekstra e Hung (2002) ampliaram o conceito como sendo o volume de água utilizado em um produto, bens ou serviços, desde a produção até o consumidor final. É uma quantidade de água que não vemos, mas que foi gasta no produto ou no processo de fabricação, e seu valor ambiental acaba não sendo contabilizado. Esse preço é incalculável, pois quanto vale uma vida que perece por falta de água?

Segundo Silva *et al.* (2016), como o Brasil é atualmente um dos principais produtores agropecuários do mundo, sua exportação de água virtual foi de 67,1 bilhões de m³ ao ano no período de 1997 a 2012. Nesse mesmo intervalo, o Brasil importou 12,3 bilhões de m³ ao ano de água virtual em produtos, ou seja, o país "perdeu" 54,8 bilhões de m³ de água ao ano, principalmente para a Europa, maior comprador de água virtual em *commodities* agrícolas do Brasil. Para comparação, o reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu tem 29 bilhões de m³ de água (ITAIPU BINACIONAL, 2020a).

Hoje a concepção de água virtual está incorporada em um indicador chamado Pegada Hídrica, largamente utilizada, e que

[10] Custos de manutenção entre US$0,50 a US$1,50 por m³ de água tratada, sem incluir os gastos com projetos, tecnologias e construção.

pode ser calculada para indivíduos, produtos, processos, organizações, cidades e países. No Brasil, a avaliação da pegada hídrica é normatizada pela ABNT ISO 14.046/2014. A Tabela 3.3.2 mostra a média global das pegadas hídricas de alguns produtos.

Tabela 3.3.2 – Média global de pegada hídricas de alguns produtos

Produto	Média global da Pegada Hídrica (em litros/kg)
Tomate	214
Batata	287
Laranja	560
Banana	790
Maçã	822
Milho	1.222
Manga	1.800
Arroz	2.497
Azeitona	3.015
Açúcar refinado	1.782
Macarrão	1.849
Queijo	3.178
Ovos	3.265
Leite em pó	4.745
Chocolate	17.196
Carne de frango	4.325
Carne suína	5.988
Carne bovina	15.415
Couro bovino	17.093

Fonte: WATER FOOTPRINT (2020), organizada pela autora.

O estudo de Silva *et al.* (2016) mostrou que a pegada hídrica média do consumo alimentar brasileiro é de 1.619 m³ por pessoa por ano, ou seja, 4.435 litros por pessoa por dia[11], sendo que a carne bovina contribui com 21% para esse total

A consequência clara e direta dessa conjuntura é que o estresse hídrico crescente indica um aumento potencial de conflito entre os seus usuários, segundo o WWAP (2019). Essas

[11] Existem calculadoras *online* onde você pode calcular sua pegada hídrica.

circunstâncias podem levar toda a população global a um cenário de distopia, tão comum na arte do cinema, como no recente *remake Max Mad*, do diretor George Miller, de 2015, ou no nacional *Acquaria*, da diretora Flávia Moraes, de 2003.

É por isso que o nome do relatório das Nações Unidas que trata do assunto já é um alerta: "Não deixar ninguém para trás". Isso significa que é p0ossível utilizar a gestão dos recursos hídricos como forma de inclusão, erradicação da pobreza, promoção de paz e justiça social. Assim, estaríamos entendendo que a água é um direito humano, e todos, sem exceção, deveriam ter acesso à água potável e ao saneamento seguro, como tratam os ODS, em especial o ODS 6. Todas as metas da Agenda 2030 são perfeitamente alcançáveis, desde que exista vontade e iniciativas coletivas para proceder como tal (WWAP, 2019).

Infelizmente, dá a impressão que não é isso que *Homo sapiens* quer. Ele quer ir à Lua, quer saber se há água em Marte, quer inteligência artificial, quer realidade mista, enfim, quer coisas inéditas. Parece que não é mais interessante tentar solucionar um problema que existe há tanto tempo.

Porém, desistir não é uma opção. A ONU enfrenta dignamente a crise hídrica desde sua criação com ações de educação ambiental. Já se passaram 40 anos desde que a ONU instituiu a *Década Internacional de Abastecimento da Água Potável e Saneamento*, de 1980 a 1990. Em 1992, foi realizada a *Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente* e 2003 foi declarado o *Ano Internacional da Água Potável*. Para reforçar as ações, a ONU proclamou a *Década Internacional de Ação "Água para a Vida"*, de 2005 a 2015 e, em 2018, estabeleceu a *Década Internacional para Ação "Água para o Desenvolvimento Sustentável"*, que finalizará em 2028.

Precisamos assumir nossa parcela de responsabilidade individual na teia da vida e, oxalá, daqui oito anos, quando eu for revisar novamente esse livro, eu encontre melhores estatísticas sobre esse recurso vital. Que tenhamos reduzida nossa ganância, reciclados nossos pensamentos e que possamos ver nossos erros como "águas passadas".

AMBIENTE-SE

Você sabe o que é H_2O? [12]

Talvez, essa seja a fórmula química mais conhecida mundialmente, pois trata de um elemento abundante na natureza. Estudos mostram que também foi encontrada em outros planetas, o que sugere ser uma substância abundante no universo.

Desde cedo, e de forma inconsciente, os seres humanos têm contato com esse precioso líquido: desde a fecundação, passando pela gestação até a amamentação. Sem contar que os organismos vivos só têm um perfeito funcionamento na presença desse fluido.

Outro fenômeno corriqueiro, pelo menos em nossa região, é a formação de nuvens e a consequente chuva. A média anual de precipitação na região de Umuarama – PR é de 1.400 a 1.600 mm, o que significa chover por ano, em média, 1.500 litros por m². Mas, nessa hora, só nos lembramos da janela de casa que ficou aberta ou da sombrinha ou guarda-chuva que não estamos carregando.

Também não prestamos muita atenção quando abrimos uma torneira, seja para escovar os dentes, ou para cozinhar, ou simplesmente para matar nossa sede. Para cálculos hidráulicos os engenheiros utilizam, no Brasil, uma média de gasto de 150 litros por dia por habitante. Nos Estados Unidos esse valor chega a 400 litros por habitante por dia.

Quando ligamos um aparelho eletrônico qualquer, ou uma lâmpada, ou colocamos a bateria do celular ou da máquina fotográfica para carregar, não nos lembramos de onde vem toda essa energia. Estudos mostram que, atualmente, nosso país tem um consumo de energia elétrica de 100 mil MWh, ou seja, 1 bilhão de lâmpadas de 100 watts por hora.

[12] Texto publicado pela autora no Jornal Tribuna Hoje, Umuarama, em 22 de março de 2012.

Grande parte dessa energia é gerada em usinas hidrelétricas.

E quando fazemos aquela viagem maravilhosa de barco, ou uma travessia por *ferry-boat*, ou mesmo uma pescaria de fim de semana, apenas nos preocupamos em verificar os coletes salva-vidas, não é? E na praia, o mais importante são as fotos, ou a prancha de surfe, ou o biquíni novo...

Apesar de simples, muito simples, essa molécula, H_2O, esconde vários mistérios. Na junção de dois gases tem-se a formação de um líquido, que por sua vez, dependendo da temperatura, pode ser também sólido ou vapor. Apesar de cobrir 71% da superfície do planeta, sem contar sua presença em aquíferos e na atmosfera, há países que sofrem com a sua escassez física ou econômica. Nessa questão, o Brasil é privilegiado, pois tem de 8 a 12% das reservas hídricas doces do mundo e só o Aquífero Guarani tem uma reserva que poderia tirar a sede da população mundial atual por mais de 300 anos. As características físicas e químicas desse líquido também são extraordinárias. Sua densidade no estado sólido é menor do que no estado líquido, por isso o gelo flutua, e isso garante vida num lago mesmo com a superfície congelada. Também tem a propriedade absorver ou liberar calor com pequenas variações de temperatura, promovendo uma regulagem do clima local.

É por essas e outras que o dia 22 de março foi escolhido como seu dia. E de tão importante que é, estou escrevendo pela primeira vez nesse texto a palavra ÁGUA. Mas você sabia exatamente do que eu estava falando, não é?

3.4. Dia Nacional da Conservação do Solo (15 de abril)

Tatu-galinha em Parque Estadual de Itapuã, Viamão – RS
Foto: Larissa Trierveiler Pereira

A data escolhida para o *Dia da Conservação do Solo* foi em homenagem ao nascimento do americano Hugh Hammond Bennett (1881-1960), considerado o "pai da conservação dos solos" nos Estados Unidos. Ele foi o primeiro responsável pelo Serviço de Conservação de Solos daquele país. Seus estudos sobre solos e agricultura, aliados à sua capacidade de comunicação, fizeram com que a causa tivesse destaque nacional e internacional (HELMS, 2008). No Brasil, a data foi instituída pela Lei n° 7.876, de 13 de novembro de 1989.

Em 2002, durante o XXVII Congresso Mundial de Ciência do Solo, em Bangkog, Tailândia, a Sociedade Internacional de Ciência do Solo (IUSS) recomendou a criação do *Dia Internacional do Solo*. O dia sugerido foi 5 de dezembro, data de nascimento do falecido rei Bhumibol Adulyadej, rei da Tailândia, em função de sua dedicação em promover a ciência do solo, enfatizando a conservação do solo como uma questão ambiental. Em 2013, a data foi aprovada pela em Assembleia Geral da ONU (ONU, 2020b).

De acordo com Schroeder (2017, p. 14), o solo

> é o produto de transformação das substâncias orgânicas e minerais da superfície da terra sob a influência dos fatores ambientais que operam por um período de tempo muito longo e apresentando uma organização e morfologia definidas.

Assim, o solo é originado a partir da fragmentação e decomposição de rochas; da dissolução de substâncias químicas, da água e do ar; e da decomposição de matérias orgânicas, principalmente em regiões com condições úmidas e quentes que abrigam organismos do solo mais ativos para os processos de intemperismo (KLAUS, 2015). Dessa maneira, a formação dos solos ocorre a partir de dois principais diferentes materiais: rochas e sedimentos. Os processos erosivos modificam as rochas dando origens a solos arenosos ou argilosos; e a deposição de sedimentos dá origem a solos de encostas, depressões, aluviais (por transbordamento de rios) e organossolos (PEREIRA *et al.,* 2019).

Essas transformações ocorrem diferentemente nas diversas localidades por fatores combinados, como material de origem, relevo, clima, temperatura, água, natureza dos organismos e tempo (KLAUS, 2015). Os solos mais jovens são menos intemperizados do que solos maduros, com várias camadas estratificadas, ou horizontes.

Por causa dessas formações desiguais, podem existir superfícies rasas ou profundas, ácidas ou alcalinas, pobres ou ricas em nutrientes e minerais, úmidas ou secas, solos areno-

sos, siltosos ou argilosos. O número surpreendente de variações é representado dentro de uma grande variedade de espectros de cores, de vermelho a amarelo e azul, e todos os tons intermediários (KLAUS, 2015).

Devido à gama de atributos físicos, químicos e biológicos que podem ocorrer, classificar os solos não é uma tarefa fácil. São necessários vários níveis categóricos tal qual acontece com a classificação dos seres vivos (por exemplo: ordens, subordens, grandes grupos, subgrupos, famílias e séries). Dessa maneira, em 2006, a FAO (*Food and Agriculture Organization*) atualizou a classificação de solos mundiais e os organizou em 32 classes (FAO, 2006). Dessas, o Brasil possui 13 classes, sendo as mais frequentes os *Latossolos* e os *Argissolos* (EMBRAPA, 2018).

Percebe-se, portanto, que o solo não é apenas uma superfície que abriga a vida sobre si, ou um terreno para construções. O solo é um recurso natural precioso e fascinante, um habitat, um ecossistema, um cosmo (KLAUS, 2015). A definição poética do autor remete às inúmeras funções, desde ecológicas a econômicas, que o solo desempenha como elemento de conexão entre a atmosfera e as águas subterrâneas. Esse recurso é responsável por armazenar nutrientes e fornecê-los às plantas, sendo um *habitat* para inúmeros organismos. Por esses motivos, serve de estoque de carbono, ajudando na regulação do clima. Também funciona como um filtro e um reservatório de água, auxiliando na qualidade dos lençóis freáticos e no controle de inundações.

O solo ainda é um excelente arquivador da história natural do planeta e da cultura da humanidade. Todas as eras geológicas estão registradas nas camadas de solo, bem como os fósseis que nos permitem conhecê-los. Há mais de 10.000 anos, o ser humano passou de uma vida de caçador-coletor para agricultor (HARARI, 2018). Isso fez do solo um local sagrado, de onde a humanidade retira seu sustento e enterra seus entes queridos para que sejam lembrados e reverenciados.

Economicamente, os solos são a base da produção de alimentos, oferece ingredientes para medicamentos, armazena ja-

zidas minerais, é base para produção de bioenergia e é estrutura para construção de edificações, vias e cidades (KLAUS, 2015).

Apesar de todos os proveitos, o solo é frágil e o ser humano, implacável. A natureza pode levar de 100 a 400 anos para produzir 1 cm de solo fértil (HÄBERLI *et al.,* 1991), convivendo harmoniosamente com as erosões e queimadas naturais, lentas e esporádicas. Todavia, os solos não conseguem se renovar na escala humana, e florestas, como a Amazônia, podem se transformar em savanas em poucas décadas pelo desmatamento e queimadas (LOVEJOY; NOBRE, 2018). Os pesquisadores acreditam que com o desmatamento de 20 a 25% de toda bacia Amazônica a floresta poderia, irreversivelmente, deixar de ser esse exuberante ecossistema. O climatologista Carlos Nobre calcula que o desmatamento da bacia em solo brasileiro já tenha chegado a 20%, e em solos internacionais seja de 17% (DAMASIO, 2019).

Devido a sua indiscutível importância, a Assembleia Geral das Nações Unidas declarou o ano de 2015 como o *Ano Internacional do Solo*. Na ocasião, a FAO publicou um relatório com as condições dos solos no mundo, que fornece dados para a gestão sustentável desse recurso e atingimento das metas dos ODS (FAO, 2015a), principalmente os ODS 1, 2, 3, 6, 13, 14 e 15.

De acordo com esse estudo, 33% dos solos rurais mundiais estão degradados de forma moderada ou alta devido à erosão, salinização, compactação, acidificação e poluição química. Como exemplo, pode-se citar que 25 a 30% da área agrícola irrigada da região nordeste do Brasil está em processo de salinização (FAO, 2015a). Sabe-se que esse processo pode ser provocado por utilização de água contendo elevadas quantidades de sais, prática de irrigação sem sistema de drenagem e aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas com alta concentração de sais (CASTRO; SANTOS, 2020).

O uso de insumos pela agricultura intensiva também provoca empobrecimento biológico e químico do solo, principalmente com a monocultura. Com o tempo, o solo pode se tornar estéril, além de tóxico aos seres vivos (SPADOTTO *et al.*, 2004).

Além das fontes químicas, o solo rural pode ser impactado pela retirada da cobertura vegetal original para o plantio, o que dá início a um processo físico em cadeia. O solo fica desprotegido das intempéries e sua capacidade de infiltração é reduzida. Dessa forma, acaba sendo arrastado pelo vento ou pela chuva para corpos d'água, dando origem ao assoreamento de rios. A falta de manejo pode levar a sérios casos de erosão, com perda significativa de solo e morte de corpos d'água (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2012; PRIMAVESI, 2002). Telles, Guimarães e Dechen (2011) mostraram que apenas nas lavouras temporárias do Paraná, estima-se perda de US$ 242 milhões por ano em nutrientes que são levados pela erosão. Os pesquisadores apontaram que no Estado de São Paulo esse prejuízo chega a US$ 212 milhões.

O aumento do uso e ocupação do solo urbano também é preocupante, principalmente pela impermeabilização de grandes áreas. Um estudo da União Europeia estimou que a área superficial impermeabilizada neste território, em média, era de 200 m² por cidadão em 2006 (COMISSÃO EUROPEIA, 2012). Essa prática em centros urbanos inutiliza grandes extensões de solo fértil, impede as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, e faz com que o escoamento superficial seja maior, provocando inundações, enchentes, enxurradas e tragédias, ao mesmo tempo que conduz à escassez de água para potabilização. Pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018), 17,7% dos municípios brasileiros tiveram eventos de inundações e/ou alagamentos em área urbana de 2012 a 2016, desalojando ou desabrigando mais de 86 mil pessoas em 2016. Essa porcentagem foi de 32,2% entre os municípios da região Norte, onde o regime de chuvas é bem maior do que no resto do país.

Nas cidades também são gerados resíduos sólidos domésticos, comerciais, industriais, da construção civil e de serviços de saúde. Esses resíduos são classificados em perigosos (quando têm propriedades corrosivas, reativas, explosivas, tóxicas, inflamáveis e patogênicas) e não perigosos. Esses úl-

timos podem ainda ser subdivididos em inertes (quando não se degradam facilmente) e não inerte (quando se decompõe naturalmente) (BRASIL, 2010). Por falta de consciência da população e por falta de gerenciamento, muitos resíduos sólidos perigosos, recicláveis ou compostáveis vão parar nos lixões, nos aterros controlados ou nos aterros sanitários, originando grandes áreas de passivo ambiental com a contaminação e a poluição do solo.

Conforme a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019), em 2018 foram gerados 79 milhões de toneladas de resíduos, uma média de 380 kg por pessoa por ano. Esse valor foi menor do que o registrado pelo relatório dos ODS, onde consta que a geração *per capita* de resíduos dos brasileiros em 2015 foi de 1,2 kg/dia, o que resultou em 438 kg por pessoa por ano. Neste mesmo ano, foi registrada a geração de 14,4 kg de resíduos sólidos por pessoa por dia em Trinidad e Tobago, o equivalente a 5,2 toneladas ao ano *per capita*. Segundo esse mesmo relatório, a produção brasileira de resíduos eletrônicos, cujos componentes podem poluir severamente o solo, foi de 7,4 kg por pessoa em 2016 (SACHS *et al.,* 2020).

A ABRELPE (2019) afirmou que, em 2018, 92% dos resíduos sólidos urbanos foram coletados. Porém, o destino desses resíduos ainda não é totalmente adequado, pois 17,5% do total coletado foram dispostos em lixões, que não têm os sistemas necessários para a proteção do solo e das águas superficiais e subterrâneas. Além do problema da poluição, os lixões são locais onde, tristemente, se observa a degradação da condição humana. O Lixão do Jóquei, também conhecido como Lixão da Estrutural, em Brasília, foi fechado em janeiro de 2018 após 60 anos de funcionamento (JBR, 2018). Ele era o segundo maior do mundo, com área correspondente a 267 campos de futebol, perdendo apenas para um lixão em Jacarta, na Indonésia, ainda em operação (D'ALLESANDRO, 2020). Na época em que foi encerrado, o lixão comportava cerca de 2 mil catadores (GALVÃO, 2018), que viviam em condições impiedosas.

Apesar de não ser evidente, a poluição do solo por resíduos pode ter dimensões globais. Alguns países desenvolvidos exportam ilegalmente resíduos, principalmente eletrônicos (*e-lixo*), para países em desenvolvimento sob a alegação de doação. O *e-lixo* contém metais pesados que poluem o solo, a água e, quando queimados, contaminam a atmosfera. Em 2018, um estudo da Universidade das Nações Unidas declarou que cerca de 18 mil toneladas de *e-lixo* chegam anualmente à Nigéria, sendo que 20% provêm da Alemanha, 19,5% do Reino Unido, 7,3% dos Estados Unidos e 7% da China (ODEYINGBO; NNOROM; DEUBZER, 2018).

Pensando no planeta globalizado, essa prática antiética impacta negativamente o quintal do vizinho, que nada mais é do que o outro lado da canoa...

Para inibir situações como essas, em 1989, na Suíça, foi assinada a Convenção de Basileia sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito. Por meio desse acordo internacional, os países estão sujeitos a multas por exportar ou importar resíduos sólidos (BASEL CONVENTION, 2020). No Brasil, a Convenção de Basileia, e suas emendas, foram internalizadas na legislação por meio do Decreto nº 875/93, do Decreto nº 4.581/2003, da Lei nº 12.305/10 (Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS) e da Resolução CONAMA nº 452/12 (MMA, 2020e).

Como princípio primordial, a PNRS adota o conceito dos 3R: reduzir, reutilizar e reciclar. Essa ordem deve ser obedecida para a não-geração de resíduos, porque consequentemente a disposição dos rejeitos em aterros sanitários será menor, impactando menor área de solo. No Brasil, 73,1% dos municípios possuem coleta seletiva. Na região Sul essa porcentagem chega a 90,9% (ABRELPE, 2019).

Na mesma linha de raciocínio, formas inovadoras de tratamento e disposição dos resíduos estão disponíveis e devem ser desenvolvidas, aprimoradas e utilizadas para resíduos inertes e perigosos, como o coprocessamento (ABCP, 2019), a incineração com aproveitamento da energia

(G1, 2017) e a gaseificação por plasma a altas temperaturas (LEAL-QUIRÓS, 2004).

Para os resíduos orgânicos, a melhor opção de tratamento é a compostagem, que pode ser realizada em ampla escala pelos municípios, ou de forma doméstica, em residências ou escolas, tanto urbanas quanto rurais. A compostagem é um processo biológico que acelera a decomposição do material orgânico, tendo como produto final um adubo rico em nutrientes que pode ser usado na agricultura ou jardinagem. Essa técnica reproduz o ciclo natural dos processos físicos, químicos e biológicos que acontecem no solo (EMBRAPA, 2019). Além do gratuito trabalho das bactérias, opcionalmente, a compostagem pode ser realizada com a gentileza de minhocas (vermicompostagem), que aceleram o processo.

As amistosas minhocas, também chamadas de engenheiras do ecossistema, são organismos sensíveis para fatores de estresse antrópico e têm sido utilizadas com sucesso como bioindicadores para poluição do solo rural. De acordo com Bartz e Brown (2011, p. 66), as minhocas são consideradas "organismos benéficos e importantes para a manutenção da fertilidade do solo; ou seja, a presença das minhocas é um sinal ou indício de solo saudável, de boa qualidade". Sabe-se que esses anelídeos aparecem, sem inoculação, quando o solo rural recebe manejo sustentável pelo sistema de plantio direto (SPD) (PRIMAVESI, 2002).

Essa técnica, iniciada na Inglaterra e Estados Unidos na década de 50, simula o que ocorre em uma floresta equilibrada, onde as sementes das árvores caem sobre um adubo natural, como pedaços de galhos, frutos e folhas (ITAIPU, 2015). Dessa forma, o SPD consiste na ausência de aragem da terra após uma colheita, no plantio da nova cultura sobre a palha da lavoura anterior, na rotação de culturas e na cobertura permanente do solo com os resíduos vegetais.

No Brasil, em 2018, a área de plantio direto para produção de cereais chegou a quase 33 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2018), o que representou cerca de 53% do total da área

plantada (CONAB, 2019). Isso deixa o Brasil em posição de destaque no manejo sustentável de solos. Como comparação, observa-se que os Estados Unidos, país com maior área de plantio em SPD, plantaram 40 milhões de hectares em 2017 com esse sistema (USDA, 2019).

Dentre as vantagens dessa tecnologia pode ser destacada a redução de erosão laminar, com diminuição de até 90% de perda de solo, além de sequestro de carbono, manutenção da qualidade da terra para futuros plantios, incremento da biodiversidade e contribuição para o ciclo hidrológico (TRECENTI, 2011).

O SPD faz parte do Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono), uma política pública nacional que tem por finalidade responder aos compromissos de redução de emissão de GEE no setor agropecuário, mas que adotou tecnologias de produção sustentáveis importantes para a conservação do solo (BRASIL, 2012b). Além do SPD, estão incluídos no Plano os programas de recuperação de pastagens degradadas; de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), de sistemas agroflorestais (SAFs); de fixação biológica de nitrogênio (FBN); e de florestas plantadas, todos já recomendados por Primavesi nos anos 90 (PRIMAVESI, 1992). O Plano ABC teve vigência de 2010 a 2020, e já está em revisão para nova versão.

Para a recuperação mecânica do solo rural degradado antropicamente por erosões e voçorocas, são recomendados os terraços, as curvas de nível, a diminuição de declividade, a drenagem pluvial, as bacias de retenção e a revegetação (MACHADO *et al.,* 2006).

Da mesma forma, para prevenção de erosão urbana e restauração hidrológica dos ecossistemas nas cidades, existem técnicas estruturais que aumentam a permeabilidade de água no solo, como os sistemas de biorretenção, sistemas sustentáveis de drenagem, calçadas ecológicas, asfalto permeável e infraestrutura verde (LIU; CHEN; PENG, 2014; MMA, 2020d).

Como prática educativa podemos usar elementos das artes para iniciar uma discussão sobre resíduos orgânicos e recicláveis. O artista, diretor e fotógrafo britânico Carl War-

ner tem famosas paisagens criadas com comidas, as quais ele chama de *foodscape*, um neologismo a partir de *landscape* ("paisagem", em inglês) (WARNER, 2020). As obras podem ser inspiração para releituras ou atividades sobre desperdício de alimentos, alimentação saudável, produção agroecológica, compostagem, entre outras.

No que diz respeito aos recicláveis, uma contribuição sensível e admirável é o documentário "Lixo Extraordinário", de 2010, dirigido por Lucy Walker (WALKER, 2020). Nesse filme, são mostrados os bastidores da exposição "Pictures of Garbages", do artista plástico brasileiro Vik Muniz. Todas as fotos foram releituras de fotografias tiradas de catadores de materiais recicláveis do lixão Gramacho, no Rio de Janeiro. Mas, para além de fotos artísticas, o poético documentário mostra a fragilidade e a esperança dos protagonistas (DOWNTOWN FILMES, 2010).

Em retrospectiva, vemos que a Revolução Agrícola foi crucial para o desenvolvimento de uma sociedade tal como conhecemos hoje (HARARI, 2018). Em gratidão, apesar de o planeta ter 71% da superfície coberta de água, nós o chamamos de Terra. A terra tem muitas propriedades místicas para o ser humano, sendo considerada um elemento básico astrológico do quarteto fogo-terra-água-ar. Por sua característica física positiva, a terra dissipa energia e as cargas negativas. É por isso que os raios procuram desesperadamente o solo (INPE, 2020).

Nós também descarregamos nossas energias negativas no solo quando andamos descalços, renovando nosso astral. Essa sinergia nos conecta com o planeta e nos lembra que do pó viemos e ao pó retornaremos (Gn 3:19).

3.5. Dia Mundial do Planeta Terra (22 de abril)

Pedra Fincada, Ilha do Campeche – SC
Foto: Larissa Trierveiler Pereira

A Terra era reverenciada como a Deusa-Mãe, ou Gaia, em um templo em Delfos, na Grécia, por volta de 1.200 a.C. Segundo a mitologia grega, na escuridão do Caos, foi surgindo a imagem da divindade Gaia, coberta com mantos alvos, esvoaçantes e rodopiantes. Com os giros, seu corpo foi se solidificando e se transformou em vales e montanhas, sua transpiração se transformou em mares e rios, e seus braços se alongaram e a envolveram, transformando-se em firmamento a sua volta (SAHTOURIS, 1991).

Outros curiosos mitos de criação do mundo são contados em diversas línguas por inúmeras culturas, sempre envolvendo deuses, deusas, seres especiais, elementos naturais e temas de cooperação, doação, fraternidade e igualdade. Um ponto de convergência dessas histórias é que em determinado momento, após a criação de céus e terras, um deus supremo criou ou deu origem à vida e aos seres humanos, por fim (PRADO, 2005). Recentemente foi aventada a possibilidade de que a lenda de criação do planeta do povo aborígene *Gunditjmara*, habitante do sudoeste do estado de Victoria, na Austrália, pode ser a mais antiga da humanidade, com cerca de 37 mil anos (CARBINATTO, 2020).

Mas nem essas bonitas histórias fizeram com que o progresso poupasse o planeta. A Revolução Industrial desencadeou um processo de degradação em larga escala. Em meados do século XX, os cientistas começaram a notar como a industrialização era impactante para os ecossistemas da Terra.

Partindo dessa preocupação, em 1970, foi realizada a primeira manifestação para criação de uma agenda ambiental. O movimento foi iniciado em 22 de abril pelo senador Gaylord Nelson, ativista ambiental americano, e contou com a participação de duas mil universidades, dez mil escolas primárias e secundárias, e centenas de comunidades, totalizando mais de 20 mil pessoas (MMA, 2020a). A pressão social teve seus êxitos e o governo dos Estados Unidos criou a Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency - EPA*) e uma série de leis destinadas à proteção do meio ambiente. A partir de 1990, o Dia da Terra passou a ser comemorado em todo o mundo no dia 22 de abril (EPA, 2020).

O planeta Terra tem, aproximadamente, 4,5 bilhões de anos, e muitas são as teorias científicas a respeito de seu surgimento, sendo a mais aceita a teoria do *Big Bang*, ou Grande Explosão (HAWKING, 2018). O autor explica que pela constatação do telescópio espacial Hubble, as galáxias estão se afastando umas das outras, o que significa que o universo está em expansão e se resfriando. Se isso é verdade, há 13,8 bilhões

de anos atrás, toda a matéria e energia do universo estavam concentradas em um ponto, que explodiu e deu início à formação de átomos, estrelas, galáxias, moléculas, planetas e outros corpos cósmicos.

De acordo com Lovelock (1991), a formação de Gaia passou por quatro períodos distintos. O primeiro foi batizado de *Hadeano* por causa das condições extremamente hostis e violentas. A atividade vulcânica era intensa, com grande produção de dióxido de carbono (CO_2) e com atmosfera provavelmente de cor alaranjada. Com o aparecimento das primeiras formas de vida bacteriana, o planeta passou para o período *Arqueano*, com grande concentração de nitrogênio na atmosfera e apenas traços de oxigênio, o que lhe conferia, possivelmente, um pálido céu cor-de-rosa sobre um oceano marrom. Cerca de 2,5 bilhões de anos atrás, a Terra entrava no período *Proterozóico*. Com as formas de vida fotossintéticas, pelo balanço bioquímico, o carbono do CO_2 foi sendo retirado da atmosfera para se converter em formas orgânicas, enquanto o O_2 foi sendo liberado, provocando um aumento em sua concentração. É de se supor que a cor do céu dessa época fosse de um azul pálido e a cor do mar, esverdeado. A última era do planeta chama-se *Fanerozóico*, e vai de 700 milhões de anos atrás até os dias de hoje. Durante esse período a Terra deu origem a plantas e animais, pois sua constituição biogeoquímica já permitia formas de vida superiores que utilizam o oxigênio para seu metabolismo. A composição química da atmosfera terrestre chegou às concentrações de equilíbrio com a vida, com 78,08% de nitrogênio, 20,95% de oxigênio, 0,93% de argônio, 0,03% de dióxido de carbono, e vapor de água em concentrações variáveis. A 30 km de altitude na atmosfera, foi formada uma camada de ozônio, providencial como escudo protetor das formas de vida contra os raios mutantes do Sol (BAIRD; CANN, 2011), discutida mais detalhadamente no item 3.14.

Mesmo em meio às grandes transformações biogeoquímicas, o planeta possui uma grande capacidade de reagir às perturbações e danos (homeostase), passando para um novo

estado estável após os movimentos súbitos (homeorrese). Foi isso que ocorreu posteriormente aos impactos severos de planetesimais (meteoros).

> A continuação da vida e a constância do clima, apesar dessas catástrofes, são um tributo ao poder de recuperação do sistema, e é também uma das evidências mais convincentes que sugerem a presença de um organismo homeostático auto curador e autorregulador denominado Gaia (LOVELOCK, 1991, p. 140).

Toda essa dinâmica é proporcionada pelo fato de que a Terra está na zona habitável circunstancial, em uma posição no sistema solar que recebe radiação ideal para conter água no estado líquido sob pressão atmosférica adequada. Essa ideia foi apresentada pela primeira vez por Strughold (1953) e Shapley (KASTING, 2010). Nos anos 70, a zona habitável também ficou conhecida como "zona Cachinhos Dourados", em alusão à história infantil "Cachinhos Dourados e os Três Ursos". A Terra não é perto demais do Sol, como Vênus, nem longe demais, como Marte.

Os conhecimentos relacionados à Terra, incluindo pesquisas geológicas, perfurações submarinas profundas e imagens de satélites têm nos trazido recentes descobertas. Suguio e Suzuki (2010) mostraram algumas curiosidades, como: i) o dia da Terra já teve duração de 21 horas, o que fazia com que o ano tivesse 400 dias; ii) os continentes já foram unidos em um só (Pangeia) há 200 milhões de anos e com o passar dos anos foram se fragmentando nos seis continentes que temos hoje; iii) os continentes estão em movimento, convergindo para um ponto na China, e estima-se que daqui a 200 milhões de anos eles serão novamente fundidos em um único continente; iv) a intensidade do campo magnético da Terra está enfraquecendo, podendo reduzir-se a zero daqui a 1.500 anos; v) há cerca de 18.000 anos, o nível de água era de 120 a 130 metros mais baixo do que o nível atual.

Para ser como a conhecemos atualmente, a Terra passou por eras glaciais, aquecimentos globais, terremotos, ma-

remotos e todo tipo de intemperismo, além de ser modificada, principalmente, pela origem da vida.

Estudos mostram que a vida unicelular surgiu há 3,8 bilhões de anos, que evoluiu para células fotossintéticas e fez com que o planeta mudasse sua atmosfera e possibilitasse o aparecimento de novos seres vivos. A "Hipótese de Gaia" (em homenagem aos gregos), de Lovelock (1979), diz que a Terra tem vida, assim como seus seres. Essa teoria diz que os organismos individuais, ao se adaptarem aos ecossistemas, também adaptam o ambiente geoquímico segundo as suas necessidades. Assim, os organismos evoluíram junto com o ambiente físico, formando um sistema complexo de controle, o qual mantém favoráveis as condições de vida na Terra. O autor explica como os mecanismos da vida permitem que a atmosfera seja estável e como o planeta pode reter a água, propriedades não presentes em Marte e em Vênus.

Os ciclos, que envolvem os seres vivos, o meio físico e os elementos químicos, chamam-se biogeoquímicos. Os mais conhecidos e estudados são o ciclo da água, do carbono, do nitrogênio, do fósforo e do enxofre. Por meio desses ciclos, a Terra se renova, espécies evoluem e são extintas, e a vida continua.

Os elementos químicos que constituem a Terra são os mesmos desde sua origem, a diferença é o arranjo que fazem entre si e modificam o resultado final. O escritor Jostein Gaarder, em seu livro *O Mundo de Sofia*, compara os elementos químicos às peças do brinquedo *Lego*, onde diferentes arranjos dão origem a formas diferentes. O autor ainda brinca dizendo que "um átomo de hidrogênio presente numa célula da pontinha de meu nariz pode ter pertencido um dia à tromba de um elefante" (GAARDER, 1995, p. 58).

É por isso que Gaia é um lugar singular, o melhor que podemos ter até hoje. A Terra é composta por uma porção sólida (a crosta terrestre, ou litosfera), uma porção líquida (rios lagos, mares e oceanos, ou hidrosfera), e uma porção gasosa (a atmosfera). Essas parcelas formam um volume gigantesco, mas a vida só ocupa uma estreita faixa desses três segmentos. A su-

perfície da Terra e dos oceanos abrigam a maior parte da vida, alguns quilômetros acima e abaixo do nível do mar já não há mais seres vivos, embora as transformações químicas e físicas continuem ocorrendo para a manutenção do equilíbrio.

Como o planeta tem a forma aproximada de uma esfera chamada geóide (sim, a Terra não é plana), com inclinação do seu eixo, e obedece aos movimentos cósmicos de rotação e translação, a radiação do Sol chega à superfície de forma diferenciada. Por esses motivos, o planeta apresenta diferentes padrões de temperatura, vento, precipitação e clima, que basicamente determinam a flora e a fauna (biomas). Algumas variações locais no clima também podem ocorrer devido às correntes oceânicas e à topografia (RICKLEFS, 2013). O Quadro 3.5.1 mostra as correlações entre clima e vegetações que caracterizam os biomas terrestres.

Quadro 3.5.1 – Climas e vegetações característicos aos biomas

Clima	Vegetação
Equatorial, úmido e quente	Floresta pluvial tropical
Tropical, com chuvas de verão e inverno seco	Floresta tropical estacional ou savana
Subtropical árido	Desertos quentes
Mediterrâneo, com chuvas de inverno e verão seco	Chaparral
Quente-temperado sempre úmido	Floresta subtropical
Temperado úmido com inverno curto	Floresta temperada caducifólia
Temperado árido	Estepe ou deserto com inverno frio
Boreal	Floresta de coníferas (taiga)
Polar	Tundra

FONTE: Coutinho (2006).

O Brasil é formado por seis biomas. Apesar de pertencerem à divisão macroscópica apresentada no Qadro 3.5.1, os biomas brasileiros apresentam aspectos bem particulares. A *Amazônia* é o maior bioma do Brasil e abriga mais de 2.500 espécies de árvores e 30 mil de plantas. A *Caatinga* ocupa dez estados brasileiros, abriga 1.487 espécies de fauna e 27 mi-

lhões de pessoas. O *Cerrado* detém 5% da biodiversidade do planeta e é notada como a savana mais rica do mundo. A *Mata Atlântica*, reconhecida como Patrimônio Nacional, cobre cerca de 15% do território brasileiro. O *Pampa* contempla paisagens naturais variadas, de serras a planícies, de morros rupestres a colinas. Finalmente, o *Pantanal* é considerado uma das maiores extensões úmidas do planeta (MMA, 2020f).

Outras paisagens únicas e surreais da Terra encantam os seres humanos a ponto de serem declaradas Patrimônio Natural da *Humanidade* (com um toque de presunção, claro). Até 2020, 213 lugares eram protegidos pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2020). Podem ser ressaltadas as montanhas arco-íris do *Parque Geológico Zhangye Danxia* e as piscinas naturais azuis de *Huanglong Scenic Valley*, ambos na China; a impressionante floresta de rochas e os gigantes baobás da *Reserva Natural de Tsingy*, em Madagascar; a maior caverna subaquática do mundo, o *Grande Buraco Azul*, em Belize; o vulcão ativo do *Monte Etna*, na Itália; a região vulcânica de *Kamchatka*, na Rússia; o imponente desfiladeiro do *Grand Canyon*, nos Estados Unidos; o complexo de geleiras *Kluane*, *Wrangell* e *Saint Elias*, no Canadá; ou ainda o *Vale da Lua*, em Goiás, ou as *Cataratas do Iguaçu*, em Foz do Iguaçu (UNESCO, 2020).

Fora da lista também existem formações extraordinárias deste belo planeta, como o rio multicolorido *Caño Cristales*, na Colômbia, que abriga uma planta aquática (*Macarenia clavigera*) responsável pelas variadas cores, com seu máximo esplendor entre setembro e novembro (BERG, 2014). Outras curiosidades aquáticas são os lagos cor-de-rosa da Austrália, *Hillier*, *Hutt*, *Eyre*, *Bumbunga*, *MacDonnell*, *Hart* e *Pink Lakes* (AUSTRALIA, 2020). Esses lagos adquirem a inesperada cor devido à alta salinidade e presença de algas e bactérias.

As cavernas também são inusitadas, como as cavernas iluminadas de *Waitomo*, na Nova Zelândia, que são famosas por abrigarem uma espécie de mosquito (*Arachnocampa spp.*)

cujas larvas são bioluminescentes e brilham no teto das cavernas como se fossem estrelas azul-esverdeadas (HALL, 2012).

Com relação a fenômenos terrestres físico-químicos, podem-se destacar as auroras boreais e austrais, detentoras de indescritível beleza (SALLES, 2017). De acordo com Guedes (2015), os nomes diferenciam-se por seus locais de aparecimento. Quando as luzes ocorrem sobre o eixo norte do planeta, elas são chamadas de aurora boreal. Esse nome foi dado por Galileu Galilei, em 1619, enquanto investigava o fenômeno como parte de um estudo sobre o movimento dos astros celestes. O nome foi escolhido em homenagem à deusa romana do amanhecer, Aurora, e ao deus grego dos ventos nortes, Bóreas. Quando a luminescência ocorre em latitudes do Hemisfério Sul, recebe o nome de aurora austral, nome batizado por James Cook, em 1773, ao presenciar o fenômeno no Oceano Índico durante uma de suas expedições. Até então, não havia sido comprovada a ocorrência do fenômeno no polo sul e acreditava-se que ele era exclusivo do Hemisfério Norte (GUEDES, 2015).

Esses magníficos espetáculos ocorrem porque a Terra possui um campo magnético (a magnetosfera) que protege o planeta contra os hostis ventos solares, que são fluxos constantes de partículas energizadas vindas do Sol (FERREIRA *et al.*, 2017). Conforme a Nasa (2020c), a maior parte dessas partículas é desviada pela magnetosfera, porém algumas escapam, entram em contato com o campo magnético terrestre e são levadas às regiões polares. Ao interagirem com os átomos de oxigênio e nitrogênio da atmosfera, é gerada uma corrente elétrica que produz brilho e cores, que tanto fascinam a humanidade. As auroras polares podem ter diferentes formatos, intensidades e matizes, variando de verde, mais comum, passando por azul e violeta, a vermelho, mais raro (NASA, 2020c).

Com tanta exuberância, devemos preservar os recursos do planeta, pois ele pode ser comparado a uma nave espacial, viajando a uma velocidade constante no espaço e sem paradas para ser reabastecido de suprimentos, ou seja, água, ar e solo. E sua tripulação, os seres que nele habitam, só aumenta e

consome os suprimentos. No ano 1 d.C., a população humana na Terra era de, aproximadamente, 500 milhões de habitantes. Com a peste negra, que assolou a Ásia e a Europa no século XVI, uma grande parte da população foi dizimada, mas os sobreviventes elevaram a tripulação dessa espaçonave para 1 bilhão de habitantes em meados do século XVIII. Com a Revolução Industrial, após poucos 200 anos, em 2011, a Terra já contava com 7 bilhões de habitantes, divididos em 277 nações nos cinco continentes (o sexto, a Antártida, é considerado inabitado). Estima-se que 19% desse total (países desenvolvidos) viajam de primeira classe na espaçonave e os restantes 81% viajam no porão (HARARI, 2018).

Com o incremento populacional exponencial a partir da Revolução Industrial, a vida de outros seres vivos começou a ficar ameaçada pelo *Homo sapiens*, o que levou Lovelock (1991) a compará-lo a uma praga no planeta. E o pior é que o autor comprova que é a própria Gaia quem considera o ser humano seu flagelo, tendo, portanto, poder para seu extermínio. Como seres inteligentes começamos a perceber que nesse cabo de guerra o lado mais fraco é o nosso.

Essa compreensão coletiva aconteceu como magia, em 1969, quando Gaia finalmente pôde se ver no espelho pelos olhos de seu mais criativo ser. O homem se jogou ao espaço e pôde admirar a beleza e simplicidade de sua casa. Com a primeira foto da Terra vista do espaço, a humanidade se apaixonou pelo planeta que lhe deu origem. Segundo a ONU BRASIL (2020d, p. [1]),

> ver pela primeira vez este 'grande mar azul' em uma imensa galáxia chamou a atenção de muitos para o fato de que vivemos em uma única Terra – um ecossistema frágil e interdependente. E a responsabilidade de proteger a saúde e o bem-estar desse ecossistema começou a surgir na consciência coletiva do mundo.

Assim, reuniões e acordos internacionais deram origem a vários instrumentos de proteção à Terra, dando voz ao planeta enfermo. Em março de 2000, foi publicada a *Carta*

da Terra, redigida com a participação de representantes dos cinco continentes. As discussões, que culminaram nesta publicação, iniciaram-se na Rio 92, com um grupo denominado *Conselho da Terra,* do qual o ex-presidente russo, Mikhail Gorbachev, era coordenador.

A *Carta da Terra* é um lindo texto que mostra, de forma clara e objetiva, a situação global e os desafios que nos esperam. O documento adota quatro princípios fundamentais: 1º) respeito e cuidado com a comunidade da vida; 2º) integridade ecológica; 3) justiça social e econômica; e 4º) democracia, não-violência e paz. A renovação e o recomeço são premissas para estes princípios, o que requer nosso compromisso de adotá-los e promovê-los.

Devemos admitir que a leitura e compreensão desse tratado não é de fácil absorção. Logo no 1º princípio somos levados a admitir que "todos os seres vivos são interdependentes e que cada forma de vida tem seu valor intrínseco, **independentemente de sua utilidade para os seres humanos**" (FERRERO; HOLLAND, 2004, p. 45, grifo meu). É difícil admitir que baratas, sapos e escorpiões são valorosos. Igualmente é difícil para algumas pessoas admitirem que mendigos, prostitutas e muçulmanos são valorosos. Segundo Roberto Tagliaferri, a Carta da Terra nos eleva a um momento único da história, em que se pode afirmar que "o homem morreu", pois se encerrou o mito de que o homem é senhor da natureza (FERRERO; HOLLAND, 2004, p. 16).

Outro texto encantador foi publicado pelo Papa Francisco (2015) sobre nossa "casa comum". Em seis capítulos o Santo Padre defende, de forma lúcida, a importância do diálogo transdisciplinar entre as religiões e as ciências.

Nesta mesma linha de raciocínio, Gadotti (2001) propôs o termo *planetarização* e seu derivado *planetaridade*. Dessa forma, o autor, com ajuda de Leonardo Boff, distinguiu claramente *civilização planetária* e *globalização*. A globalização, que remete a uma proposta econômica e política de sociedade mundial, interconectada, sem divisões em países, com metas dirigidas a todos os seres humanos, exclui "a cidadania das

maiorias para reservá-la a um grupo muito reduzido de privilegiados" (FERRERO; HOLLAND, 2004, p. 24). A civilização planetária, ao contrário, leva em consideração a harmonia, os valores éticos e a espiritualidade.

Neste sentido, como forma de rechaçar a hegemonia dos países desenvolvidos, leia-se nações ricas do hemisfério Norte, vários estudiosos iniciaram um movimento alterando o sentido do mapa-mundi. O australiano McArthur (1979) foi o primeiro a retratar o mapa de cabeça para baixo, colocando a Austrália no centro da representação. Depois da crítica de McArthur, vários outros mapas invertidos foram publicados, reforçando a ideia de que a Terra, no espaço, não obedece Norte ou Sul, e que os países em desenvolvimento não estão "abaixo" dos países desenvolvidos, e que não existem pessoas "inferiores". Essa provocação mostra, no mínimo, que "só podemos entender o mundo se estivermos dispostos a ver as coisas de várias perspectivas" (ABRAMMS, 2015,1:02 min).

Outras formas educativas que servem para sensibilizar e alertar a população sobre a preservação do planeta são os cálculos de indicadores, como a Pegada Ecológica[13], que pode ser determinada para uma pessoa, ou comunidades, ou países, ou processos, ou atividades. A Pegada Ecológica contabiliza ambientalmente a pressão e o impacto do estilo de vida das pessoas sobre os recursos naturais, levando em consideração os padrões de produção, consumo e descarte de bens e serviços. As fórmulas levam em conta os gastos de água, a biodiversidade, a emissão de gases de efeito estufa, o consumo de energia, a poluição atmosférica e a geração e destinação de resíduos sólidos (WACKERNAGEL; REES, 1996).

A Pegada Ecológica é expressa em hectares, ou seja, é a medida da área utilizada com recursos naturais que seria necessária para mantermos os hábitos de consumo e o estilo de vida. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, "esse uso de recursos deve ser compatível com a

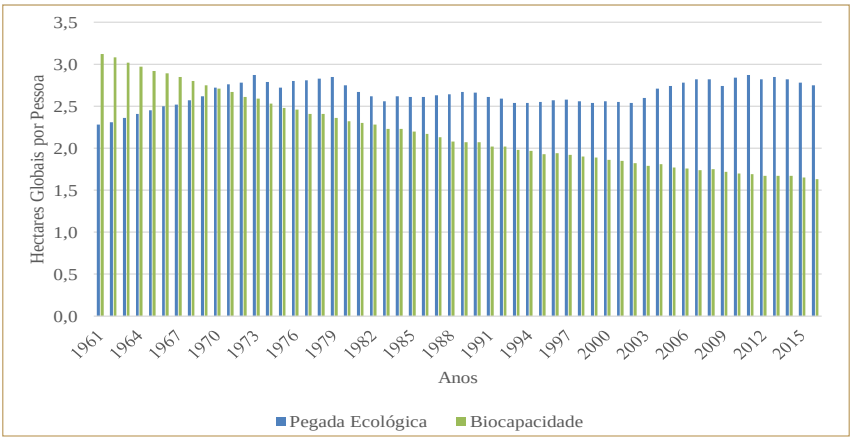
[13] Existem calculadoras online onde você pode calcular sua pegada ecológica.

capacidade natural do planeta em regenerá-los" (INPE, 2012, p. 7). Dessa forma, o indicador "está diretamente relacionado ao desenvolvimento sustentável, ou seja, ao uso racional e equitativo (com justiça social) dos recursos naturais" (INPE, 2012, p. 6).

Para melhor compreensão da contabilidade ambiental mundial, a organização *Global Footprint Network* (GFN) publica dados anuais de biocapacidade disponível e *déficit* ecológico dos países. A biocapacidade é medida calculando a quantidade de terra e a área do mar biologicamente produtivas disponíveis para fornecer os recursos que uma população consome e absorver seus resíduos, dadas as práticas atuais de tecnologia e gerenciamento. Desse modo, para tornar a biocapacidade comparável no espaço e no tempo, as áreas são ajustadas proporcionalmente à sua produtividade biológica. Essas áreas ajustadas são expressas em "hectares globais" (gha). Como os países diferem na produtividade de seus ecossistemas, isso se reflete na sua contabilidade, e assim podem ser aferidos os impactos ambientais das nações. Se a Pegada de um país for **menor** que sua biocapacidade, diz-se que ele tem uma reserva ecológica, ou seja, é um credor ecológico. Caso contrário, o país opera com um *déficit* ecológico, sendo um devedor ecológico (GFN, 2020a).

A Figura 3.5.1 correlaciona os dados de biocapacidade e Pegada Ecológica globais desde 1961 a 2016. Nota-se que a partir de 1970, o mundo passou para a grave condição de devedor ecológico, com uma tendência de aumento anual de 2,28%. Segundo Lin *et al.* (2018), na Ásia, a Pegada Ecológica total e *per capita* está crescendo mais rapidamente do que todas as outras regiões.

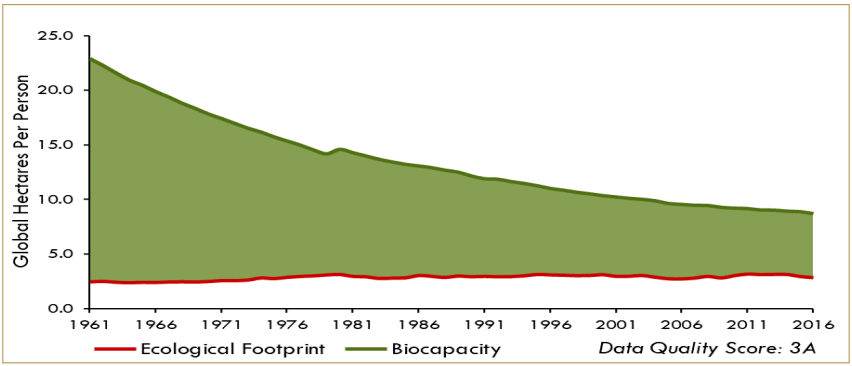
Figura 3.5.1 – Correlação da Pegada Ecológica e a Biocapacidade globais



Fonte: GNF (2019), organizado pela autora.

Dos países participantes dos estudos da GFN, a Guiana Francesa foi o que apresentou maior reserva ecológica (94,7 gha por pessoa) em 2016. Em contrapartida, no mesmo ano, o Qatar revelou ter o maior déficit ecológico (13,4 gha por pessoa). No Brasil, ainda há reserva ecológica (5,9 gha por pessoa), como ilustra a Figura 3.5.2. Porém, uma rápida análise nessa figura permite concluir que a biocapacidade tem sido reduzida de forma drástica.

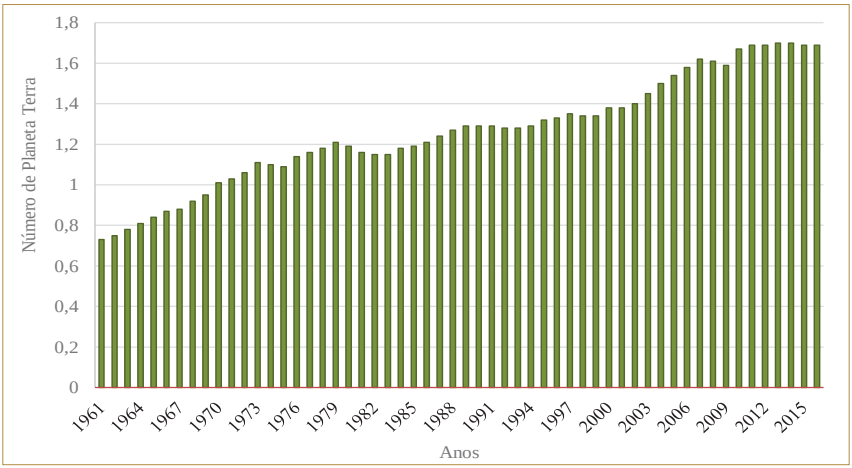
Figura 3.5.2 – Histórico da Pegada Ecológica (*Ecological Footprint*) e Biocapacidade (*Biocapacity*) do Brasil, de 1961 a 2016, em hectares globais por pessoa (*Global Hectares per Person*)



Fonte: GFN (2019).

De forma prática e para o público em geral, o resultado da Pegada Ecológica é dado em "números de planeta Terra". Pelos cálculos do GFN, em 2016 a humanidade necessitava de 1,69 planeta para manter seu padrão de consumo. A Figura 3.5.3 mostra um gráfico do histórico do indicador da humanidade de 1961 a 2016 (GFN, 2019).

Figura 3.5.3 – Histórico da Pegada Ecológica do mundo de 1961 a 2016



Fonte: GFN (2019), organizado pela autora.

Pelo relatório da GFN (2019), o Qatar (8,8 planetas) e Luxemburgo (7,9 planetas) são os países com maiores resultados de Pegada Ecológica. Os países com menor índice são Eritrea, na África, e Timor Leste, na Ásia, ambos com pegada de 0,3 planeta. O estudo de Maduro-Abreu *et al.* (2009) concluiu que, no geral, a pegada ecológica *per capita* é diretamente proporcional à renda *per capita*, ou seja, países mais ricos tendem a ter maiores pegadas.

Com os relatórios anuais, a GNF criou uma outra forma de expressar o indicador, o interessante "Dia de Sobrecarga da Terra". Desde 2000, a organização calcula anualmente o dia (simbólico) em que a humanidade esgota o orçamento da natureza para o ano e, a partir dessa data, o planeta opera em

sobrecarga, em *déficit* ecológico (GFN, 2020b). A Tabela 3.5.1 apresenta os Dias de Sobrecarga da Terra de 2000 a 2020.

Tabela 3.5.1 – Dia de Sobrecarga da Terra

Ano	Dia de Sobrecarga da Terra
2000	5 de outubro
2001	4 de outubro
2002	30 de setembro
2003	21 de setembro
2004	13 de setembro
2005	6 de setembro
2006	4 de setembro
2007	2 de setembro
2008	4 de setembro
2009	8 de setembro
2010	31 de agosto
2011	27 de agosto
2012	25 de agosto
2013	22 de agosto
2014	19 de agosto
2015	13 de agosto
2016	8 de agosto
2017	2 de agosto
2018	1 de agosto
2019	29 de julho
2020	**22 de agosto**

Fontes: GFN (2020c) e WWF-BRASIL (2016), organizada pela autora.

Pela análise da Tabela 3.5.1, rapidamente saltam aos olhos o Dia de Sobrecarga de 2020, que retrocedeu à data de 2013. Isso significa que a pandemia do *Coronavírus* causou uma contração da Pegada Ecológica da humanidade devido ao menor consumo da população, forçada ao isolamento social. É, no mínimo, triste perceber que apenas uma calamidade prolongada consegue frear nossa exploração aos recursos naturais. Mas devemos continuar lutando, pois "a verdadeira sustentabilidade que permite que todos prosperem na Terra só pode ser alcançada por planejamento, não por desastre" (GFN, 2020d).

O Dia de Sobrecarga da Terra 2020 também nos alerta para o início de uma tremenda crise econômica, pois a queda do consumo não foi planejada ou desejada pelos consumidores. É

obvio que essa crise assolará ainda mais os menos favorecidos, retardando o alcance das metas preconizadas pelos ODS.

Analisando o relatório da GFN (2019), o Dia de Sobrecarga da Terra de 2020 para alguns países é muito preocupante. Por exemplo, para o Qatar essa data foi 11 de fevereiro e para Luxemburgo foi 16 de fevereiro. Mesmo existindo 27,8% de países que tem Pegada Ecológica menor do que 1,0 planeta Terra (e, portanto, não têm Dia de Sobrecarga), os 72,2% restantes exercem demasiada pressão nos sistemas ambientais, a ponto de provocar uma ruptura irreversível no equilíbrio do planeta.

Nos anos 60, o simpático e despretensioso urso Balu já ensinava Mogli com uma bela canção indicada ao Oscar de 1968 (*The Bare Necessities*): "Eu uso o necessário, somente o necessário, o extraordinário é demais; eu digo necessário, somente o necessário, por isso é que essa vida eu vivo em paz" (MOGLI, 1968).

AMBIENTE-SE

O MUNDO É DOS HOMENS BRANCOS DE 18 A 65 ANOS? [14]

No século passado, em 1948, a Mãe-Terra assistiu, orgulhosa, seus filhos publicarem a Declaração Universal dos Direitos Humanos. O documento diz que *"Todas as pessoas nascem livres e iguais em dignidade e direitos"* e que *"Toda pessoa tem capacidade para gozar os direitos e as liberdades ... sem distinção de qualquer espécie, seja de raça, cor, sexo, língua, religião, opinião política ou de outra natureza, origem nacional ou social, riqueza, nascimento, ou qualquer outra condição".*

O texto sugere uma igualdade entre os seres humanos que é, no mínimo, utópica e ilusória, quase cínica. Para

[14] Texto publicado pela autora no Jornal O Companheiro, Maringá, em 01 de junho de 2006.

aqueles que não perceberam a fantasia, eis os fatos:
1) Em 1975, foi aprovada a Declaração das Nações Unidas dos Direitos das Pessoas Deficientes;
2) Em 1979, foi adotada, na Assembleia Geral das Nações Unidas, a Convenção sobre a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação Contra as Mulheres, e ratificada no Brasil em 1º de fevereiro de 1984;
3) Em 1985, foi produzida pela ONU uma Declaração Universal dos Direitos dos Povos Indígenas;
4) Em 1990, foi publicada no Brasil o Estatuto da Criança e do Adolescente;
5) Em 2003, foi aprovado o Estatuto do Idoso no Brasil.

Por que surgiram essas novas declarações? Não são todos seres humanos?

Além das declarações das minorias, existem também seus dias específicos para que não se esqueçam delas: Dia Internacional dos Deficientes Físicos (3 de dezembro), Dia Internacional da Mulher (8 de março), Dia do Índio (19 de abril), Dia da Criança (12 de outubro), Dia da Consciência Negra (20 de novembro) e Dia do Idoso (27 de setembro).

Por que não existe o Dia do Homem Branco de 18 a 65 anos? Porque todos os demais dias do ano são dele... É esse homem que governa e não obedece às leis, que ordena guerra e exige paz, que cria declarações universais e institui os dias comemorativos... Pensando bem, o mundo é de quem faz parte dessa 'classe'...

Ainda junto com as minorias, encontra-se o Meio Ambiente, que necessita de leis especiais e data comemorativa (5 de junho). Infelizmente, o modelo atual de pensamento é o antropocentrismo e o meio ambiente sofre influência dos seres humanos. De todas as minorias, o Meio Ambiente é o mais agredido e menos valorizado.

Entretanto, deve-se lembrar que para se defender, a natureza é cruel e imperdoável. Já estamos assistindo sua fúria em certas regiões do planeta com tempestades, furacões, secas, invernos e verões rigorosos.

E o pior é que essas consequências são sentidas por todos do planeta: plantas, animais, seres humanos... O Homem Branco de 18 a 65 anos não mede suas ações e os mais fracos, como crianças e idosos, sentem de forma drástica a reação da natureza.

Nessa medição de forças, quem será que ganha? O Homem, que é maioria e dono do mundo? Os deficientes, as mulheres, os índios, as crianças e os idosos, que são as minorias, mas que juntos podem ter forças? Ou o Meio Ambiente, que também é minoria, mas é escravo dos demais?

Sem sombra de dúvida, com apenas alguns segundos de reflexão, verificamos que o Meio Ambiente é muito mais forte do que seus 'senhores'. O Homem nada poderá fazer quando a natureza não conseguir segurar mais seus impulsos egoístas e capitalistas. Em sua cegueira política e econômica, o Homem esquece-se que a natureza já existia quando seus antepassados surgiram na Terra. Conclui-se que o Meio Ambiente não precisa do Homem e, ao contrário, o Homem depende exclusivamente do Meio Ambiente.

É, pensando bem, o mundo não é dos Homens Brancos de 18 a 65 anos. O mundo não é de ninguém, é de Todos...

3.6. Dia Mundial do Sol (3 de maio)

Nascer do sol na praia da Armação, Florianópolis – SC
Foto: Larissa Trierveiler Pereira

O primeiro Dia do Sol foi proclamado em 1978 por Jimmy Carter, então presidente dos EUA, com a finalidade de informar ao público em geral "sobre as tecnologias solares e demonstrar o potencial do sol para atender às necessidades de energia da América" (APP, 2020, p. [2]). O evento foi iniciado em 1977 por Denis Hayes, então Diretor de Energia de Illinois, EUA, que já havia participado da organização do Dia da Terra, sete anos antes. Na época, em entrevista ao jornal The New York Times, Hayes disse que "embora nenhuma tecnologia so-

lar possa atender à demanda total de energia da humanidade, uma combinação de fontes solares pode. [...] É tecnicamente viável, economicamente sólido e ambientalmente atraente" (HILL, 1977, p. [5]). Mais tarde, a data foi adotada internacionalmente pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), da ONU (REDDY, 2007), e sempre é comemorada pela NASA.

Considera-se que o Sol foi formado há 4,6 bilhões de anos por consequência da grande explosão que deu origem ao universo. Formado basicamente pelos elementos químicos hidrogênio e hélio (em massa, cerca de 70,6% de hidrogênio e 27,4% de hélio), o Sol corresponde a uma massa incandescente de gases, que gera energia a partir de fusão nuclear (NASA, 2020d). Este processo consiste na união de núcleos atômicos de hidrogênio para formar um núcleo de hélio. Entretanto, a massa do produto final é menor do que a massa dos núcleos reagentes originais, pois a massa perdida é transformada em energia. No Sol, em várias etapas, quatro núcleos de hidrogênio se fundem para formar um núcleo de hélio[15] (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2015). Segundo os autores, a produção de energia do Sol é derivada da "transformação" de 4 milhões de toneladas de matéria em energia a cada segundo. Essa reação química violenta é responsável pela irradiação de calor a uma temperatura de cerca de 5.500ºC na superfície da estrela. No núcleo a temperatura chega a 15 milhões de graus Celsius (NASA, 2020d).

Todas as dimensões solares são inimagináveis para mentes humanas. Sua massa (gasosa) é 300.000 vezes maior que a Terra e seu diâmetro médio é cerca de 109 vezes o do nosso planeta. Com relação ao sistema solar, o Sol representa cerca de 99,8% de toda massa presente (NASA, 2020d). E isso porque o Sol é uma estrela de quinta grandeza. Existem estre-

[15] A equação completa também libera dois pósitrons, que são partículas idênticas aos elétrons, exceto pelo fato de apresentarem cargas positivas. É a 'antipartícula' do elétron.

las 2 mil vezes maior, como a já encontrada *VY Canis Majoris* (SCHLINDWEIN, 2018).

Com relação ao movimento de rotação em torno do seu próprio eixo o Sol apresenta uma curiosidade: no seu equador o período de rotação é de cerca de 27 dias terrestres e nos polos, cerca de 36 dias, ou seja, por ser um astro gasoso, a movimentação é disforme e provoca distorções em sua massa gasosa.

De acordo com Lovelock (1991), o astro-rei, assim como todas as estrelas, aumenta sua produção de energia, ou luminosidade, à medida que envelhece. Quando a Terra foi formada, ele era 25% mais frio. Estima-se que ele continuará a se esquentar até todo o hidrogênio se transformar em hélio. Após essa fase, o hélio começará a se transformar em carbono, fazendo com que o núcleo se encolha e a superfície externa se expanda pela diminuição da força de gravidade. Nessa etapa de vida do Sol, ele começará a se resfriar e brilhará com cor vermelha. Na sequência, daqui a 6,5 bilhões de anos, o Sol irá se tornar uma fria anã branca (BERKELEY, 2020).

Como pode-se perceber, todos os fenômenos naturais são regidos por fases e o Sol tem um ciclo definido por sua atividade. Isso significa que a cada onze anos terrestres as manchas solares, as erupções e as ejeções de massa coronal (EMC)[16] são máximas e podem ser percebidas da Terra, pois prejudicam as telecomunicações, os satélites e as redes de energia devido a altas cargas magnéticas (BERKELEY, 2020).

De acordo com os pesquisadores, a atmosfera e o campo magnético da Terra funcionam como um escudo para maioria das EMC. Quando uma EMC mais fraca atinge o planeta, ela dá origem ao belíssimo fenômeno das auroras boreais ou austrais (ver item 3.5). Entretanto, no início de agosto de 1972, uma série de três tempestades solares atingiu a Terra e a última, mais

[16] Definidas como gigantescas nuvens de plasma magnetizado que provém da coroa do Sol (camada mais externa) e viaja pelo espaço em alta velocidade (INPE, 2013). Esse deslocamento também é chamado de ventos ou tempestades solares.

violenta, chegou ao nosso planeta em 4 de agosto, provocando desestabilização em diversos equipamentos magnéticos. A principal consequência descrita, e ainda estudada, dessa EMC foi a detonação, quase simultânea, de 20 a 25 minas marítimas de influência magnética da Marinha dos Estados Unidos lançadas nas águas costeiras do Vietnã do Norte (KNIPP *et al.*, 2018).

A fusão atômica do Sol libera radiação em todos os comprimentos de onda e o tempo para vencer a distância que o separa da Terra é de, aproximadamente, 8,5 minutos (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2015). Sabe-se que 44% de toda radiação que chega no topo da atmosfera terrestre é de luz visível branca. A luz branca é a reunião das sete cores que se vê no arco-íris (violeta, azul, ciano, verde, amarelo, laranja e vermelho) quando um raio de Sol é decomposto por gotículas de água. Porém, a maior parte da radiação que a Terra recebe do Sol não é visível: 7% são de ondas ultravioletas (UV-A, UV-B, UV-C, raios-X e raios-gama) e 49% são de ondas infravermelhas (IR[17], micro-ondas e ondas de rádio) (NASA, 2020e).

Essa quantidade de insolação que atinge o topo da atmosfera, também chamada de *constante solar*, é de 1.354 W/m². Deste valor, apenas 50% atinge a superfície terrestre, pois 31% é refletido de volta para o espaço e 19% é absorvido pelas nuvens e por gases da atmosfera (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2015). Pode-se citar, por exemplo, a absorção total dos raios cancerígenos UV-C pela camada de ozônio (BAIRD; CANN, 2011). Se tomarmos Itaipu Binacional como comparação, com índice de produção de 10 W/m², seriam necessárias 68 usinas para fornecer a mesma energia que chega à superfície do planeta (ITAIPU BINACIONAL, 2020b).

A insolação na superfície, todavia, não é igual em todo o globo terrestre, isso depende da latitude, da estação do ano, do horário do dia e da quantidade de nuvens presentes. O fato é

[17] Embora em português a tendência seja utilizar a abreviatura IV, é mais usual a utilização de IR, do inglês infrared, para evitar confusões com a sigla UV, ultravioleta.

que a insolação é máxima quando os raios solares atingem uma superfície perpendicularmente (KREITH; MANGLIK; BOHN, 2010).

Essa energia "extraterrestre" recebida diariamente é suficiente para manter a vida no nosso planeta. É por meio dessa energia que as plantas realizam a fotossíntese e transformam água e gás carbônico em glicose e oxigênio, iniciando a teia alimentar.

A energia solar passa para os organismos dos herbívoros pela alimentação e depois para o organismo dos carnívoros, onívoros (incluindo o ser humano) e decompositores. Odum (2012) e Ricklefs (2013) explicam que as transformações de energia dentro dos ecossistemas obedecem às leis da termodinâmica: a energia se transforma, mas não se perde, nem pode ser criada; as transformações de energia acontecem de uma forma mais concentrada para uma mais dispersa.

Dessa maneira, a grande maioria da energia solar que as plantas armazenam é utilizada para seu metabolismo ou dissipada em forma de calor e pouco fica disponível para o próximo nível trófico. Essa ideia foi ilustrada por Lindeman, em 1942, pela figura de uma pirâmide de energia (RICKLEFS, 2013). O mesmo autor calculou que somente 5% a 20% da energia assimilada passa de um nível trófico para outro.

A energia solar, no entanto, não serve apenas para o metabolismo alimentar dos seres humanos. O sol é responsável pela sintetização de até 90% de toda a vitamina D no organismo, cuja função é o metabolismo ósseo. Assim, a deficiência dessa vitamina está associada à osteoporose, osteopenia, diabetes, obesidade, hipertensão arterial e até alguns tipos de câncer (FIOCRUZ, 2016). Além disso, o sol também é relacionado com o bom humor. A recomendação médica, todavia, é que a exposição ao astro-rei seja moderada, principalmente de manhã ou no fim da tarde. Os raios são mais intensos no meio do dia e podem provocar câncer de pele (FIOCRUZ, 2016).

Ademais, a energia solar ainda pode ser utilizada sob a forma fototérmica ou fotovoltaica. A energia solar fototérmica é aquela aproveitada para aquecimento quando coletores sola-

res são expostos à radiação solar. Um exemplo doméstico desse aproveitamento energético é o aquecimento da água do chuveiro ou das pias por meio das placas solares instaladas sobre o telhado de uma edificação. Essa forma de energia dispensa a energia elétrica das resistências térmicas e é muito utilizada em regiões quentes do Brasil em casas, prédios, escolas e em edificações rurais, comerciais e industriais.

A energia solar fotovoltaica é a utilizada para transformação da radiação solar em energia elétrica por meio de uma célula fotovoltaica, como as utilizadas em certas calculadoras. O efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais, como o silício, na presença da luz solar (ANEEL, 2005).

O mercado de energia fotovoltaica no mundo e no Brasil tem crescido anualmente, principalmente pela queda do preço dessa fonte. Em 2013, o preço médio era de US$ 103,00 por MWh e em 2019 esse valor caiu para US$ 20,33 (ABSOLAR, 2020). Globalmente, a China ocupa o primeiro lugar em capacidade instalada de energia fotovoltaica, seguida pelos EUA e Japão. O Brasil tem conquistado posições neste *ranking* mundial, subindo do 26° lugar em 2017 para o 16° em 2019. Isso se deve, somado à queda dos custos, à alta incidência solar média anual que nosso país recebe.

Nesse sentido, a ANEEL (2005) apresentou mapas temáticos de insolação diária (em horas por dia) e radiação solar (em Wh/m² por dia) no Brasil e percebe-se que os melhores locais para instalação de energia solar são o norte de Roraima, o interior do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Piauí, e o interior da Bahia, Minas Gerais e Goiás. A despeito da localização, Rio Grande do Sul e São Paulo, junto com Minas Gerais, aparecem nos primeiros lugares em potência instalada e geração distribuída (ABSOLAR, 2020).

Além de limpa, a energia solar rende retorno financeiro ao micro e minigerador. A ANEEL (2014) define microgerador como sendo uma central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 100 kW, e minigerador diz respeito às centrais geradoras com potência instalada superior

a 100 kW e menor ou igual a 1 MW. O retorno é dado pelo Sistema de Compensação de Energia Elétrica, em que o gerador que fornece energia para a rede recebe um crédito (em kWh). É como se ele vendesse a energia excedente para distribuidora, mas não recebe em dinheiro, e sim, em desconto na fatura seguinte. De acordo com a ABSOLAR (2020), o Brasil possui hoje 356.190 unidades consumidoras que possuem geração de energia fotovoltaica e que recebem créditos pelo Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

Como exemplos de geração de energia solar fotovoltaica em grande escala tem-se as usinas de *Ivanpah*, na Califórnia; *Delingha*, na China; e *Ashalim*, em Israel (BRIGHT SOURCE, 2016). A usina de Ivanpah gera energia suficiente para abastecer 140 mil casas e está instalada em uma área de 14 km², o equivalente a 1.741 campos de futebol. Sua estrutura, que custou US$2,2 bilhões, é composta por três unidades, constituídas por uma torre de captação e ao seu redor 350 mil espelhos do tamanho de um portão de garagem cada. Esses espelhos são controlados por um *software* e se movem durante o dia como um girassol para receberem a maior incidência possível dos raios solares. A luz refletida pelos espelhos é captada pelo topo da torre, provocando calor que esquentam tanques de água, cujo vapor giram as turbinas para gerar a energia elétrica.

Nos Emirados Árabes, em Dubai, está em construção uma usina que terá a maior torre de geração solar, com 262 metros de altura. A capacidade de produção chegará a 5.000 MW em 2030, e terá como objetivo fornecer 75% da energia para Dubai em 2050 (DEWA, 2020).

As grandes críticas ambientais a esse tipo de geração de energia são com relação à grande área utilizada e ao calor gerado nas torres, que podem atingir as aves. Porém, a construção das usinas deve ser em locais que recebem grandes quantidades de radiação solar anualmente, o que remete aos desertos, que não são muito habitados. A Bright Source (2016) garante que as usinas atraem insetos, e não pássaros. Com relação aos altos custos, a tendência é que sejam menores com a difusão da tecnologia.

Outras fontes de energia significativas, renováveis e não renováveis, também são indiretamente devido à energia solar. O petróleo, carvão mineral e gás natural formam-se pela transformação de matéria orgânica na ocorrência de grande sedimentação e pressão. Toda matéria orgânica é formada a partir da energia do Sol por meio da cadeia alimentar (BRAGA *et al.*, 2005).

O carvão vegetal também tem sua origem nas plantas, que por sua vez, só se desenvolveram graças à energia solar. Dessa mesma forma, tem-se origem a energia a partir de biomassa, como por exemplo, bagaço de cana-de-açúcar, biocombustíveis e outros (RICKLEFS, 2013). No século XVIII, em 1780, o italiano Luigi Galvani descobriu uma técnica para gerar eletricidade a partir de batatas. É necessário espetar no tubérculo dois metais, como o zinco (que age como eletrodo negativo) e o cobre (que age como eletrodo positivo), ligados por um fio. O ácido dentro da batata reage quimicamente com o eletrodo negativo e libera elétrons, que fluem para o eletrodo positivo. Pesquisas realizadas na Universidade de Jerusalém garantem que é possível iluminar um quarto com LED por 40 dias usando uma batata. As experiências foram feitas cozinhando e fatiando as batatas, que aumentam a eficiência energética (KALAN, 2014).

A energia eólica, a partir do vento, também tem origem pela ação do Sol, pois quando a radiação esquenta as camadas de ar mais próximas à superfície, o ar menos denso se desloca para cima e o ar mais denso, desce. Nessa movimentação de ar há geração de vento (BRAGA *et al.*, 2005). Hoje já há pilotos de plantas que geram energia de forma híbrida: solar e eólico (FUNDETEC, 2020).

A energia das ondas também pode ser usada para geração de energia elétrica a partir da movimentação dos oceanos e mares pelos ventos (SILVA; ROSSI, 2018).

As exceções de formas de geração de energia alternativa que não se originam do Sol são o pequeno fluxo de calor que provém do interior quente da Terra, que é inferior a 1% do calor que o planeta recebe do Sol (LOVELOCK, 1991), e as placas geradoras de energia por efeito piezoelétrico, que captam o

movimento em danceterias, ciclovias, ruas, campos de futebol, entre outros (ANTUNES; SOUSA; SCHERTEL, 2014). As energias alternativas são, sem dúvida, as que alimentarão o planeta no futuro. De todas, a mais duradoura é a solar.

O Sol é tão precioso que os seres humanos se encantam todos os dias com o nascer e o pôr-do-sol. Com alguma sorte, também é possível se impressionar com eclipses solares parciais ou totais. Eu costumava ouvir dos mais idosos que a única certeza que temos na vida é a morte. Eu gostaria de mudar esse ditado e, poeticamente, propor que uma das poucas certezas que temos na vida é que o Sol nascerá amanhã. Isso me lembra Renato Russo: "Mas é claro que o Sol vai voltar amanhã. Mais uma vez, eu sei [...]" (do álbum Sete, 1987).

3.7. Dia Mundial das Abelhas (20 de maio)

Flor de cerejeira no Parque do Japão, Maringá – PR
Foto: Mariléa Trierveiler Pereira

O Dia Mundial das Abelhas foi proposto pela Eslovênia para as Nações Unidas porque em 20 de maio de 1734 nasceu Anton Janša, um apicultor pioneiro de métodos da apicultura moderna. Por esse motivo, a imperatriz austríaca, Maria Teresa Valburga, o nomeou para o cargo de professor permanente de apicultura na nova Escola de Apicultura, em Viena. Sua fama o tornou referência mesmo antes de sua morte, em 1773 (WORLD BEE DAY, 2020).

De acordo com o site, a Eslovênia é uma nação de apicultores e essa atividade é tão importante quanto outros tipos de produção agrícola. Desde o século XVIII, a conscientização sobre a importância das abelhas e a garantia de seu

bem-estar é altamente difundida. Assim, a Associação de Apicultores da Eslovênia recebe apoio governamental para seus projetos, que incluem ações de educação ambiental, manutenção de museus e produção de mel em áreas urbanas (WORLD BEE DAY, 2020).

Por todo esse histórico, a primeira comemoração do Dia Mundial das Abelhas ocorreu em 2018 na cidade de Breznica, Eslovênia, cidade natal de Janša (FAO, 2018a).

No Brasil também há uma data nacional para comemorar o incansável trabalho desses insetos. O dia 03 de outubro foi instituído extraoficialmente pelo Ministério do Meio Ambiente como o Dia Nacional das Abelhas, citado pela primeira vez em 2014. Desde essa época são realizadas várias ações educativas a respeito da apicultura por diversas instituições de ensino, organizações não-governamentais e órgãos governamentais, como Ministério do Meio Ambiente e Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

Na cultura popular, esses insetos voadores são símbolo de riqueza, trabalho e perseverança devido a sua incansável função e a forma como defendem seu território. Acredita-se que as abelhas tenham surgido há mais de 100 milhões de anos a partir da evolução de vespas por alteração de sua dieta de insetos e ácaros para néctar e pólen (A.B.E.L.H.A., 2020).

De acordo com Bomfim, Oliveira e Freitas (2017), as abelhas são divididas em sete famílias com características diferentes, como tamanho da língua, forma de armazenar o pólen e hábitos sociais. Segundo os autores, a maioria das espécies de abelhas (80%) são solitárias, não se encontram em colmeias organizadas. Essas espécies não produzem mel, mas fazem a polinização de plantas na procura por pólen (PIANARO, 2007).

Apesar de serem minoria, as espécies sociais que fabricam mel são as mais estudadas por sua característica econômica. Palumbo (2015) explica que dentre as mais conhecidas estão os gêneros *Apis* (com ferrão) e *Melípona* (sem ferrão).

No Brasil, as espécies nativas indígenas são sem ferrão, como Jataí, Urapuá, Uruçu, Jandaira, Gurupu, Mandaçaia,

dentre outras (PALUMBO, 2015). Diz a história que um índio Pataxó ofereceu a Cabral uma cabaça de mel de abelha Uruçu quando as caravelas chegaram na região de Porto Seguro, em 1500 (PALUMBO, 2015).

Embora as meliponídeas não possuam ferrão, elas apresentam vários comportamentos de defesa. A Mandaguari (*Scaptotrigona postica)*, por exemplo, tem uma forte mordida; e as operárias da Mocinha Preta (*Trigona silvestre*) se fingem de mortas quando atacadas (PALUMBO, 2015). Outras espécies fecham as entradas da colmeia, ou constroem ninhos falsos para enganarem os predadores ou outras espécies de abelhas parasitas (RECH; SCHWADE; SCHWADE, 2013).

Dentre as abelhas *Apis*, a espécie *Apis mellifera* é a mais estudada e criada (BOMFIM; OLIVEIRA; FREITAS, 2017). Sobre a fisiologia desses interessantes insetos, o que mais chama a atenção é o ferrão, localizado na extremidade do abdômen, ligado a uma bolsa de veneno (PEREIRA *et al.*, 2003). De acordo com os autores, o ferrão está presente apenas na rainha e na operária; os zangões não têm ferrão.

Para a rainha, o ferrão funciona como instrumento de orientação para localizar as células dos favos aonde irá ovular. Ocasionalmente, a rainha usa o ferrão para lutar até a morte com outra rainha que tenha nascido ao mesmo tempo na disputa pela liderança da colmeia (A.B.E.L.H.A., 2020). O ferrão da rainha não apresenta farpas, de forma que não é perdido após ser utilizado (PEREIRA *et al.*, 2003), diferentemente das operárias, que possuem farpas em forma de serrote no ferrão. Este, após penetrar uma superfície mais rígida, como a pele humana, fica preso e arrasta parte dos órgãos internos, o que causa a morte da abelha (BOMFIM; OLIVEIRA; FREITAS, 2017).

A organização das castas das *Apis mellifera* também é um fato admirável. Conforme estudos das décadas de 60 e 70, sabe-se que os zangões (machos) nascem de ovos não fecundados e os ovos fertilizados dão origem às fêmeas (BARBOSA, 2015). Toda larva fêmea com menos de três dias de idade pode se desenvolver como operária ou rainha, de-

pendendo da qualidade e quantidade de alimentação fornecida pelas abelhas nutrizes (SILVA *et al.*, 2005). A rainha é alimentada por geleia real e às operárias são fornecidos mel e pólen, como ilustra a Figura 3.7.1.

Figura 3.7.1 – Formação das castas em uma colmeia de Apis mellifera

Fonte: Ramos e Carvalho (2007, p. 15), adaptada pela autora.

Com relação às funções da *Apis mellifera*, a rainha é a fêmea fértil da colônia, que inicia sua vida reprodutiva com o voo nupcial entre 5 e 7 dias após seu nascimento. Devido à liberação de feronômios, a abelha rainha atrai os zangões e pode acasalar com até 17 machos (PEREIRA *et al.*, 2003). Segundo o autor, ela guarda todos os espermatozoides recebidos em um reservatório especial, pois serão utilizados para a fecundações dos óvulos durante toda sua vida. Assim que a rainha volta à colmeia, nunca mais sairá.

Após três dias do acasalamento, a abelha rainha inicia a postura dos ovos, de 1.000 a 3.000 por dia (PEREIRA *et al.*, 2003; RAMOS; CARVALHO, 2007). É neste momento que ela determina se o ovo será fertilizado ou não. Muito curiosamente, as operárias preparam berços (alvéolos) de diferentes tamanhos. Antes

de ovular, a abelha rainha mede as dimensões do alvéolo com suas patas. Se a célula for de dimensões menores (5,1 mm) a rainha pressiona o abdômen para liberar espermatozóides que fecundarão o óvulo liberado, originando fêmeas. Caso seja constatado que o alvéolo tem dimensões maiores (6,5 mm), a rainha não comprime seu abdômen, liberando um ovo não fecundado que dará origem a um zangão (RAMOS; CARVALHO, 2007).

Além da função reprodutiva, a rainha também libera diversos feromônios[18] que são responsáveis por manter a ordem social e unidade da colônia, informando que há uma líder em atividade (PEREIRA et al., 2003). De acordo com os autores, os feromônios também inibem o desenvolvimento de ovários nas operárias e evitam a produção de novas rainhas.

As abelhas operárias são fêmeas estéreis e são responsáveis por todo o trabalho realizado no interior da colmeia. Suas funções na colônia são diferenciadas de acordo com sua idade, pois são desenvolvidas glândulas em cada fase de sua curta vida. O Quadro 3.7.1 apresenta cada uma das fases e suas funções.

Quadro 3.7.1 – Funções das abelhas operárias de acordo com suas fases e idades aproximadas

Idade das operárias	Função na colmeia
1 a 5 dias	Faxineiras: fazem a limpeza e reforma dos alvéolos e limpam das abelhas recém-nascidas
5 a 10 dias	Nutrizes: alimentam as larvas em desenvolvimento, a abelha rainha e os zangões, pois possuem glândulas produtoras de geleia real
11 a 20 dias	Engenheiras: produzem cera para a construção de favos. Faxineiras: também podem produzir mel e fazer a limpeza e higiene da colmeia
18 a 21 dias	Guardas: realizam a defesa da colônia, pois atingiram a maturidade e apresentam bem desenvolvidos os órgãos de armazenamento de veneno
Após 21 dias até a morte	Campeiras (ou forrageiras): realizam a coleta de néctar, pólen, resinas e água

FONTE: Bomfim, Oliveira e Freitas (2017, p. 48); Pereira *et al.* (2003), Ramos e Carvalho (2007, p. 20), adaptada pela autora.

[18] Feromônios são substâncias químicas produzidas e descarregadas externamente por um indivíduo que produzem respostas fisiológicas ou comportamentais específicas em outros indivíduos da mesma espécie. Os feromônios são o principal meio de comunicação química das abelhas (PIANARO, 2007).

De uma forma inusitada e muito precisa, as operárias campeiras desenvolveram um método de comunicação para indicar a localização de alimento para suas colegas. Esse complexo mecanismo foi relatado pela primeira vez em 1946 pelo ganhador do prêmio Nobel, Karl von Frisch (MUNZ, 2016). Por meio de uma dança, a abelha utiliza o Sol e a colmeia como referências para informar onde está o desejado alimento (PEREIRA *et al.,* 2003).

Enquanto as operárias têm uma vida agitada, os zangões permanecem dentro da colônia até atingirem a idade adulta, aos 12 dias. Com essa idade, eles saem para procriar. Após fecundar a rainha, o macho morre em poucas horas, pois perde parte do seu aparelho reprodutor e abdômen (RAMOS; CARVALHO, 2007). De acordo com as autoras, quando não conseguem acasalar, podem ser expulsos da colmeia pelas operárias em períodos de falta de alimento (normalmente no outono e inverno).

O Quadro 3.7.2 mostra, em termos médios, os tipos, quantidades e tempo de vida das abelhas melíferas em uma colônia.

Quadro 3.7.2 – Tipos, quantidade e tempo de vida das abelhas melíferas em uma colônia

Tipo de abelha	Quantidade de abelhas	Tempo de vida
Rainha	1	Até 5 anos, em média 2 anos
Zangão	0 a 400	Até 80 dias, quando há abundância de alimento na colmeia
Operária	60.000 a 80.000	Até 42 dias após saída da colmeia

FONTE: Bomfim, Oliveira e Freitas (2017, p. 47) e Palumbo (2015, p. 19), adaptada pela autora.

As abelhas *Apis*, também conhecidas como abelhas europeias, foram introduzidas no Brasil em 1839, pelo padre Antônio Carneiro (SEBRAE, 2020). Entretanto, essa espécie não se adaptou muito bem às condições climáticas tropicais e eram sensíveis a doenças. Assim, a produção de mel brasileiro até a década de 50 era baixa. Por esse motivo, em 1956, o professor Warwick Estevan Kerr trouxe produtivas e resis-

tentes abelhas africanas para experimentos. Porém, de forma acidental, as abelhas africanas foram liberadas e começaram a se acasalar com as abelhas europeias, dando origem a um híbrido natural agressivo batizado de abelha africanizada (A.B.E.L.H.A., 2020; SEBRAE, 2020).

Esse fato provocou certo alvoroço na população brasileira, pois o comportamento das novas abelhas ainda era desconhecido e foi responsável por muitos acidentes. Nessa época, vários apicultores deixaram a atividade por sentirem-se ameaçados (A.B.E.L.H.A., 2020; SEBRAE, 2020).

As fontes ainda relatam que no final da década de 60, quando foram aprimoradas técnicas de manejo e maior intercâmbio de experiências, o setor de apicultura voltou a ocupar importante lugar no agronegócio, com expansão para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Em 1967 foi fundada a Confederação Brasileira de Apicultura e três anos depois foi realizado o primeiro congresso brasileiro da área (A.B.E.L.H.A., 2020).

Os principais produtos das *A. mellifera* usados comercialmente pelos seres humanos são o mel, a geleia real, a própolis, a geoprópolis (própolis das abelhas sem ferrão misturado à terra), a cera e, mais recentemente, o veneno (apitoxina).

Além de serem consumidos na alimentação, os produtos apícolas como mel, própolis, geleia real e cera são utilizados com fins terapêuticos, a chamada apiterapia. Bradbear (2009) descreve em seu guia os serviços prestados pelas abelhas. Na área medicinal, o mel ocupa um lugar especial, pois seu emprego é descrito em registros de 2.000 a.C. Seus feitos milagrosos também estão presentes em diversos textos religiosos. O mel tem efeitos antibióticos e antioxidantes comprovados; a própolis é antisséptica e anestésica; a geleia real pode servir como tônico e suplemento vitamínico; e a cera é usada em pomadas e cremes para a pele, mas há estudos que indicam que a cera tem propriedades antiinflamatórias (BRADBEAR, 2009). Convém lembrar que os produtos apícolas, no geral, têm efeitos de aumento de imunidade natural se consumidos diariamente ou frequentemente (MENEZES, 2020).

A propriedade terapêutica do veneno das abelhas já é conhecida há muitos séculos. Sabe-se, por exemplo, dos estudos de medicina chinesa (DANTAS *et al.,* 2013); de Hipócrates, há cerca de 2.500 anos; de Galeno, médico grego do século II; e de Carlos Magno, que no século VIII foi tratado com ferroadas para combater inflamações nas juntas (MAIA, 2002).

Atualmente, a apitoxina tem sido estudada para aplicação na medicina e cosméticos com fins terapêuticos em doenças específicas (SOUZA; RUVOLO-TAKASUSUKI, 2019). Conforme as autoras, já foram comprovados os efeitos positivos da apitoxina no tratamento de artrite, esclerose múltipla, esclerose lateral amiotrófica (ELA), doença de Alzheimer, doença de Parkinson, lúpus, ciática, dor lombar e cotovelo de tenista. Também apresenta aplicabilidade terapêutica em atividades antiinflamatórias, antinociceptivas[19] (PACHECO FILHO et al., 2014), cicatrizante, neuroprotetoras, analgésicas, antitumorais e, apresentando pouco ou nenhum efeito colateral, aumentando a qualidade de vida dos pacientes (MOREIRA, 2012). Ademais, já foram descritas suas propriedades no tratamento contra o câncer (ARAR et al., 2017).

A extração do veneno pode ser manual, que pode matar a abelha, ou por pulsos elétricos, que atualmente é o mais utilizado (DANTAS *et al.*, 2013). Conforme as autoras, logo na entrada da colmeia são colocadas placas de vidro e geradores de pulsos elétricos. Ao pousar sobre o gerador, a abelha recebe um estímulo e por intuição, tenta ferroar a placa de vidro, liberando o veneno. Como o ferrão não penetra na superfície, a abelha operária não o perde e não morre. Claramente o ser humano é um intruso na vida natural das abelhas, pois toma-lhes o alimento, produzido em pequena escala com trabalho árduo, e o veneno, às custas de sua vida ou por estímulos artificiais de defesa.

Além dos discutíveis benefícios para a saúde individual dos seres humanos, as abelhas ainda prestam um serviço ambiental coletivo, como a produção de alimentos no

[19] A antinocicepção é descrita como a redução na capacidade de perceber a dor.

planeta e a preservação das espécies de seres vivos. O filme de animação infantil *Bee Movie*, dos diretores Simon Smith e Steve Hickner, de 2007, mostra a inegável importância da polinização das abelhas. Em sua memorável cena final, o filme deixa na mente do espectador a famosa música dos Beatles "*Here Comes the Sun"*.

Sobre a polinização, a frase erroneamente atribuída ao físico Albert Einstein (CALAPRICE, 2011, p. 479) sobre o futuro do planeta sem abelhas, no mínimo, nos faz refletir sobre o assunto. "Se as abelhas se extinguissem, a humanidade teria apenas quatro anos de vida: sem abelhas, sem polinização, sem plantas, sem animais, sem seres humanos". Essa famosa frase é atribuída a Einstein, porém, de acordo com Calaprice (2011), uma respeitável biógrafa do cientista, essa citação não é do notável físico. A referência apareceu pela primeira vez em 1994 durante um protesto de apicultores em Bruxelas. Provavelmente, a citação foi uma distorção de uma carta de Einstein às crianças, de 12 de dezembro de 1951, em que dizia: "Queridas crianças: [...] Sem luz solar não existe: trigo, nem pão; grama, nem gado, nem carne, nem leite, e tudo ficaria congelado. Sem vida" (CALAPRICE, 2011, p. 82).

Divergências à parte, o fato é que as mais de 20 mil espécies de abelhas prestam inestimável serviço ecossistêmico como polinizadoras de plantas, como melão, café, caju, maracujá, tomate e morango, entre outras (FAO, 2018a). Segundo a organização, estima-se que aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo que produzem frutos ou sementes para o consumo humano sejam polinizadas, pelo menos em parte, por alguma espécie de abelha. Com o gerenciamento aprimorado da polinização, o rendimento das culturas pode ser aumentado em cerca de 25% (FAO, 2018a).

E para aqueles que ainda não conseguem enxergar a extraordinária importância das abelhas, pode-se dizer, de forma bem direta, que as abelhas trabalham incansavelmente para sua própria perpetuação enquanto beneficiam os seres humanos com a polinização agrícola e contribuem, gratuitamente,

com rendimentos em todo o mundo na ordem de US$200 a US$500 bilhões por ano (FAO, 2018a).

Inacreditavelmente, mesmo assim, as práticas antrópicas estão provocando uma possível extinção das abelhas. Mudanças no uso da terra, práticas agrícolas intensivas, monoculturas e uso de pesticidas levaram a perdas de abelhas em larga escala, além de fragmentação e degradação de seus habitats (BRASIL PROBIO, 2006). Com a menor resistência das colônias, pragas e doenças também representam uma ameaça especial.

Além disso, as mudanças climáticas também têm um impacto negativo na vida das abelhas. Temperaturas mais altas, secas, inundações, outros eventos climáticos extremos e mudanças no tempo de floração dificultam a polinização (FAO, 2019). Giannini *et al. (*2017) fizeram uma projeção das mudanças climáticas e descobriram que a probabilidade de ocorrência de polinizadores diminuirá na maior parte do Brasil até o ano 2050, com maior queda na região Sul do país.

Atualmente, tem sido estudada a catástrofe populacional das abelhas, conhecida como Distúrbio do Colapso das Colônias (CCD da sigla em inglês para *Colony Collapse Disorder*). Relatos mostram que o CCD atinge hoje abelhas silvestres e apiários nos EUA, Europa, China, Taiwan, Japão, Oriente Médio e Brasil (MARQUES, 2017b). No Brasil, as causas ainda são incertas (PIRES *et al.,* 2016).

Estudos comprovam a perda de 20 mil colônias de abelhas no estado de São Paulo de 2008 a 2010. Em Santa Catarina, foram 100 mil apenas em 2011. Estimativas apontam para perdas anuais de 40% de colmeias no Rio Grande do Sul e em Minas Gerais (ROSSI, 2014).

Recentemente, foi divulgada a morte de, aproximadamente, 500 milhões de abelhas no Brasil ocorridas nos primeiros três meses de 2019 (GRIGORI, 2019). Os alarmantes dados mostraram que apenas no Rio Grande do Sul foram estimadas mortes de 400 milhões de abelhas. Em Santa Catarina, foram registradas 50 milhões de mortes, no Mato Grosso do Sul, 45 milhões, e em São Paulo, 7 milhões de mortes. Segundo espe-

cialistas, a principal causa das mortes é o contato com agrotóxicos à base de neonicotinoides e de Fipronil, produto proibido na Europa há mais de uma década (GRIGORI, 2019).

As abelhas que têm contato com os agrotóxicos podem morrer ou ter efeitos subletais, como irritabilidade, confusão, mudanças na atividade motora, dificuldade de comunicação, dentre outros (MMA, 2013). Quando conseguem voltar à colmeia, infectam toda a colônia e o enxame acaba morto em pouco mais de um dia (GRIGORI, 2019).

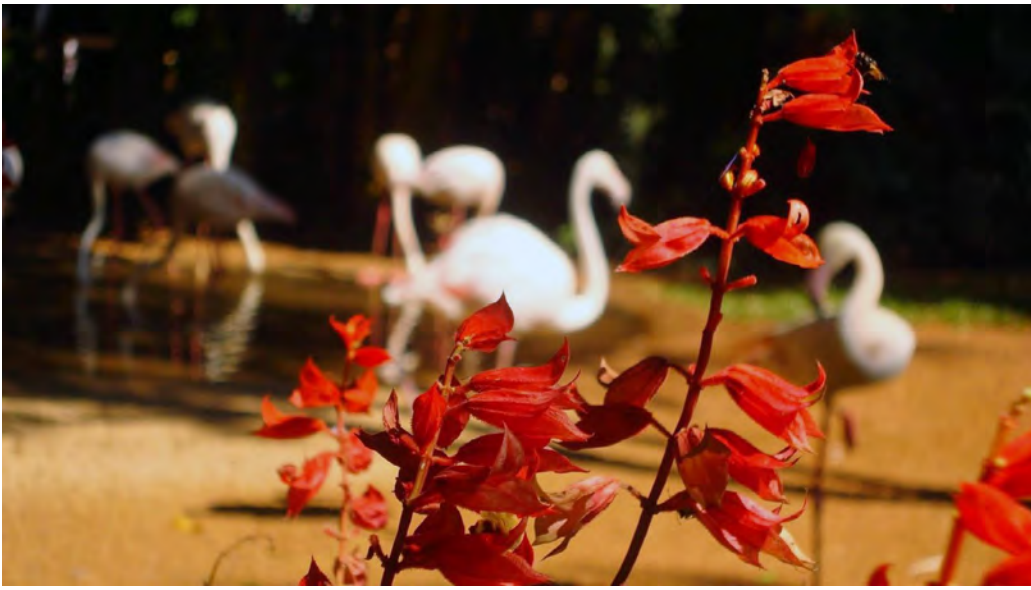
Ademais, em 2018 foi constatado que as abelhas podem ficar viciadas em alimentos com neonicotinoides, assim como o ser humano pode se viciar na nicotina de cigarros (ARCE *et al.*, 2018).

Para resolver problema de tamanha envergadura, deve haver esforço político internacional, já que a preservação das abelhas impacta no atingimento de várias metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, como ODS1, ODS2, ODS3, ODS8, ODS9, ODS13 e ODS15 (FAO, 2018a). Como exemplo, a Eslovênia, país-símbolo do Dia das Abelhas, foi um dos primeiros países da União Europeia a proibir o uso de certos pesticidas nocivos às abelhas (WORLD BEE DAY, 2020). No Brasil, a Resolução CONAMA nº 496, de 2020, disciplinou o uso e o manejo sustentáveis das abelhas nativas-sem-ferrão em meliponicultura.

Além disso, já existem tecnologias, como inteligência artificial, *internet* das coisas e *Big Data*, que podem salvar as colônias de abelhas de predadores e doenças (MARR, 2020).

Lamentavelmente, essas tecnologias não poderão salvar as abelhas de seu maior inimigo, o ser humano.

3.8. Dia Mundial da Biodiversidade (22 de maio)



Sálvia e flamingos no Parque das Aves, Foz do Iguaçu – PR
Foto: Máriam Trierveiler Pereira

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o Dia Internacional da Biodiversidade foi designado pela Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB), estabelecida durante a Eco-92, que entrou em vigor em 29 de dezembro de 1993. Inicialmente, o dia era comemorado nesta data, mas devido à proximidade das comemorações de fim de ano em vários países, a data foi transferida, pela ONU, para o dia 22 de maio.

A biodiversidade, de forma simplificada, pode ser entendida como variedade de vida. O Artigo 2, da CDB, define mais tecnicamente o termo como

> a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que

> fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas (MMA, 2000, p. 9).

Isso significa que a biodiversidade é um conceito pluridimensional e está presente em diferentes escalas: existem diversos ecossistemas, cada qual com sua característica, como desertos e florestas. Nas florestas, existem diversos tipos de seres vivos, como plantas, animais e fungos, por exemplo. Como representantes dos animais, podem-se ser encontradas diversas espécies de macacos, de micos a gorilas. Os micos podem ser dourados ou pretos e, dentro da espécie dos micos-leão-dourado, há grande variedade genética, que faz com que cada ser seja único.

Para Townsend, Begon e Harper (2010), cerca de 1,8 milhão de espécies já foram descritas por cientistas, entretanto algumas estimativas apontam a existência de 30 milhões de espécies. Braga *et al.* (2005) mostraram que estudos efetuados em florestas tropicais sugerem que pode haver 30 milhões de espécies apenas de insetos. Provavelmente, nunca vamos saber o número exato de espécies no planeta.

Esse desconhecimento, segundo Santos (2003), faz da biodiversidade um mistério, pois não sabemos o quanto não sabemos. E isso tem implicações futuras sérias, porque podemos dilapidar uma riqueza do provir sem ao menos antecipar seus benefícios no presente.

Segundo Pinto-Coelho (2000), a diversidade de espécies tem variação com a latitude e isolamento. Nos trópicos, a biodiversidade é maior do que em altas latitudes, enquanto que em ilhas longínquas e/ou pequenas, a diversidade é menor do que em ilhas mais próximas à costa e extensas.

Por isso, a Terra abriga formas de vida pitorescas, como bactérias que vivem em ambientes extremamente hostis, como geleiras salgadas, sem luz nem oxigênio (G1, 2012), ou lagos ácidos quentes próximos a vulcões (BBC BRASIL, 2016).

Como curiosidade também podem ser citados os maiores organismos vivos. A baleia azul (*Balaenoptera musculus*) é

o maior animal que já existiu, ganhando até dos dinossauros, podendo pesar até 150 toneladas. O organismo mais alto já registrado é uma sequoia (*Sequoia sempervirens*), na Califórnia, a Hyperion, com 115 m de altura, três vezes mais alta do que o Cristo Redentor (38 m), no Rio de Janeiro. O organismo mais extenso é um fungo (*Armillaria solipides*) que cresce na Floresta Nacional de Malheur, Oregon, EUA. Ele deve ter de 2.000 a 8.000 anos e ocupa uma área de 9,65 km², o equivalente a 1.200 campos de futebol. Já o organismo mais pesado do planeta foi descoberto na Floresta Nacional de Fishlake, em Utah, EUA. É facilmente confundido com uma floresta de álamos (*Populus tremuloides*), porém as 47.000 árvores são geneticamente idênticas que formam uma colônia clonal e compõem um único organismo, proveniente de uma única semente. Conectadas pelas raízes, o Pando, como é conhecido, pesa mais de 6.000 ton, o equivalente a 40 baleias azuis, e abrange uma área de 43 hectares, ou 61 campos de futebol (REICH *et al.*, 2020).

No Brasil, a árvore mais alta já encontrada é um Angelim Vermelho (*Dinizia excelsa*). Fica na Floresta Estadual do Parú, no Pará, e mede 88 m (GORGENS *et al.*, 2019). Como recorde mundial, nosso país possui o maior cajueiro do planeta, conhecido como cajueiro de Pirangi, devido ao nome do distrito onde está localizado, no município de Parnamirim, Rio Grande do Norte. A árvore cobre uma área de, aproximadamente, 7500 m² (um campo de futebol) e isso é possível devido a uma anomalia que faz com que cada galho sofra enraizamento ao tocar no solo, aumentando a absorção de nutrientes. Durante o período da safra, o cajueiro pode produzir, em média, cerca de sessenta mil frutos por ano (GOMES; JERÔNIMO, 2012).

A biodiversidade é importantíssima do ponto de vista de conservação da vida no planeta e também como fonte de recursos antrópicos. Estudos apresentados por Braga *et al.* (2005) mostram que 20 espécies de plantas fornecem mais de 80% da alimentação mundial. Destas, o milho, o trigo e o arroz constituem 65% da oferta mundial. Além disso, a me-

dicina também depende da biodiversidade: mais de 40% das drogas prescritas vendidas nos Estados Unidos contêm compostos químicos orgânicos derivados de espécies silvestres. Segundo o secretário-geral das Nações Unidas, António Guterres, "a preservação e a gestão sustentável da biodiversidade são necessárias para mitigar as perturbações climáticas, garantir a segurança alimentar e de água e até mesmo prevenir pandemias" (ONU NEWS, 2020a, p. [3]).

Isso não significa, entretanto, que a natureza seja estática. O equilíbrio de um ecossistema significa que sua dinâmica está em profusão (BOFF, 2015) e a extinção natural de espécies faz parte de sua riqueza e dinâmica. De acordo com Townsend, Begon e Harper (2010), mais de 99% de todas as espécies que já existiram na Terra encontram-se atualmente extintas.

Algumas extinções, porém, aconteceram por ação direta do *Homo sapiens* (FERNANDEZ, 2004), que afeta não apenas as espécies, mas todo o ecossistema. Segundo relatório da Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES), lançado em 2019, a ação antrópica resultou em drásticas alterações do ecossistema com graves consequências para a biodiversidade nos últimos 50 anos, com 1 milhão das espécies de fauna e flora sob risco de extinção (ONU, 2019).

Com os objetivos de conservação da diversidade biológica, da utilização sustentável de seus componentes e da repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos, a CDB foi estabelecida como um tratado internacional, assinado por mais de 160 países, inclusive o Brasil. Como o tema é extremamente abrangente, além de envolver diretamente os ambientes terrestres e aquáticos, engloba diversas áreas transversais, como gênero, turismo, conhecimento tradicional, indicadores, entre outros.

Sua grande expressividade levou a quatorze Conferência das Partes (COP), bianuais, onde foram elaborados e adotados outros acordos ambientais internacionais, como mostrados no Quadro 3.8.1.

Quadro 3.8.1: Adoção de tratados internacionais pelas COP

Tratados internacionais	Data e local de realização da COP
Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança	Primeira Reunião Extraordinária da COP, fevereiro de 1999, em Cartagena, Colômbia; e janeiro de 2000, em Montreal, Canadá.
Diretrizes Orientadoras sobre Espécies Exóticas Invasoras que Ameaçam Ecossistemas, Habitats ou Espécies	COP 6, abril de 2002, em Haia, Holanda.
Estratégia Global para Conservação de Plantas	COP 6, abril de 2002, em Haia, Holanda.
Diretrizes de Bonn sobre Acesso aos Recursos Genéticos e Repartição Justa e Equitativa dos Benefícios Derivados dos Uso dos Recursos Genéticos	COP 6, abril de 2002, em Haia, Holanda.
Princípios de *Addis Abeba* para o Uso Sustentável da Biodiversidade	COP 7, fevereiro de 2004, em Kuala Lumpur, Malásia.
Diretrizes Voluntárias de *Akwé Kon* para Avaliação de Impactos Culturais, Ambientais e Sociais em Comunidades Indígenas e Locais	COP 7, fevereiro de 2004, em Kuala Lumpur, Malásia.
Iniciativa Transversal sobre Biodiversidade para Alimentação e Nutrição	COP 8, março de 2006, em Curitiba, Brasil.
Adoção do Protocolo de Nagoya sobre Acesso aos Recursos Genéticos e a Repartição Justa e Equitativa dos Benefícios Derivados da sua Utilização	COP 10, outubro de 2010, em Nagoya, Japão.
Plano Estratégico para Biodiversidade 2011-2020, incluindo as Metas de Aichi para Biodiversidade	COP 10, outubro de 2010, em Nagoya, Japão.
Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade	COP 13, dezembro de 2016, em Cancun, México.
Diretrizes para a Biodiversidade e o Desenvolvimento do Turismo	COP 13, dezembro de 2016, em Cancun, México.
Plano de Ação de Gênero 2015-2020	COP 14, novembro de 2018, em Sharm El-Sheikh, Egito.

Fonte: Alves, Mattos e Santos (2018); Roma e Coradin (2016), adaptado pela autora.

Em outubro de 2020, seria realizada a 15ª Conferência das Partes (COP 15) da CDB, na China, mas foi adiada por causa da pandemia da Covid-19. O encontro foi remarcado para acontecer de 17 a 30 de maio de 2021, em Kunming, mesma cidade onde estava programado inicialmente. Esse evento é aguardado com grande expectativa, porque serão estabelecidas novas metas mundiais em substituição às Metas de Aichi, definidas em 2010 durante a COP 10, em Aichi, no Japão, com validade até 2020 (IBNBIO, 2020).

Em nível nacional, a promulgação da CDB ocorreu no Brasil por meio do Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998. Em decorrência dessa publicação, várias outras políticas foram

proclamadas para atender aos propósitos estabelecidos para a biodiversidade. Em 2000, foi instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC); em 2002, a Política Nacional da Biodiversidade; em 2005, a Política Nacional de Biossegurança; e em 2012, o Novo Código Florestal e a Política Nacional para a Recuperação da Vegetação Nativa. Também foi criado, em 2007, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), uma autarquia em regime especial que executa as ações do SNUC.

Como acompanhamento das reuniões internacionais da CDB, o Brasil publica relatórios bianuais com a situação do país com relação à diversidade biológica. Contudo, percebe-se que há muita defasagem dos dados, visto que o relatório da última reunião, de 2018, não está disponível ainda e que o relatório de 2016 apresenta dados de 2009, 2011 e 2014.

Desde o primeiro relatório, publicado em 1998, até esse último, o maior avanço do país foi com relação à proteção de *habitats*, com o aumento de áreas de Unidades de Conservação (terrestres) e conservação marinha em todo o território nacional. Em contraste, foi registrado um aumento do desmatamento na Amazônia (TYUKAVINA *et al.*, 2017) e das queimadas no país em geral (MARTINS *et al.*, 2020). Esses polêmicos assuntos serão tratados detalhadamente no item 3.12 sobre florestas.

Para auxiliar no diagnóstico da biodiversidade, pesquisas são realizadas com recorte nacional por diversas instituições, como o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Em publicação institucional, por meio de Viana *et al.* (2013), foi proposto o Índice de Conservação da Biodiversidade (ICB), calculado para todos os Estados do país, levando em consideração: i) espécies da fauna ameaçadas de extinção; ii) espécies da flora ameaçadas de extinção; iii) repositórios *ex situ* da biodiversidade (conservação fora dos locais de origem); iv) terras indígenas; v) unidades de conservação de uso sustentável; vi) unidades de conservação de proteção integral; e vii) remanescentes da vegetação nativa, considerando-se os seis biomas brasileiros. Por esse indicador, o Amapá

possuía maior índice de conservação da biodiversidade em 2013 (0,831), enquanto o Espírito Santo apresentava o pior valor (0,291) (VIANA *et al.,* 2013).

Devido aos valores multiformes da biodiversidade (econômico, científico, ambiental, tecnológico, cultural e espiritual), em todos os instrumentos políticos relacionados à CDB observam-se objetivos alinhados com a sustentabilidade, onde entram a preocupação ambiental, social e econômica, embora esse último tenha um peso um pouco maior na balança. Por esse motivo, economistas e pesquisadores de todo o mundo têm empenhado esforços para valorar os *serviços ecossistêmicos*, denominação genérica atribuída aos benefícios que as pessoas obtêm da biodiversidade (MEA, 2005), já que no sistema capitalista o verde que chama a atenção é a dos dólares.

Conforme a Avaliação Ecossistêmica do Milênio, os serviços ecossistêmicos são elencados em quatro categorias: i) *provisão*: água, alimento, madeira, combustível, bioquímicos e materiais genéticos; ii) *regulação*: regulação do clima, regulação da água, controle de erosão, proteção à desastres naturais, polinização; iii) *cultural*: recreação, beleza cênica, educação e aspectos espirituais; iv) *suporte*: formação do solo e ciclagem de nutrientes (MEA, 2005).

Por essa metodologia, antes mesmo que o século XX terminasse, vários estudos já eram feitos nesse sentido. Em 1997, Robert Costanza, da Universidade de *Maryland*, estimou o valor econômico de dezessete serviços ambientais (regulação hídrica, de gases, climática e de distúrbios físicos, abastecimento de água, controle de erosão e retenção de sedimentos, formação de solos, ciclo de nutrientes, tratamento de detritos, polinização, controle biológico, refúgios de fauna, produção de alimentos, matéria-prima, recursos genéticos, recreação e cultura) em dezesseis biomas espalhados pelo mundo. Como resultado, o valor médio dos serviços ecossistêmicos foi de US$ 33 trilhões ao ano, o que à época era mais do que o dobro do PIB mundial (BENSUSAN, 2008). Que pena que só assim conseguimos dar valor à biodiversidade.

Também é interessante conhecer os estudos de May, Veiga Neto e Pozo (2000) sobre valoração de serviços ambientais no Quênia, Tailândia, Antilhas, Indonésia, Peru, Grã-Bretanha, Austrália, Madagascar e Brasil, todos na ordem de milhões de dólares ao ano.

Então, antes de cortar uma árvore em frente de uma casa é bom saber que o serviço ambiental prestado, gratuitamente por ela, equivale a cinco aparelhos de ar condicionado de 10.000 BTU/h cada, ligados por 20 horas (GREY; DENEKE, 1986). E se além de não gastar com o ar condicionado, o morador pudesse se beneficiar com recebimento monetário ou descontos em IPTU, por exemplo?

Essa alternativa já está em curso. Como aprofundamento do conceito de serviços ecossistêmicos, está em tramitação no Senado a Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais (PNPSA), já tendo sido aprovada pela Câmara dos Deputados. O pagamento por serviços ambientais (PSA) é um incentivo econômico a proprietários de imóveis rurais e urbanos que possuam e protejam áreas naturais capazes de fornecer serviços ecossistêmicos (IAT, 2020). Essa ação é resultante do princípio do direito ambiental internacional do *protetor-recebedor* em oposição ao princípio do *poluidor-pagador*. Dada a condição em que o planeta se encontra, não se pode mais admitir que alguém pague por poluir. Esse é um pensamento muito primitivo.

Na verdade, a instituição da PNPSA será a consolidação de iniciativas que já são praticadas pelo princípio do protetor-recebedor. A Lei Estadual nº 9.491/90, complementada pela Lei Estadual nº 59/91, instituiu no Paraná o ICMS Ecológico, pelo qual a preservação de unidades de conservação e mananciais geram renda aos municípios. De lá para cá, 70% dos Estados brasileiros adotaram a medida, com exceção do Amazonas, Roraima, Maranhão, Rio Grande do Norte, Sergipe, Bahia, Espírito Santo e Santa Catarina.

Também podem ser destacados os programas de PSA: Produtor de Águas, da Agência Nacional de Água; o Projeto

Oásis, da Fundação O Boticário; e o Projeto Conservador das Águas, da prefeitura municipal de Extrema (MG), todos relacionados a recursos hídricos.

Por meio do PSA, podemos concluir que as motivações para o ser humano preservar a biodiversidade da "casa comum" ainda são financeiras. Isso só nos mostra que precisamos avançar muito na compreensão das reais consequências de perda de diversidade biológica.

Nessa perspectiva, Gaia, sempre generosa, tem nos enviado vários sinais para que lembremos de que precisamos mudar algumas atitudes. Desequilíbrios ambientais têm gerado nuvens de gafanhotos pelo planeta desde a Antiguidade, porém, atualmente, com o aquecimento global e alteração de habitats, esse fenômeno tem se tornado mais frequente (MAGENTA, 2020).

A própria pandemia de Covid-19 nos ensina o poder da biodiversidade. O vírus que circula livremente em 2020 é o SARS-CoV-2, irmão do SARS, que em 2002 matou 800 pessoas na China, e primo de primeiro grau do MERS, também letal, identificado na Arábia Saudita em 2012. Esses três tipos de vírus pertencem a um grupo específico denominado *betacoronavírus*. A boa notícia é que estão identificados e uma vacina já é esperada. A má notícia é que existe outro grupo, o dos *alfacoronavírus*, que não estão totalmente identificados e podem ter mais facilidade de saltar de espécies de animais silvestres para o ser humano (ANSEDE, 2020). A pesquisa mostra ainda que os mamíferos que transmitem os coronavírus para o homem, como o morcego, o dromedário, o pangolim (espécie que parece um tatu-tamanduá com escamas de queratina) e o civeta (espécie que parece um gambá) não são culpados pela pandemia. O único mamífero que pode ser levado a um tribunal tendo Gaia como juiz é o *Homo sapiens*. Outras doenças humanas também tiveram essa origem, como ebola e AIDS (PESQUISA FAPESP, 2020).

E se tentarmos destruir as espécies hospedeiras, teremos agravantes de pena. Apesar de o morcego ter sido injus-

tamente responsabilizado pelo início da pandemia (ARAGÃO, 2020), 70% das mais de 14 mil espécies de morcegos são responsáveis pelo controle biológico de insetos vetores de doenças, como malária, dengue e zika (ANSEDE, 2020). Além disso, os serviços ecossistêmicos dos morcegos incluem a polinização e o espalhamento de sementes (BBC NEWS BRASIL, 2020).

Não podemos negar que todas as nações, incluindo as mais poderosas da Terra, se curvaram em 2020 a um novo rei, o SARS-CoV-2, que usou sua majestosa coroa para fazer o mundo parar. E sabemos que outros reis estão à espreita, e hão de atacar.

AMBIENTE-SE

POR QUE O MEIO AMBIENTE ESTÁ NA MODA?[20]

Nunca se ouviu falar tanto em meio ambiente como nos 30 últimos anos. Junto com assuntos de polícia e política, o meio ambiente ganha destaques nos principais meios de comunicação todos os dias. São notícias que ressaltam a beleza natural de locais turísticos, criação de reservas e parques de preservação ambiental, comemorações escolares baseadas em calendários ambientais, constatações de áreas degradadas e poluídas, problemas ambientais urbanos e rurais, debates sobre legislação e fiscalização ambiental, denúncias de crimes ambientais cometidos por pessoas físicas e jurídicas etc.

Mas, por que o meio ambiente está tão na moda? Será que o ser humano realmente está se preocupando com a natureza que o cerca? Será que a humanidade está mais sensibilizada para as questões ambientais?

Desde a Revolução Industrial, o meio ambiente vem sendo castigado duramente pelo modo de vida e produção

[20] Texto publicado pela autora no Jornal Oeste Notícias, Presidente Prudente, em 07 de outubro de 2003.

da sociedade, cada vez mais 'ista': consumista, capitalista, individualista e imediatista. Por mais de cem anos, o homem não se preocupou com a degradação do meio, apenas com sua exploração para benefício próprio. E o crescimento populacional é cada vez maior. Esse é um dos principais fatores de poluição, pois a natureza não consegue se recompor na mesma velocidade em que a população extrai seus recursos.

Em 1972, foi realizado o primeiro encontro mundial em Estocolmo para debater os problemas surgidos com a Revolução Industrial. No Rio de Janeiro, em 1992, aconteceu o segundo encontro mundial para rever as metas traçadas em Estocolmo e propor novas medidas de controle ambiental. Em 2002, em Johannesburgo, mais uma conferência foi realizada e em 2012, novamente no Rio de Janeiro aconteceu a Rio+20. Será que muita coisa realmente mudou desde 1972? Ou toda a discussão apenas serviu para deixar o assunto em evidência?

Atualmente, é muito fácil encontrar uma pessoa que 'entenda profundamente' do assunto. Em todos os segmentos da sociedade existem especialistas que encabeçam projetos ambientais e os colocam em prática. Com as reuniões mundiais, a mídia deixou em destaque termos técnicos que a grande maioria da população utiliza como se conhecesse seu real significado. Tem-se, por exemplo, as palavras mágicas: 'desenvolvimento sustentável', 'ecologicamente correto', 'globalização', 'gestão ambiental', 'tecnologia limpa', 'crise energética', 'movimento ambientalista', 'educação ambiental'.

As ações efetivas que ocorrem em favor do meio ambiente são restritas a pequenos grupos, como organizações não governamentais, associações independentes e instituições acadêmicas. Essas ações, muitas vezes, resolvem problemas pontuais e individualizados, porém não podem ser aplicadas a outros locais com características diferentes. Esse é o grande problema de se adotar soluções prontas de um país para outro, pois a realidade é completamente diferente.

Dessa forma, as razões para o modismo ambiental são as mesmas da moda *fashion*. Infelizmente, o dinheiro e o poder sempre estão por trás das verdadeiras razões para se falar sobre meio ambiente. Algumas pessoas ganham dinheiro facilmente se envolvem a palavra 'ambiental' em seus negócios. Outras falam de meio ambiente para se mostrarem atualizadas sobre o assunto.

Não podemos nos esquecer que a moda tem caráter efêmero, é passageira. E se o meio ambiente está em moda hoje, pode ser que não esteja no futuro. Aliás, por que devemos cuidar da natureza? Porque queremos ter futuro. Algumas pessoas não se preocupam se o planeta estará em boas condições daqui a cem anos, pois sua visão é limitada ao seu tempo de vida, que até pode chegar aos 90 anos. Na verdade, somos um pouco egoístas, se está bom para nós, não nos preocupamos com os que virão depois. Mas não podemos nos esquecer que a Terra já existe há pelo menos 4,5 bilhões de anos e que foi constantemente modificada para podermos habitá-la. Portanto, não temos o direito de destruí-la, nem de nos destruirmos. Os dinossauros foram extintos por uma catástrofe natural, apesar de serem muito maiores e muito mais fortes do que os seres humanos. Por essa razão, temos uma ideia que podemos também ser extintos e, dessa vez, por nossa própria culpa.

Se falamos em preservação ambiental devemos falar com convicção e com consciência, não apenas por que está na moda. Devemos mostrar que realmente nos preocupamos com algo maior e que seja duradouro. Qual sua ideia sobre tudo isso?

3.9. Dia Mundial do Meio Ambiente (5 de junho)

Amanita muscaria **crescendo em associação com castanheiras, Serra Gaúcha – RS**
Foto: Larissa Trierveiler Pereira

O Dia Mundial do Meio Ambiente é comemorado no dia 5 de junho. Esta data foi estabelecida pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 1972, durante a primeira Conferência Mundial sobre Meio Ambiente, em Estocolmo, na Suécia. No Brasil, o Decreto nº 86.028, de 27 de maio de 1981, instituiu a Semana Nacional do Meio Ambiente, que sempre deve ser realizada na primeira semana do mês de junho, quando se comemora o Dia Mundial do Meio Ambiente.

Logo, não faz muito tempo que o tema ambiental começou a fazer parte do planejamento e ações urbanas. Antes o assunto era visto apenas como privilégio da zona rural ou áreas intocadas. O próprio termo "meio ambiente" foi sendo construído e modificado ao longo da reflexão e entendimento da humanidade sobre o assunto e ainda há controvérsias em sua definição.

No texto da Política Nacional do Meio Ambiente, o meio ambiente é definido como "o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas". Esse conceito me parece um pouco restritivo, pois não incorpora diretamente as esferas sociais, econômicas e culturais. Por esse motivo, para alinhar com os objetivos deste livro, uma definição mais completa seria adequada, como "sistema global constituído por elementos naturais e artificiais de natureza física, química ou biológica, socioculturais e suas interações, em permanente modificação pela ação humana ou natural que rege e condiciona a existência e desenvolvimento da vida em suas múltiplas manifestações" (SÁNCHEZ, 2013, p. 19). Essa definição por ser representada pela Figura 3.9.1

Figura 3.9.1 - Dimensões do meio ambiente

Fonte: Sánchez (2013), adaptada pela autora.

Por essa ampla definição, percebe-se que tudo o que faz parte da natureza, incluindo todas as ações do ser humano, o que ele cria ou constrói, fazem parte do meio ambiente. Esse aspecto é traduzido como "cultura", que pode ser conceituado de forma igualmente ampla e controversa. Uma definição que me apraz é a de Morin e Kern (2003, p. 56): "conjunto de regras, conhecimentos, técnicas, saberes, valores, mitos, que permite e assegura a **alta complexidade do indivíduo e da sociedade humana**, e que, **não sendo inato, precisa ser transmitido e ensinado a cada indivíduo** [...]" (grifos meus). Por essa definição, o *Homo* pode ser considerado exótico no meio ambiente.

De acordo com Sánchez (2013), uma forma de abordar a cultura é usar a noção de "patrimônio cultural", que de forma abrangente inclui bens de natureza material e imaterial da sociedade. O artigo 216 da Constituição Federal engloba cinco aspectos como patrimônio cultural: i) as formas de expressão; ii) os modos de criar, fazer e viver; iii) as criações científicas, artísticas e tecnológicas; iv) as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artísticos-culturais; e v) os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico.

É evidente que até chegar a essas atuais acepções foi necessário um longo período para o amadurecimento das discussões. Até a Revolução Industrial, não era percebido o impacto ambiental no globo causado pela aventura humana terrestre. A partir da exploração da energia do carvão e de outros recursos naturais não-renováveis, foi iniciado um caminho sem volta (HARARI, 2018; MORIN; KERN, 2003).

Sem muitas delongas, sabe-se que a Revolução Industrial e as guerras mundiais provocaram muitos impactos no meio ambiente. Grandes empreendimentos começaram a ser construídos considerando apenas os aspectos tecnológicos e de custo-benefício, sem a devida atenção às questões ambientais, culturais e sociais. As minorias, sem representação política e econômica, ficavam à margem do desenvolvimento.

Acontece que no caso ambiental, os impactos não têm fronteiras e diante dessa percepção, em 1969, os EUA publicaram sua Política Nacional de Meio Ambiente, a *National Environmental Policy of Act*, mais conhecida pela sigla NEPA. O principal instrumento dessa legislação é a ideia da avaliação de impactos ambientais (AIA), que rapidamente foi adotada por outros países e instituições financeiras, dada a compreensão global dos efeitos do desequilíbrio ambiental (ROCHA; CANTO; PEREIRA, 2005).

Como forma de organizar as estratégias, foi realizada a primeira conferência internacional sobre meio ambiente, onde foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em 1972. Outros avanços internacionais foram conquistados em 1992, com a Rio-92 (ou Eco-92 ou Cúpula da Terra). Os debates frutificaram com a assinatura de inéditos, valorosos e belos documentos internacionais, como a Agenda 21, um amplo e abrangente programa de ações, visando a sustentabilidade global no século XXI, a Carta da Terra e as Convenções da Biodiversidade, da Desertificação e das Mudanças Climáticas. Nas reuniões mundiais de 2002 e 2012, em Johannesburgo e Rio de Janeiro, respectivamente, os países reafirmaram os compromissos já assumidos, focando principalmente nas questões de proteção social (ONU BRASIL, 2020d).

Acompanhando as tendências mundiais, o Brasil instituiu sua Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) por meio da Lei nº 6.938, em 1981. Como principais resultados dessa lei podem-se salientar a criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e os instrumentos para aplicação da política.

Com relação ao SISNAMA, sua estrutura atual é formada pelo Conselho de Governo, o Ministério do Meio Ambiente, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), os órgãos seccionais estaduais, como o Instituto Água e Terra (IAT), no Paraná, antigo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), e os órgãos locais municipais.

Juntas, todas essas autarquias são responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental no país por meio de complexos instrumentos da legislação. Os primeiros instrumentos a serem regulamentados pelo CONAMA foram o licenciamento ambiental e a avaliação de impactos ambientais. Por meio de resoluções específicas, os empreendimentos precisam de autorização para se instalarem e operarem, chamadas licença prévia (LP), licença de instalação (LI) e licença de operação (LO) (Resolução CONAMA nº 237/97). Se o empreendimento ou atividade forem considerados efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio, será exigido um estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (EIA/RIMA), com consulta popular por meio de audiência pública (Resolução nº CONAMA 01/86).

Vale explicitar que os impactos ambientais podem ser negativos, o que normalmente ocorre nos meios físicos e biológicos, mas também podem ser positivos quando se trata do meio antrópico, como por exemplo, geração de empregos, aumento de renda *per capita*, construção de escolas e hospitais. É assim que um EIA/RIMA recomenda ou não a aprovação de um empreendimento: após um estudo detalhado das tecnologias e possíveis locais de instalação e o diagnóstico ambiental da área, são pesados os impactos positivos e negativos na balança ambiental. E todos os impactos adversos necessitam de medidas mitigadoras, programas de monitoramento e medidas compensatórias.

Para conhecer as resoluções sobre os processos de licenciamento e outros estudos de impactos ambientais, é recomendado consultar o site do CONAMA[21]. Também existe uma lista positiva de impactos ambientais por empreendimentos organizada pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (CREA-PR) em parceria com o antigo IAP[22]. Nesse site

[21] http://www2.mma.gov.br/port/conama/

[22] http://creaweb.crea-pr.org.br/IAP/consultas/consulta_empreendimentos_publica.aspx

o usuário pode ter uma noção dos impactos no meio físico, biológico e antrópico de diversos empreendimentos.

Outro instrumento de suma importância da PNMA é o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, como o do ar (Resolução CONAMA nº 491/2018), o do solo (Resolução CONAMA nº 420/2009), emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas (Resoluções nº 5/89, 8/90, 382/2006, 436/2011) a classificação e o enquadramento de corpos d'água (Resolução CONAMA nº 357/2005) e as condições e os padrões de lançamento de efluentes (Resolução nº 430/2011). Por meio dessas legislações, as empresas têm como saber se estão impactando o meio ambiente e podem agir pontualmente, alterando um processo ou instalando um tratamento mais adequado.

Caso não esteja de acordo com os padrões, ou no caso de acidentes, as empresas podem ser autuadas e enquadradas na lei de crimes ambientais, Lei nº 9.605/98, também prevista como instrumento da PNMA. Esse regulamento dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e, de forma inovadora, atribui responsabilidade a pessoas jurídicas e físicas com aplicação de penas. Dessa maneira, a lei de crimes ambientais é uma poderosa aliada à fiscalização ambiental, pois não se aplica apenas a empresas, mas também a pessoas que sejam surpreendidas praticando atividades criminosas.

Como outros dispositivos criminais, a lei apresenta circunstâncias atenuantes, como baixo grau de instrução do agente ou arrependimento do infrator, e agravantes de pena, como reincidência ou acometimento da infração em domingos, feriados ou à noite, para mencionar alguns.

Seguindo a definição mais ampla de meio ambiente, essa norma pune os crimes cometidos contra a fauna, a flora, e por poluição, tal como os crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural. Logo, são apenadas as pessoas ou empresas que provocam incêndios (intencionais ou acidentais por balões), desmatam, pescam em períodos ou locais proibidos,

picham monumentos ou danificam edificações protegidas por lei, para citar alguns exemplos.

Infelizmente, no início da implementação dessa lei, absurdos foram cometidos sem juízo de valor ou sem aplicação do princípio da insignificância. Ficou famoso o caso do lavrador Josias Francisco dos Anjos, que foi preso em 2000 por raspar a casca de uma árvore em Planaltina, Goiás, para fazer chá para sua mulher, que sofria de doença de Chagas. Paradoxalmente, na época, 70% da madeira retirada da Amazônia era ilegal e os culpados não eram presos (OLIVEIRA, 2000). E mesmo com a consolidação e compreensão da lei, existem casos absurdos de morosidade na aplicação das penas, redução de valores das multas e impunidade de pessoas físicas, como nas tragédias de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), Minas Gerais (AGÊNCIA BRASIL, 2020; GARCIA, 2020).

A PNMA ainda conta com valorosos instrumentos de zoneamento, de espaços protegidos, de sistema de informações *online* e de instrumentos econômicos, como taxas, impostos e incentivos financeiros.

Com as crescentes restrições impostas pela legislação ambiental internacional, aliadas ao aumento da competitividade empresarial e às pressões por parte da sociedade mais conscientizada, as empresas sentiram a necessidade de ampliar sua política ambiental por meio de um sistema de gestão padronizado, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), ditado pela série de normas da ISO 14.000 (BARBIERI, 2016).

Resgatando a história, a *International Organizations for Standardization* (ISO), uma organização internacional não governamental independente, foi criada após a 2ª Guerra Mundial, em 1946, em Londres, por representantes de 25 países. A ideia era reunir especialistas para compartilhar conhecimentos e desenvolver normas internacionais voluntárias, baseadas em consenso e relevantes para o mercado que se abria para a inovação e buscava soluções para os desafios globais (ISO, 2020). Curiosamente, nota-se que a sigla ISO não vem da abreviação do nome da organização, que em inglês, seria IOS, pois em cada

língua o acrônimo seria diferente. Dessa forma, os fundadores da organização preferiram se inspirar na palavra grega "isos", que significa "igual". Assim, em qualquer país ou idioma, as condutas empresariais são sempre iguais.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) compila os padrões da ISO e lança as normas técnicas brasileiras (ABNT NBR), algumas com caráter obrigatório por lei, outras de caráter voluntário. Apesar de a adoção das normas da família NBR ISO 14.000 ser voluntária, as empresas têm grandes vantagens ao aplicá-las, como redução de gastos com energia e matéria-prima, diminuição de impactos pela análise do ciclo de vida, aumento do desempenho ambiental e ecoeficiência, atendimentos aos requisitos legais, *marketing* ambiental, entre outros (ABNT, 2015).

Atualmente, grandes empresas têm considerado o Sistema de Gestão Integrado (SGI), com a adoção de normas de gestão de qualidade de produtos ou serviços (ISO 9.000), gestão ambiental (ISO 14.000) e gestão de saúde e segurança ocupacional (ISO 45.000) (ISO, 2020). Com esse modelo de gestão, a sustentabilidade nas empresas é mais facilmente alcançada, embora não seja garantia de sucesso total. A Vale, antiga Companhia Vale do Rio Doce, possui SGI desde antes da tragédia de Brumadinho (VALE, 2017).

Em suma, a questão ambiental passa pelo uso dos recursos naturais, pela poluição e pela ética humana. Quando houver equilíbrio entre o uso dos recursos naturais e os impactos ambientais causados, haverá "desenvolvimento" em seu sentido mais pleno, de forma economicamente viável, socialmente justa e ecologicamente correta, pressupondo que todo o desenvolvimento deva ser sustentável.

AMBIENTE-SE

5 DE JUNHO, DIA DO MEIO AMBIENTE? [23]

Dizem por aí que dia 5 de junho é o Dia do Meio Ambiente. Não entendo porque a natureza deve ter um dia para ser comemorada, que importância isso tem?

Fala-se tanto da preservação, mas minha cidade tem vários parques e bosques, não vejo desmatamento nesses lugares. Além disso, tem várias árvores na minha rua. Na frente da minha casa não tem, porque eu já pedi para a prefeitura cortar, estava estragando minha calçada e sujava muito a rua. Agora minha calçada fica limpinha e eu até a pintei de verde para ficar mais bonita. Vejo algumas aves fazendo ninho nas árvores dos vizinhos e só fico imaginando o quanto eles devem odiar isso. Já pensou, o barulhão da passarinhada logo de manhãzinha? E sem falar que quando chove a árvore é perigosa, pois atrai raio. Também não tenho plantas em casa, aprendi há muito tempo na escola que elas liberam gás carbônico à noite e podem me matar. Ainda bem que eu não tenho esses problemas!

Fala-se tanto da escassez hídrica, mas eu abro as torneiras de casa e sempre corre a água. De vez em quando até ouço que vai faltar água na minha rua, mas é porque a concessionária está fazendo algum reparo na rede. Nesse caso, não fico preocupado, tenho sempre uns refrigerantes e cervejas em casa. Se demora muito para a água voltar, eu vou "na" minha sogra e aproveito para jantar e tomar banho. Ela mora perto da concessionária, lá nunca falta água e sei que nunca vai faltar. Falando em água, outro dia levei a família para pescar e fomos ao riozinho aqui perto. Mas acho que eu errei o caminho, porque aquele rio estava diferente, tinha muita lama e um cheiro desagradável. Andamos um pouco

[23] Texto publicado pela autora no Jornal Tribuna Hoje, Umuarama, em 05 de junho de 2012; e no Jornal O Diário do Norte do Paraná, Maringá, em 05 de junho de 2009.

até achar mais água, mas mesmo assim não tivemos muita sorte, não pesquei peixe algum. Mas não fiquei chateado, passei num supermercado e comprei umas latas de sardinha.

Fala-se do aquecimento global, mas eu não acho que isso seja um problema. Eu não gosto de frio mesmo, gosto de jogar futebol sem camisa e depois tomar uma gelada. E se o dia está muito quente, coloco meu aparelho de ar condicionado no máximo. Assisti a uma palestra de uma professora que dizia que em vez de verão e inverno, estávamos tendo verão e inferno. Não entendi muito bem o que ela quis dizer, mas palestras são assim mesmo, eles tentam assustar a gente. Ela disse para usar menos o carro para não poluir o ar, mas eu sei que isso é uma conspiração para poderem aumentar o preço da passagem do "busão".

Fala-se que o lixo gerado nas cidades polui o solo e a água. Mas o que eu penso sobre isso? Uma bobeira. Eu só sei que eu coloco meu lixo na porta de casa e o lixeiro leva embora. E pronto! Como é que ele pode poluir se vai para tão longe da minha casa? E aquelas pessoas que ganham dinheiro com esse negócio de reciclagem? Eu não gosto disso, acho que todo mundo tinha que trabalhar em vez de ficar atrapalhando o trânsito e catando latinha. Eu misturo tudo que é para eles não conseguirem separar. Mas se eu estou em algum lugar público e não vejo uma lixeira por perto jogo minha latinha de cerveja no chão. Sei que algum desses recicladores vai pegar mesmo...

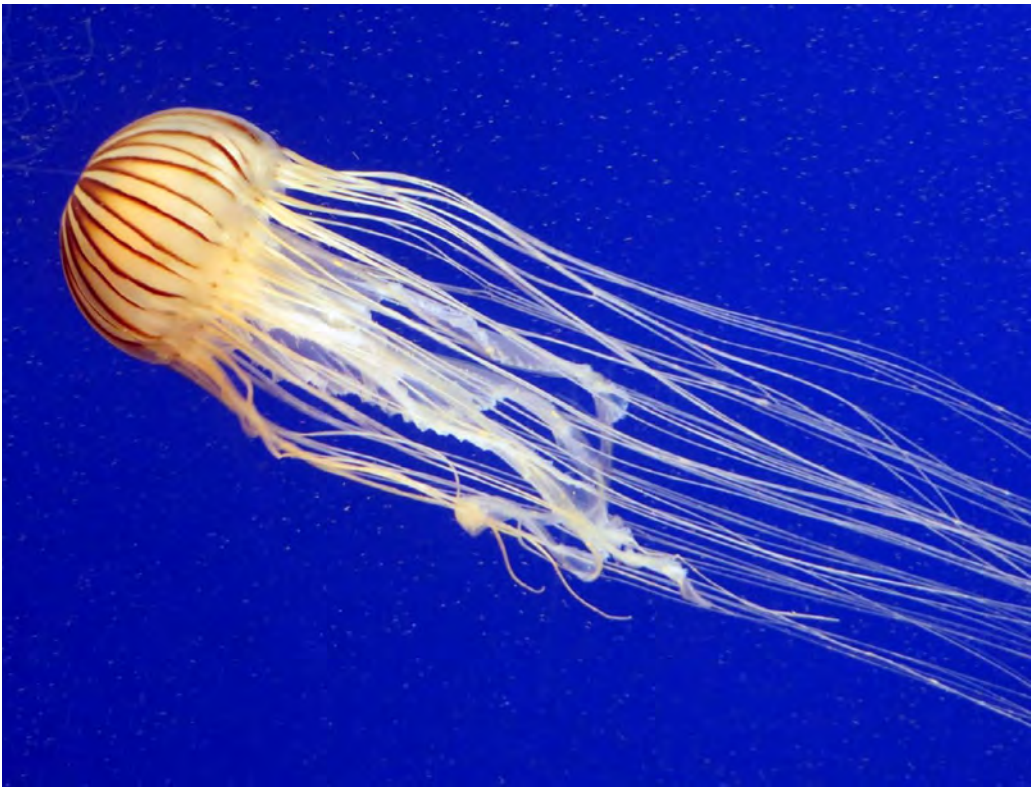
Dizem que tem baleia e pinguim que morre no mar por causa da poluição. Mas isso é grave? Todos os animais morrem um dia. Além disso, nunca vi um bicho desses e nem quero ver. Ainda bem que tem umas ONG's que não visam lucros e que cuidam disso com muito amor, assim o governo não precisa gastar dinheiro público.

Mas já perdi muito tempo pensando nisso tudo. Não preciso dessa natureza que todos falam: acordo de manhã, tomo meu café com pão, vou trabalhar, almoço num restaurante qualquer, volto ao trabalho, de noitinha tomo um bom

banho, janto, assisto a novela e durmo. Nos finais de semana gosto de dar uma voltinha no shopping: temperatura agradável, bastante luz, música, piso limpo, gente bonita.

É, não sei por que ter no calendário esse tal de dia do meio ambiente.

3.10. Dia Mundial dos Oceanos (8 de junho)



Medusa em aquário, Atlanta – EUA
Foto: Máriam Trierveiler Pereira

O dia 8 de junho foi definido como Dia Mundial dos Oceanos, durante a Eco-92, e formalmente reconhecido pela ONU em 2008. O objetivo foi dar a devida importância a este bem global, pois se usa a cor verde como sinônimo de meio ambiente e esquece-se da cor azul (BN, 2020).

Aliás, quando o homem foi ao espaço pela primeira vez, deslumbrou-se ao ver que o planeta era azul. A cor dos mares e oceanos depende do reflexo originário da paisagem ao redor, da cor de seu fundo e dos microorganismos em sua superfície,

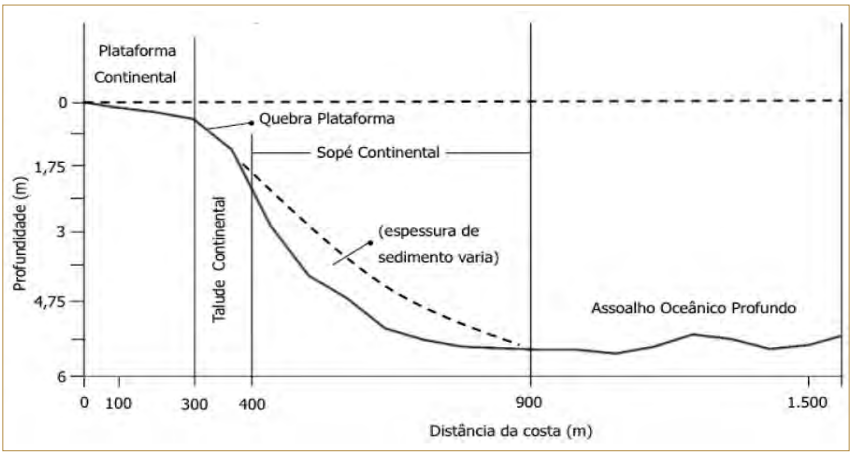
podendo variar entre o verde e o azul. Algumas exceções são bem conhecidas, como o Mar Negro, entre a Rússia e a Turquia, devido à presença de bactérias que produzem ácidos escuros, e o Mar Vermelho, entre a África e a Arábia, onde há poeira rica em ferro (MUNDO ESTRANHO, 2018).

A Terra tem este nome porque os povos antigos não tinham noção da quantidade de água existente no planeta. Hoje sabe-se que três quartos da superfície terrestre são cobertos por água e a grande maioria, 97%, corresponde a água salgada, que formam mares e oceanos. Apesar de parecerem contínuos, os oceanos são divididos em cinco, Atlântico, Pacífico, Índico, Ártico e Antártico, conforme suas características de salinidade, temperatura, insolação, correntes marítimas e marés.

O ponto mais profundo do oceano é a fossa das Marianas, com 11 km de profundidade, no Pacífico, e o ponto mais alto fica na cordilheira marinha do Havaí (EUA), uma montanha marinha com pouco mais de 10 km de altura desde o assoalho oceânico.

Um perfil típico das margens continentais pode ser visualizado pela Figura 3.10.1. A plataforma continental é a porção da margem continental mais próxima das características dos continentes, terminando onde inicia o talude continental. A concordância entre o talude contimental e o assoalho oceânico profundo é chamado de sopé continental. Em média, o oceano tem uma camada de água de 3.800 m de espessura (SAES *et al.*, 2018).

Figura 3.10.1 - Perfil típico das margens continentais



FONTE: SAES *et al.* (2018, p. 20).
NOTA: escala vertical exagerada, para melhor visualização.

A dinâmica superficial dos oceanos é fortemente influenciada pelo Sol e pelos ventos, provocando "rios" dentro da grande massa de água, chamados de correntes oceânicas superficiais. O transporte de energia pelos oceanos através das correntes oceânicas representa 10 a 20% da distribuição de calor ao longo do planeta (GARRISON, 2010).

Devido à característica peculiar da água de possuir elevado calor específico, esse líquido pode absorver ou liberar grandes quantidades de calor à custa de variações de temperaturas relativamente pequenas (BRAGA *et al.*, 2005). De forma prática, grandes massas de água, como os oceanos, podem amenizar temperaturas extremas. Se não existissem, a amplitude térmica diária do planeta seria muito maior, com dias extremamente quentes e noites frias, como acontece em desertos ou em planetas onde não há água. O elevado calor específico também faz com que haja água em estado líquido embaixo de crostas de gelo nas calotas polares, proporcionando a manutenção da vida marinha aquática.

Além da circulação horizontal, também há movimentação oceânica vertical, ou termohalina, impulsionada pelas di-

ferenças de densidade entre as massas da água, ocasionadas pela temperatura, salinidade e pressão (devido às grandes profundidades). Essa circulação representa 90% da água do mar abaixo da camada superficial (GARRISON, 2010).

Outras formas de movimentação dos mares e oceanos, associadas à energia, são as marés e ondas. As ondas superficiais podem ser geradas pelo vento ou por transmissão de energia ao oceano através de terremotos, explosão vulcânica, escorregamento de terra nas margens, ou movimentação do fundo do oceano, que originam os excepcionais *tsunamis*. Conforme as ondas se aproximam da costa, as moléculas de água descrevem um movimento circular pela resistência ao fundo e perdem velocidade. Com o aumento da altura, a parte superior da onda se quebra, sendo conhecido como rebentação (SAES *et al.*, 2018).

As marés ocorrem pela interação dos campos gravitacionais no sistema planetário da Terra, do Sol e da Lua, e pelas forças centrípetas de rotação da Terra. As marés variam pela posição dos astros e pela localidade, podendo ter períodos de 24 ou 12 horas (CAOE, 2006).

Estudos mostram que os oceanos são salgados desde sua formação, pois durante o processo de evolução do planeta a água presente em bacias sedimentares sofreu ação de vulcões, que expeliram, e continuam expelindo, gás carbônico (CO_2) e ácido clorídrico (HCl), além da introdução de sais por erosão dos solos. Com o passar dos bilhões de anos de existência da Terra, a salinidade dos oceanos foi sendo alterada, principalmente devido à ação biológica, todavia esses processos autorregulatórios de longa duração impediram que a concentração de sal nos oceanos aumentasse (LOVELOCK, 1991).

Algumas características da água do mar são diferentes da água doce. Por exemplo, devido à concentração de sais dissolvidos, em média 35g/kg (3,5%), a densidade da água do mar é 2% maior que a densidade das águas dos rios e o pH médio da água da superfície do oceano é de cerca de 8,1. A dissolução de gases também é afetada pela salinidade do mar, sendo menor do que em águas doces nas mesmas condições de temperatu-

ra e pressão (BAIRD; CANN, 2011). Essas diferenças conferem uma característica peculiar aos estuários, onde há mistura das águas e abundante aporte de sedimentos com nutrientes, que tornam essas áreas extremamente produtivas biologicamente (RICKLEFS, 2013).

Sobre essas características, o Mar Morto sempre desperta curiosidade. Esse local geográfico, que não é mar e nem está morto, tem salinidade de 33%, dez vezes maior do que a salinidade média dos oceanos, e abriga poucas espécies de arqueobactérias e algas (NISSENBAUM, 1975). Isso ocorre porque o local não tem ligação com os oceanos e está em um vale a 395 metros abaixo do nível do mar. Além disso, atualmente, a maioria das nascentes que desaguava no Mar Morto encontra-se represada e apenas 5% do volume natural de água do Jordão é despejado no lago. Como o local tem um clima muito quente, a evaporação aumenta a concentração de sal. Se nenhuma medida for tomada, o local turístico, onde os banhistas boiam, pode desaparecer por volta de 2050 (REVISTA PLANETA, 2010).

Com relação ao ecossistema marinho, chama a atenção o fato de ser detentor da maior biodiversidade filética do planeta, abrigando 34 dos 36 filos de organismos vivos, sendo inclusive alguns destes, estritamente marinhos (COSTA-LOTUFO *et al.*, 2009). Os mares e oceanos são palco de diversas espécies de bactérias, algas, plantas, mamíferos (baleias e golfinhos), peixes (tubarões, atuns, bacalhaus), equinodermos (estrelas-do-mar, ouriços-do-mar), moluscos (lulas, polvos, ostras), crustáceos (camarões, caranguejos), cnidários (anêmonas, corais, medusas) e até répteis (tartarugas, serpentes marinhas) e aves (gaivotas, pelicanos, albatrozes) (SAES *et al.*, 2018). Toda essa dinâmica é responsável pela maior parte da produção de oxigênio do planeta e por 30% da absorção de dióxido de carbono produzido pelos seres humanos (ONU NEWS, 2019a).

Essa diversidade biológica ocorre, principalmente, na zona costeira e na plataforma continental, que, normalmente, constituem a zona eufótica, região na qual a intensidade de

luz é suficiente para permitir o crescimento e a reprodução do fitoplâncton. Fora dessa zona de produtividade, sem nutrientes e com baixa concentração de oxigênio, as áreas oceânicas assemelham-se a um imenso deserto, com alguns oásis produtivos isolados. Cerca de 90% da produção mundial de pescado advém de menos de 3% da área total dos oceanos (HAZIN; PEREZ; TRAVASSOS, 2005).

Mesmo assim, no meio do oceano Pacífico, na região mais hostil do planeta, foram encontradas bactérias. O local de 37 mil km², o equivalente às áreas dos EUA, Rússia e China somadas, é chamada de Giro do Pacífico do Sul, e "sua superfície tem a água mais cristalina do mundo, o que, na verdade, é um sinal de quão "árida" e estéril é essa zona" (BBC NEWS BRASIL, 2019).

Além da manutenção do clima da Terra e manutenção de flora e fauna marinha, os mares e oceanos possuem outras importantes funções antropogênicas, como a geração de alimentos, o transporte, o abastecimento de água em regiões áridas, a recreação, entre outras.

Do ponto de vista antrópico, historicamente, a humanidade sempre buscou o mar, principalmente como forma de conquistar outros territórios, como fizeram os fenícios, ingleses, portugueses e espanhóis (ZANIN, 2010). Isso permitiu que as nações se expandissem e se "globalizassem", pois o contato com outros povos e culturas fez com que as civilizações se desenvolvessem.

Atualmente, as principais megacidades do mundo estão localizadas dentro da zona costeira, e muitas dessas estão inseridas dentro de baías, deltas e estuários, onde combinações de condições econômicas, geográficas e históricas específicas têm atraído a população e conduzem a migração para costa (SETO, 2011). Esses locais abrigam cerca de 78% da população mundial, sendo um ambiente de interface entre o sistema oceano-continente-atmosfera-homem (SAES *et al.*, 2018).

Na esfera econômica, de acordo com a ONU, mais de 3 bilhões de pessoas dependem da biodiversidade marinha e costeira para sua subsistência (ONU NEWS, 2020b). Em 2019,

estimou-se que, globalmente, o valor de mercado dos recursos e indústrias marinhas e costeiras foi de US$ 3 trilhões por ano, cerca de 5% do PIB global (ONU NEWS, 2019a).

Apesar de todos os benefícios, a humanidade tem gerado grandes pressões ambientais aos oceanos, que podem, em um futuro próximo, deixar de prestar seus preciosos serviços ecossistêmicos. A ONU relata que nos últimos 150 anos, cerca de metade de todos os corais vivos foram perdidos e cerca de 40% dos oceanos do mundo são fortemente afetados por atividades humanas, incluindo poluição, pesca predatória e perda de habitats costeiros (ONU NEWS, 2019a).

As atividades de extração ou transporte de petróleo são responsáveis por desastres inesquecíveis no mar, com perdas de vidas humanas e ecossistemas marinhos. No dia 24 de março de 1989, o Alasca acordou com a "maré negra" após o naufrágio do Exxon Valdez e o derramamento de 42 milhões de litros de petróleo. Estima-se que 250 mil aves, milhares de baleias, de lontras marinhas e peixes tenham morrido.

Após um longo julgamento, a empresa, inicialmente condenada a pagar US$ 5 bilhões aos moradores e pescadores da região, obteve redução da pena para US$ 500 milhões. A Exxon também foi sentenciada a reparar os 2.000 km de costa e fundo marinho poluídos, mas a pesca de arenque e salmão estão sujeitas a normas rígidas, pois suas populações não foram totalmente recuperadas (CB, 2014).

Lamentavelmente, o acidente no Alasca foi superado pelo derramamento de petróleo após a explosão da plataforma *Deepwater Horizon*, no Golfo do México em 2010, matando onze pessoas, cerca de 800 mil aves, 170 mil tartarugas e mais de 8 milhões de ostras. Estima-se que a indústria da pesca tenha perdido US$ 1 bilhão e a do turismo, mais de US$ 500 milhões (UOL, 2020a). Essa tragédia está retratada no filme *Deepwater Horizon*, de Peter Berg, 2016.

O Brasil também assistiu, consternado, ao naufrágio da plataforma P-36, da Petrobrás, em 2001. Explosões mataram onze empregados e foram liberados, aproximadamente, 10 mil

barris de óleo bruto e diesel no mar. As multas aplicadas pelo IBAMA chegaram a R$ 1,5 bilhão (GAUDARTE, 2018).

Mas não é apenas o petróleo extraído do fundo do mar que polui as águas salgadas. Por serem o destino final dos cursos d'água, os mares e oceanos, em última análise, acabam se transformando no sumidouro de poluentes e contaminantes, como esgotos domésticos, pesticidas, detergentes, metais e plásticos.

Ainda hoje são amplamente empregados os emissários submarinos como forma de destinação final de efluentes urbanos, principalmente devido a seus baixos custos. O emissário submarino é uma forma de lançar o esgoto doméstico, tratado ou não, no mar. Essa tubulação fica ancorada no assoalho marinho e na sua porção final há diversos orifícios que fazem a difusão do efluente na água do mar. As correntes marinhas, a salinidade e a produtividade biológica garantem a degradação da matéria orgânica. No Brasil existem dezessete emissários submarinos de esgoto doméstico (BIROCCHI, 2018).

Uma imagem bem ilustrativa desse sistema é vista no filme infantil "Procurando Nemo", do diretor Andrew Stanton, de 2003. O pequeno peixe-palhaço (*Amphiprion ocellaris*), após percorrer a tubulação de esgoto de Sydney, na Austrália, sai em alto-mar pelos difusores de um emissário submarino.

Embora tenha vantagens, o emissário submarino apenas afasta os efluentes da área de onde foram gerados, sem tratamento. Além disso, pode causar poluição em praias e ambientes costeiros, como aconteceu em 1999, no Rio de Janeiro, quando rompeu a tubulação na praia de Ipanema e contaminou a água de 900 metros de orla (G1 RIO, 2016).

Esse mesmo processo levou à maior catástrofe ambiental e social do Japão e, de uma forma cruel, o ser humano aprendeu os efeitos do mercúrio no organismo. Em 1950, a empresa química Chisso iniciou o lançamento de efluentes industriais poluídos com mercúrio na Baía de Minamata, um local tradicionalmente pesqueiro. Em 1952, moradores da região observaram que os gatos estavam apresentando comportamentos alterados e se suicidavam, lançando-se ao mar.

Poucos anos depois, os mesmos sintomas se manifestaram em pessoas: tremores, espasmos, convulsões e danos irreversíveis ao sistema nervoso central que levava à morte. Alguns filhos de pescadores nasciam com os movimentos comprometidos e com problemas mentais (O GLOBO, 2013).

O mercúrio inorgânico liberado pela fábrica era convertido pela atividade bacteriana existente na baía em metilmercúrio. Por bioacumulação, o metilmercúrio entrava na cadeia alimentar pelas plantas e algas, que eram consumidas pelos peixes e chegavam aos gatos e seres humanos. Em 1973, a empresa foi condenada a pagar US$ 600 milhões às famílias das vítimas pelas 400 toneladas de mercúrio lançadas ao mar (LINHART, 2009). Estima-se que 20 mil pessoas tenham sido afetadas e 1.800 tenham morrido em decorrência da contaminação por mercúrio (BOTKIN; KELLER, 2011).

Além de poluentes químicos, outra ameaça grave aflige os oceanos: o plástico. Inicialmente desenvolvido em 1907, sua fabricação e utilização em larga escala se deu após a 2ª Guerra Mundial, principalmente com os descartáveis. Hoje, os mares e oceanos recebem 8 milhões de toneladas de plásticos todos os anos e, segundo a ONU, nas últimas quatro décadas, a poluição plástica nos oceanos aumentou 10 vezes (ONU NEWS, 2019a). Já são monitoradas cinco gigantes ilhas de plástico que até pouco tempo não estavam nos mapas. Essas ilhas são formadas pelas correntes marinhas nas áreas de vórtices ou giros oceânicos. Como o planeta possui cinco vórtices, esse é o destino dos detritos: Atlântico Norte e Sul, Pacífico Norte e Sul e Índico (IBERDROLA, 2020). A maior delas, chamada de Grande Mancha de Lixo do Pacífico, descoberta em 1997, já tem a superfície estimada em 1,6 milhão de km², o equivalente a duas vezes a área da França (GALILEU, 2018).

Na realidade, a Grande Mancha não pode ser totalmente vista a olho nu ou por imagens de satélites, pois os objetos de plástico sofrem fotodegradação e chegam ao tamanho de 5 milímetros. Esses microplásticos adentram a cadeia alimentar e intoxicam todos os organismos do ecossistema marinho. Os

plásticos maiores também são confundidos com alimentos por tartarugas e aves. No emaranhado de plásticos e outros materiais, principalmente redes de pesca descartadas, mamíferos ficam presos e morrem afogados (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2020).

Pesquisadores também descobriram que 70% dos detritos marinhos afundam no oceano (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2020). Em 2019, exploradores encontraram uma sacola plástica nas Fossas Marianas (CARVALHO, 2020), que é o ponto mais profundo dos oceanos. O recente documentário de Deia Schlosberg (2019) mais parece um filme de terror ao contar a história do plástico e seu destino mais atroz na grande imensidão salgada.

Recentemente, a União Europeia (EU) proibiu talheres, copos e pratos descartáveis e cotonetes com hastes de plástico. O veto será totalmente implementado até 2021 (BRAUN, 2019). Segundo Camargo (2019), em julho de 2018, 127 nações haviam aprovado leis e restrições sobre o comércio e a distribuição de produtos desse material, com destaque para Vanuatu, uma pequena ilha do Pacífico, que foi o primeiro país do mundo a proibir fraldas descartáveis. Enquanto isso, no Brasil a pressão ainda não foi suficiente para uma ação nacional. As legislações para proibição de canudos e sacolas plásticas ainda são pontuais e polêmicas. O Estado do Rio Grande do Norte e cidades como Rio de Janeiro, Fortaleza, Salvador, Santos, São Paulo lideram a iniciativa (BRAUN, 2019).

Essa consciência foi sendo desenvolvida a partir de discussões internacionais. Em junho de 2012, a Rio +20 contou com a participação da Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO (UNESCO-COI). Esta é a única organização das Nações Unidas especializada em oceanos, em sua relação com as ciências, os serviços e o desenvolvimento de capacidades. Ela tem cumprido com essas responsabilidades por 50 anos (UNESCO, 2012). Sua função é apoiar os objetivos da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Ambiental (UNCED) e da Conferência Mundial de Cúpula sobre Desenvolvimento Sustentável (WSSD) no desenvolvimento e na coordenação de um sistema de observação dos oceanos mundiais, para

a previsão de perigos costeiros e marinhos, para a avaliação de mudanças e das condições oceânicas, e para a capacitação nacional e local em ciências marinhas e gestão sustentável do uso e dos recursos dos oceanos.

Esta comissão definiu objetivos e ações para "azular a economia verde", como atenuar a degradação contínua do mar e de seus tesouros marinhos e aumentar a investigação científica e a cooperação. Dentre as ações, podem ser destacadas ações para mitigar a acidificação dos oceanos; desenvolver um mercado global de carbono azul, como meio de criação de ganho econômico direto por meio da proteção do *habitat*; construir sociedades verdes em Estados em desenvolvimento localizados em pequenas ilhas, com tratamento das principais vulnerabilidades; e aumentar esforços pela pesca responsável e pela aquicultura, entre outros.

Todas essas ações culminaram na definição do ODS 14 - conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. Para o monitoramento dos oceanos foram criadas a Organização Marítima Internacional (IMO, sigla em inglês) e a Organização Meteorológica Mundial (WMO, sigla em inglês), coordenadas pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO. Essa rede interligada fornece informações oceânicas e meteorológicas padronizadas, previsões e avisos para garantir a segurança de vidas e bens no mar. Além disso, as organizações também apoiam a gestão costeira e a resiliência, particularmente para ajudar ilhas pequenas e vulneráveis a usar serviços meteorológicos, marinhos e climáticos.

> Quando se trata de tempo e clima, a maioria de nós pensa apenas no que está acontecendo na atmosfera. Se ignorarmos o oceano, perdemos uma grande parte da imagem: cobrindo cerca de 70% da superfície da Terra, o oceano é um dos principais fatores do clima e do mundo (WMO, 2020, p. [1]).

Retrocedendo no tempo, chega-se ao ano de 1982, quando foi publicada a relevante Convenção das Nações Unidas so-

bre o Direito do Mar (CNUDM), pela ONU, diante da importância dos mares e oceanos e dos problemas por eles enfrentados. A CNUDM é um importante conjunto de normas que regula o território marítimo e a gestão dos recursos marinhos e o controle da poluição. O objetivo principal deste tratado foi a definição de normas jurídicas para os mares e oceanos, a serem respeitadas por todos os países signatários da Convenção, com vistas ao fortalecimento da paz, da segurança e da cooperação pacífica entre as Nações, de conformidade com os princípios de justiça e de igualdade de direitos e pretendendo a promoção econômica e social de todos os povos (SOUZA, 2001).

Além disso, essa convenção conceitua o território marítimo e divide os espaços marítimos em águas internas, mar territorial, zona contígua, zona econômica exclusiva e plataforma continental. Após a plataforma continental, tem-se o denominado alto mar, que é um espaço que pertence a todos, e nenhum país pode exercer soberania sobre ele.

A expressão "mar territorial" surgiu na Idade Média, por volta do século XIII e XIV. Uma das tentativas de delimitação de tal espaço foi especificada pela capacidade de alcance de um tiro de canhão, aproximadamente 3 milhas náuticas (ZANIN, 2010). Esta distância permitia a defesa de um país. Atualmente, o termo é usado para a faixa marítima de largura igual a doze milhas marítimas ou 22.224 metros, medidas a partir da linha de baixa-mar.

No Brasil, os espaços marítimos foram definidos pela Lei nº 8.617/93 para as porções continentais e insulares. O mar territorial compreende uma faixa de 12 milhas marítimas de largura, a zona contígua se estende das 12 às 24 milhas marítimas, e a zona econômica exclusiva vai de 12 a 200 milhas. Todas essas faixas juntas compreendem a plataforma continental.

Com mais de 8.500 km de extensão, a área marítima brasileira possui uma superfície equivalente a 67% do território terrestre, com dimensão e biodiversidade semelhantes ao da Amazônia. Por esse motivo, convencionou-se chamá-la de Amazônia Azul (CIRM, 2020).

Segundo Castro *et al.* (2017), os recursos que essa área oferece à população são divididos em quatro classes: vivos, minerais, energéticos e não-extrativos. Os recursos vivos dão suporte à pesca comercial, à pesca de subsistência, à aquicultura e à biotecnologia, que fornece insumos para a indústria médica, farmacêutica, alimentar e de cosméticos.

Os recursos minerais são areia e cascalho; metais nobres como ilmenita, monazita, zirconita e rutilo; e sedimentos carbonáticos que podem ser usados na agroindústria, nas indústrias farmacêuticas e de produtos dietéticos, em implantes ósseos, na nutrição animal e no tratamento de água (CASTRO *et al.*, 2017).

Na classe dos energéticos, encontram-se como principais recursos o petróleo e o gás natural. Em agosto de 2020, os campos marítimos brasileiros produziram 96,9% do petróleo e 85,5% do gás natural, o correspondente, respectivamente, a 3 milhões de barris por dia e 114 milhões de m³ por dia (ANP, 2020). Ainda como recursos energéticos podem ser citadas as ondas, as marés, as correntes, a diferença térmica, o gradiente osmótico de estuários e os ventos marítimos. Destes, apenas a energia das ondas foi testada no Brasil, no Porto de Pecém, Ceará. Entretanto, existem estudos que indicam que podem ser aproveitados todos os outros recursos para geração de energia elétrica de forma sustentável a partir da Amazônia Azul, assim como já existem em diversas partes do mundo (CASTRO *et al.,* 2017).

Completando os benefícios da Amazônia Azul, Castro *et al.* (2017) enquadram os serviços ecossistêmicos, não mensuráveis, como recursos não-extrativos. Nessa categoria, como já mencionados, estão incluídos o transporte, o turismo, a manutenção da temperatura e do clima, a absorção de carbono e a liberação de oxigênio.

Para chamar a atenção da população quanto à importância da preservação do ambiente costeiro brasileiro, a Lei nº 13.187, de 11 de novembro de 2015, instituiu o dia 16 de novembro como o "Dia Nacional da Amazônia Azul".

Para a preservação integrada dos recursos, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), dado pela Lei nº 7.661/88 e seu Decreto n° 5.300/2004, define zona costeira como aquela compreendida pelo mar territorial e mais uma faixa terrestre de até 20 km continente adentro, o que abrange 395 cidades em dezessete Estados brasileiros.

É inegável que a oceanografia é uma ciência de alta relevância, vasta e emocionante. Para compreender a vida na Terra, é fundamental entender as interações dos oceanos com os continentes e a atmosfera. Por esse motivo, a ONU declarou o período entre 2021 e 2030 como a Década da Ciência dos Oceanos para o Desenvolvimento Sustentável (ONU NEWS, 2020b).

Nada mais justo do que olhar para o futuro e ver o mar, ou olhar para o mar e ver o futuro. A grande maioria das pessoas tem uma experiência pessoal afetiva com o mar. Mesmo os que não o conhecem, sonham com a imensidão azul e com os mistérios que encantavam piratas seduzidos por sereias. Nada melhor do que uma praia, com sol e brisa, para acalmar a alma, relaxar o corpo e renovar a fé. Vinícius e Toquinho falavam dessa magia ao cantar que “é bom passar uma tarde em Itapuã, ao sol que arde em Itapuã, ouvindo o mar de Itapuã, falar de amor em Itapuã”.

3.11. Dia Mundial contra Desertificação (17 de junho)

Vista do Morro dos Conventos, Araranguá – SC
Foto: Larissa Trierveiler Pereira

Durante a Conferência Internacional sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972, foram amplamente discutidos vários temas ambientais, inclusive sobre a catástrofe africana, representada pela grande seca do *Sahel* e os decorrentes problemas de desertificação. Ficou, portanto, evidente a necessidade de se organizar um evento específico que discutisse a desertificação de forma mais detalhada.

Convocou-se, então, a Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (UNCCD), realizada em 1977, na cidade de

Nairóbi, Quênia. Esta conferência teve um papel fundamental em todo o processo de luta contra a desertificação no mundo, pois ficou claro que os problemas de pobreza e meio ambiente têm estreita relação com esse processo. Também pôde ser discutida a criação do Plano de Ação Mundial contra a Desertificação, em especial para as regiões mais afetadas, como África, Ásia, América Latina e Caribe e Norte do Mediterrâneo (UNCCD, 1994).

Durante a Eco-92, foi realizada uma convenção sobre o assunto, onde vários países deveriam assinar o compromisso de combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação.

Em 1994, no dia 17 de junho, a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação finalizou os trabalhos sobre o Plano das Nações Unidas de Combate à Desertificação e, desde então, esse dia é celebrado no mundo como o Dia Mundial na Luta contra a Desertificação. Internacionalmente, a UNCCD já realizou quatorze reuniões bianuais. A última Conferência das Partes (COP-14) aconteceu em 2019, em Nova Delhi, Índia (UNCCD, 2020).

No Brasil, o Decreto nº 2.741/1998 promulgou a Convenção Internacional, que define desertificação como "a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as **atividades humanas**" (UNCCD, 1994, p. 4, grifo meu).

É importante, neste momento, apontar as diferenças entre os desertos e as áreas desertificadas. Os desertos são biomas estáveis, com ecossistemas que atingiram um clímax pelo processo de evolução natural (HARE *et al.*, 1992). Nesses ambientes, com regime pluvial irregular de menos de 130 mm por ano, a fauna e a flora estão intrinsicamente adaptadas à baixa umidade (CPRM, 2014). Em locais desertificados, a disponibilidade hídrica é alterada por pressão antrópica.

Os desertos não são apenas locais quentes. O Ártico, a Antártida e a Groenlândia são exemplos de desertos frios devido à alta latitude. E mesmo os desertos quentes chegam a temperaturas baixas à noite pela falta de água, que auxilia na

retenção do calor (CPRM, 2014). Em regiões desertificadas, o clima resultante é sempre quente.

Estima-se que, naturalmente, 20% da superfície continental do planeta sejam áreas desérticas, abrigando cerca de 2% da população mundial (CPRM, 2014), em geral, nômades, como os beduínos e tuaregues, na África; os aborígenes, na Austrália; e os esquimós, no Círculo Polar Ártico. Essas populações tradicionais estão adaptadas às situações inóspitas e sabem lidar com recursos escassos. Por não serem muitos, quando não há alimentos disponíveis, eles migram para outra região do mesmo bioma. Isso não acontece em um local em processo de desertificação, que obriga a migração permanente das populações por condições de sobrevivência.

De maneira geral, as principais causas da desertificação, além de solos suscetíveis, são as ações antrópicas provocadas pela demanda do crescimento populacional, que se expande em áreas urbanas de forma desordenada com crescente destruição da cobertura vegetal, provocando erosões, além do manejo inadequado de recursos florestais e hídricos, o uso de práticas agrícolas e pecuárias inapropriadas. Esses efeitos locais potencializam-se pela mudança climática global que o planeta está sofrendo (DUNCK, 2010). Segundo a autora, o solo, recurso mais atingido pela desertificação, perde seus nutrientes e substâncias coloidais e, dessa forma, torna-se inapropriado para o crescimento de plantas. Sem a vegetação, as chuvas vão ficando cada vez mais raras e o solo não consegue repor sua umidade, ficando árido e estéril.

Consideram-se áreas suscetíveis aquelas com índice de aridez entre 0,05 e 0,65, que é a razão entre a precipitação anual e a evapotranspiração potencial (quantidade máxima de perda de água pela evaporação e transpiração das plantas) (UNCCD, 1994).

A desertificação foi inicialmente percebida nos anos 1930, no meio-oeste norte-americano. Uma forte seca entre os anos de 1929 e 1932, em plena Depressão, aliada aos desmatamentos e exploração do solo, transformaram as Gran-

des Planícies em uma região com violentas tempestades de areia, fenômeno que ficou conhecido por *Dust Bowl* (SILVA, 2019). O autor aponta o francês Louis Lavauden, em 1927, como o primeiro a utilizar o termo *desertificação,* que foi mais tarde popularizado pelo botânico francês André Aubréville, em 1949, quando o conceito foi usado para identificar o surgimento de "verdadeiros desertos" nas ex-colônias europeias no norte da África.

Outra área fortemente impactada por seca prolongada, de 1968 a 1973, e que originou a discussão sobre o assunto em nível internacional, foi a região subsaariana do *Sahel* (África), onde mais de 250 mil pessoas e milhares de animais morreram de fome em países como o Níger, Mali, Senegal e Mauritânia (HARE *et al.*, 1992).

O exemplo mais clássico de desertificação foi a catástrofe ambiental no Mar de Aral, localizado na Ásia Central. Em 1960, o lago de água salgada era o quarto maior do mundo, com área aproximada de 68 mil km². Segundo a ONU, atualmente esse volume é 80% menor, com salinidade 25 vezes maior do que originalmente. A causa da substituição do lago pelo deserto foi o desvio dos rios que desaguavam no mar para a produção agrícola na região, em especial algodão (ONU NEWS, 2018).

Com a seca, o lago se dividiu em duas porções, uma ao norte e outra ao sul. Atualmente, o Mar de Aral do Norte, no Cazaquistão, foi revitalizado e em 2016 já era possível novamente a pesca de peixes de água doce. No Mar de Aral do Sul, no Uzbequistão, não se obteve sucesso na reversão da desertificação. O país continua usando a água de rios que poderiam abastecer o lago para a cultura de algodão. Neste lado da fronteira, são comuns as tempestades de sal poluído com pesticidas proveniente do leito seco, que agrava doenças respiratórias na população do entorno (CHEN; WEIDMAN, 2018).

Percebe-se, portanto, que as consequências do processo de desertificação geram grandes problemas econômicos, sociais e ambientais como, por exemplo, redução da geração de alimentos, alto custo de recuperação da área degradada, perda

de espécies da fauna e flora, êxodo rural, pobreza, desigualdade social, desemprego e violência (DUNCK, 2010).

De acordo com o secretário executivo da UNCCD, Ibrahim Thiaw, os solos fornecem 99,7% dos alimentos que ingerimos. Como em 2018 vinte e cinco países pediram medidas de emergência após uma seca generalizada e, em média, setenta países são afetados por secas todos os anos, a desertificação já está gerando uma perda entre 10% e 17% do Produto Interno Bruto global (ONU NEWS, 2019b).

Dados mais recentes mostram estimativas que cerca de 70% dos solos terrestres já foram transformados pela atividade humana. O secretário-geral da ONU, António Guterres, afirmou que o mundo perde 24 bilhões de toneladas de solo fértil todos os anos (ONU NEWS, 2019c).

Isso sem dizer que a degradação dos solos também tem conexões com a paz e a segurança, porque força as comunidades a competir pelo acesso à terra e à água e, em alguns casos, acabam entrando em conflito (ONU NEWS, 2019b). Algumas previsões alertam que até 2045, cerca de 135 milhões de pessoas poderão ser desalojadas como resultado da desertificação. Esse fenômeno causa mais mortes e desloca mais pessoas do que qualquer outro desastre natural (ONU NEWS, 2019c).

Apesar de a degradação dos solos afetar cerca de 3,2 bilhões de pessoas, já existem projetos desenvolvidos pela ONU que procuram reverter a situação. Na região africana do Sahel, por exemplo, o projeto Grande Corredor Verde está transformando vidas e meios de subsistência. Estão sendo plantadas árvores em uma área de 8 mil quilômetros de extensão por 27 quilômetros de largura, do Senegal ao Djibouti. Esse muro verde, que custará US$ 9 bilhões, é uma esperança para as futuras gerações (GONZALEZ, 2019).

No Brasil, existem Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) nos nove Estados do Nordeste e em algumas regiões de Minas Gerais e do Espírito Santo, correspondendo a 15,72% do território nacional, com efeitos em 18,65% da população bra-

sileira. Todas as ASD estão no bioma caatinga, sujeita a clima semiárido (MMA, 2005).

Historicamente, o Brasil enfrenta problemas causados pelos eventos climáticos nas ASD desde os tempos do Império. Sales (2002) explica que a grande seca de 1877 resultou na morte de milhares de nordestinos e marcaram as primeiras iniciativas oficiais de combate aos efeitos da seca. De forma científica, o estudo da desertificação no Nordeste iniciou em 1970 com o professor Vasconcelos Sobrinho, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (SALES, 2002).

Contudo, além do Nordeste, outras áreas brasileiras, que não têm características suscetíveis, estão ameaçadas de modificação do bioma por ações antrópicas, principalmente por desmatamento. Nessas regiões, entretanto, não é adequado utilizar o termo *desertificação*, pois foge de sua definição clássica. Um estudo alarmante de Oliveira (2008) mostrou, por meio de modelagem computacional, que a Amazônia é um ecossistema sensível ao desflorestamento e que a retirada de 50% da vegetação do bioma ocasionaria um enfraquecimento gradativo do ciclo hidrológico. Esse cenário induziria a uma nova situação de equilíbrio da vegetação na Amazônia, com substituição da floresta tropical por savana (savanização) e com agravamento e aceleração da desertificação no Nordeste Brasileiro. A arenização também já foi relatada no noroeste do Paraná (STIPP, 2006) e nos pampas gaúchos, principalmente na porção sudoeste da região (CANEPPELE, 2017).

Apesar de, cientificamente, o conceito de desertificação não se enquadrar nos exemplos acima, é necessário o monitoramento climático apropriado das áreas, pois toda alteração antrópica desestabiliza os ambientes e pode conduzir a uma situação diferente da observada anteriormente. Além disso, se forem levadas em consideração definições mais amplas do termo, as regiões sujeitas à savanização e arenização poderiam se enquadrar em modalidades de degradação ambiental com efeitos de desertificação.

Para combater as sequelas nas ASD, foi criado, no Brasil, o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação

e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN), sob coordenação da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente. O programa envolve poderes públicos e a sociedade civil para definir diretrizes e ações para combater e prevenir a desertificação no país. As estratégias foram divididas em quatro eixos temáticos para atuação do governo: i) redução da pobreza e da desigualdade; ii) ampliação sustentável da capacidade produtiva; iii) conservação, preservação e manejo sustentável dos recursos naturais; e iv) gestão democrática e fortalecimento institucional (MMA, 2005).

Para implementar efetivamente o PAN e os compromissos assumidos pelo Brasil na UNCCD, foi criada a Comissão Nacional de Combate à Desertificação, em 2008. Dessa forma, o Brasil se esforça para atingir o ODS 15, da ONU, que visa proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

Um aspecto importante a ser observado é que as políticas públicas são elaboradas para atender as ASD, conforme definidas oficialmente. No Brasil, as áreas sujeitas à savanização e arenização não entram no escopo de áreas suscetíveis à desertificação, e, portanto, ficam à margem do PAN.

Como triste inspiração, a literatura incutiu na memória dos brasileiros a cruel realidade da seca em obras como “Os Sertões”, de Euclides da Cunha, “O cão sem plumas” e “Morte e vida Severina”, de João Cabral de Melo Neto, “Vidas Secas”, de Graciliano Ramos, “Grandes Sertão: Veredas”, de Guimarães Rosa, a vasta produção de Ariano Suassuna e do compositor Luiz Gonzaga, para citar alguns. A seca também é amplamente retratada nas manifestações populares, como a literatura de cordel e o repente. É a arte dando voz àqueles que se calam pela fome, pela miséria e pela violência. É a arte registrando a saudade de um passado jubiloso, ou a esperança de dias mais verdes, misturando-se a lamentos de um possível futuro de areia e solidão.

3.12. Dia da Proteção das Florestas (17 de julho)

Ipê branco, Umuarama – PR
Foto: Máriam Trierveiler Pereira

Não existe na legislação brasileira uma lei que institui o dia 17 de julho como o Dia de Proteção das Florestas, porém há um consenso entre os órgãos ambientais federais (Ministério do Meio Ambiente) e estaduais (IAT, no Paraná) na comemoração desta data nacionalmente. Também existe concordância entre os educadores de que o dia 17 de julho é o Dia do Protetor das Florestas, personificado no lendário personagem brasileiro Curupira.

No âmbito internacional, a Assembleia Geral das Nações Unidas proclamou 21 de março como o Dia Mundial das Florestas (UN, 2020). No calendário ambiental escolar, essa data pode ser trabalhada em conjunto com o Dia Mundial da Água (22 de março).

A Organização da Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, na sigla em inglês) definiu floresta como sendo "área medindo mais de 0,5 ha com árvores maiores que 5 metros de altura e cobertura de copa superior a 10%, ou árvores capazes de alcançar estes parâmetros *in situ*" (FAO, 2015b, p. 3). São incluídas nesta definição os corredores verdes com área superior a 0,5 hectare e largura superior a 20 metros, manguezais (FAO, 2007) e áreas com bambus e palmeiras, desde que atendidos os critérios de uso do solo, altura das plantas e cobertura do dossel[24]. De acordo com a FAO, as áreas de uso predominantemente agrícola ou urbano não são florestas.

Os membros da Convenção das Nações Unidas sobre Mudança do Clima redigiram outra definição para o recurso floresta, publicada na Declaração de Marrakesh, um pouco mais abrangente nos parâmetros do que a definição anterior. Entretanto, o conceito mais utilizado, inclusive no Brasil, é a da FAO. A padronização é de extrema importância para dar credibilidade aos relatórios oficiais e às comparações temporais.

Seguindo a definição de floresta da FAO, o Sistema de Classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apresenta as categorias dessa vegetação no Brasil como mostradas no Quadro 3.12.1.

Quadro 3.12.1 - Tipos de vegetação florestal no Brasil

Tipo de vegetação florestal	Formação
Floresta Ombrófila Densa	Floresta Amazônia Mata Atlântica
Floresta Ombrófila Aberta	Transição entre a Floresta Amazônica e as áreas extra-amazônicas

Continua

[24] Cobertura superior da floresta formada pelas copas das árvores.

Continuação

Floresta Ombrófila Mista	Mata das Araucárias
Floresta Estacional Semidecidual	Transição entre a zona úmida costeira e o ambiente semiárido
Floresta Estacional Decidual	Mata Atlântica do Interior, com árvores de folhas caducas
Campinarana florestada e arborizada	Floresta de árvores mais finas na região Amazônica
Savana florestada e arborizada	Cerradão Campo-Cerrado
Savana estépica florestada e arborizada	Caatinga arbórea
Estepe arborizada	Floresta no planalto sul-riograndense
Vegetação arbórea com influência marinha, fluviomarinha, fluvial ou lacustre	Restinga Manguezal Sapal (*Salt marsh*) Palmeiral
Vegetação remanescente em contatos em que pelo menos uma formação seja florestal	Vegetação florestal degradada por ação antrópica com potencial de regeneração
Vegetação secundária em áreas florestais	Vegetação resultante dos processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação original por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer espécies remanescentes da vegetação original [(a)].
Reflorestamento	Restabelecimento da floresta por meio de plantio e / ou semeadura deliberada em terras classificadas como floresta. Exclui regeneração natural da floresta [(b)].

FONTES: SNIF (2019); [(a)] Resolução CONAMA nº 471/2009; [(b)] FAO (2015b), adaptado pela autora.

De acordo com a FAO (2020c), o Brasil é o segundo país com mais área de florestas (12,2% do total mundial), perdendo apenas para a Rússia, com 20,1% do total. Entretanto, se for considerada a biodiversidade florestal, o Brasil figura em primeiro lugar, com 9.223 espécies de árvores. Nesse quesito, a Rússia, os Estados Unidos e o Canadá não estão no *top* 10.

Os benefícios das florestas são incalculáveis. Elas abrigam cerca de 80% da biodiversidade terrestre mundial, podendo ser compostas por mais de 60.000 espécies de árvores (UN, 2020). Conforme Guterres (2020), as florestas cobrem cerca de 30% da superfície terrestre do planeta e podem absorver, por ano, cerca de 2 bilhões de toneladas de dióxido de carbono, protegendo a Terra contra o aquecimento global. Também protegem o solo contra a erosão e os rios contra o assoreamento, evitando a desertificação.

Atualmente, cerca de 1,6 bilhão de pessoas, incluindo mais de 2 mil culturas indígenas e outros povos e comunidades tradicionais[25] que dependem diretamente das florestas para obter alimentos, medicamentos, abrigo, energia e renda (UN, 2020). Mas além dos serviços ecossistêmicos mais visíveis e óbvios, as florestas desempenham funções silenciosas e invisíveis. Elas são, por exemplo, as maternidades dos córregos, que mais para frente se transformam em rios caudalosos que abastecem ecossistemas naturais e artificiais (áreas urbanas e rurais). E para conferir de perto esses serviços, os seres humanos têm se sentido mais atraídos pela floresta. O ecoturismo está crescendo três vezes mais rápido do que o turismo como um todo e o termo arborismo já se tornou popular (FAO, 2018b).

Contudo, viver perto de florestas, principalmente quando estão sujeitas a secas e a incêndios, pode não ser seguro. Em 2018, o pequeno povoamento de Paradise, na Califórnia, EUA, foi totalmente queimado por um incêndio florestal que durou 17 dias, queimou mais de 600 km² (o equivalente à cidade de Florianópolis) e matou 85 pessoas (HAGERTY, 2019). Em 2020, o fogo atingiu áreas florestais em quatros Estados americanos, com, pelo menos, doze mortes, 3,6 mil casas destruídas e 64 mil pessoas desalojadas (G1, 2020).

Em 2019, foram rastreados mais de cem incêndios florestais intensos e duradouros no Círculo Polar Ártico. No Alasca e na Sibéria alguns incêndios chegaram a cobrir áreas equivalentes a quase 100 mil campos de futebol (ONU NEWS, 2019d). Nesse mesmo ano, a Austrália foi atingida por incêndios florestais na porção sul e leste do país que incineraram cerca de 180 mil km² (aproximadamente o tamanho do Uruguai) e mataram 29 pessoas. Estima-se que um bilhão de animais, sem contar

[25] "Grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição" (Art. 3º, inciso I do Decreto nº 6.040/2007).

sapos e insetos, tenham morrido, entre os quais cangurus e coalas (PIVETTA, 2020).

Segundo especialistas, as regiões atingidas naturalmente pelo fogo (região oeste dos EUA, Círculo Polar Ártico e Austrália) têm características ecológicas semelhantes no verão: vegetação seca, altas temperaturas e ventos fortes. Esses fatores dificultam o controle dos incêndios florestais, que têm acontecido mais frequentemente pelo desequilíbrio provocado pelo aquecimento global. Infelizmente, essa situação ocasiona uma retroalimentação positiva no aquecimento global, como um efeito "bola-de-neve": os efeitos do aquecimento global provocam incêndios florestais com mais frequência, que liberam grandes quantidades de gases de efeito estufa para a atmosfera, que potencializam o aquecimento global.

Não há, todavia, semelhança desses incêndios naturais com os incêndios que acometem a Amazônia, onde há uma floresta ombrófila densa e clima quente e úmido. Principalmente na porção sul da Amazônia, observa-se o aumento do número de incêndios, sobretudo porque é um lugar suficientemente úmido para produzir grandes quantidades de vegetação, mas também seco o suficiente para permitir a ocorrência de incêndios. E conforme o clima muda, a área pode se tornar ainda mais suscetível a queimadas (TASKER; ARIMA, 2016).

E não é somente a Amazônia que sofre com o fogo. Estudos recentes mostram que há três padrões de queimadas no Brasil: um primário, entre julho e setembro, que coincide com o período seco da região central do Brasil; um secundário, de outubro a dezembro, que afeta as regiões nordeste, norte do Pará, Alagoas e Roraima, e, por último, o de janeiro a abril, para todo o estado de Roraima. Historicamente, o mês com maior número de focos de incêndios foi setembro, 23% maior do que a média mensal de 2003 a 2018 (MARTINS *et al.*, 2020). O estudo também revela que de 2003 a 2018 houve uma tendência de diminuição das queimadas no Brasil, contudo, não foi o que o país presenciou em 2020, pois desde a seca de 2010 não eram registrados tantos focos de incêndio na Amazônia, Cerrado e Pantanal (UOL, 2020b).

Com relação a esse assunto, é incrível o discurso adotado pelo governo brasileiro que acredita que o fogo acontece devido à criação de reservas ambientais no Pantanal com consequente redução da pecuária na região (SHALDERS, 2020). Segundo especialistas, essa afirmação é uma falácia, pois dados indicam que, de 1999 a 2019, a cobertura nativa do Pantanal reduziu 7%, a área de pastagem cresceu 64% sobre as áreas naturais e o rebanho de bovinos no Pantanal subiu 38%.

No Brasil, os casos de incêndios estão associados à prática do desflorestamento, entretanto isso não ocorre em todos os casos. A região amazônica também é afetada por secas, principalmente pelas mudanças climáticas. Aragão *et al.* (2018) mostraram que de 2003 a 2015 houve um declínio de 76% nas taxas de desmatamento e que a incidência de incêndios aumentou 36% durante o ano de 2015 em comparação com os 12 anos anteriores. Acontece que em 2015, os incêndios florestais foram mais intensos na estação chuvosa (SILVA JUNIOR *et al.*, 2019), isso sugere que o uso do fogo é feito de forma indiscriminada e criminosa.

Segundo a FAO (2015b, p. 5), o desmatamento, ou mais adequadamente desflorestamento, "é a conversão da floresta para outro uso da terra ou a redução permanente da cobertura das copas das árvores abaixo do limite mínimo de 10 por cento". Neste caso, o desflorestamento implica a perda permanente ou de longo prazo da cobertura florestal e na transformação de uso da terra.

Mundialmente, o desmatamento continua em uma taxa alarmante: 13 milhões de hectares de floresta são destruídos anualmente (UN, 2020), o equivalente à área da Inglaterra. Assim como os incêndios, o desmatamento é uma das principais causas das mudanças climáticas, sendo responsável por quase 20% de todas as emissões de gases de efeito estufa (GEE), mais do que todo o setor de transporte do mundo, segundo a FAO (2018). De acordo com dados do INPE, só no primeiro semestre de 2020, foram desflorestados mais de 3 mil km² da Amazônia (AGÊNCIA SENADO, 2020).

Além do problema global, a Amazônia tem influência direta sobre o clima da região e do país. Os estudos de Silva *et al.* (2020) corroboram com todos os demais que afirmam que o desflorestamento causará variações de temperatura e precipitação até 2030.

Em um vídeo muito didático, Nobre (2017) explica a importância da floresta Amazônica para o quadrilátero produtivo Cuiabá - São Paulo - Buenos Aires - Andes, onde está concentrado 70% do PIB da América Latina. Em latitudes médias (30° N ou S), devido à circulação das massas globais de ar, existem naturalmente os desertos de Kalahari (África do Sul), Atacama (Chile), Outback (Austrália), Saara (norte da África) e Sonora (norte do México). Entretanto, no centro-sul da América do Sul, no quadrilátero produtivo, geograficamente na latitude 30°S, não há um deserto, ao contrário, há uma região com regime hidrológico intenso. Isso só é possível porque a floresta Amazônica alimenta os *rios voadores* com 20 bilhões de toneladas de água por dia na atmosfera, mais do que evapora do rio Amazonas.

O termo *rios voadores* ficou muito conhecido pela imagem mental que constroem em nossos cérebros, com a quebra de, pelo menos, dois paradigmas: i) a atmosfera e seus processos participam muito mais efetivamente da regulação do clima do que imaginávamos; e ii) a vida de todos os habitantes do quadrilátero produtivo estão estreitamente relacionadas com a floresta Amazônica. O pesquisador também revela que a perda da Mata Atlântica não foi tão percebida na região Sul do país porque tínhamos a floresta Amazônica, o que nos leva a concluir que a perda desse bioma potencializará os efeitos do aquecimento global. Sabemos que a destruição é muito mais rápida do que a regeneração.

Para o enfrentamento perante as ações criminosas de desflorestamento e queimadas e para preservação das florestas são necessárias leis que preservem os direitos difusos e coletivos. Assim, é protegida a biodiversidade, os povos e as comunidades tradicionais, como indígenas, quilombolas, ribei-

rinhos, seringueiros, castanheiros, faxinalenses, caiçaras, pantaneiros, entre outros.

No período colonial, foram definidas severas penalidades para aqueles que desrespeitassem as regras de utilização do solo e das florestas existentes no país, com nítido interesse econômico português. O Regimento do Pau-Brasil, de 1605, foi a primeira lei florestal do país (SIQUEIRA, 2011).

Em 1934, o Decreto nº 23.793 instituiu o primeiro Código Florestal Brasileiro. Nesse documento, foi definida a obrigatoriedade de uma espécie de "reserva florestal" nas propriedades, que poderia ser substituída pelo plantio de florestas homogêneas para futura utilização. Mais tarde, a Lei Federal nº 4.771, de 1965, instituiu as Áreas de Preservação Permanente (APP) e áreas de Reserva Florestal (RF). Em 1986, a Lei Federal nº 7.511 alterou a definição de reserva florestal, proibindo o desmatamento de florestas nativas. Também aumentou as APPs de 5 para 20 metros nas margens de cursos d'água até 200 metros de largura, e para rios maiores de 200 metros, a mata ciliar passou a ser equivalente à largura do rio. Posteriormente, a Lei Federal nº 7.803, de 1989, criou a obrigação de averbar a reserva legal na matrícula do imóvel, definindo o valor de 20% de reserva legal para áreas de cerrado. Essa lei também incluiu nas APPs as áreas ao redor de nascentes, bordas de tabuleiros ou chapadas e regiões com altitudes acima de 1,8 mil metros. Como restrição ainda maior do que o código florestal, a Medida Provisória 2.166-67, de 2001, definiu que o tamanho mínimo da reserva dependeria do tipo de vegetação existente e da localização da propriedade. Assim, no bioma Amazônia, o mínimo de reserva passou a ser de 80%; no cerrado amazônico, 35%; e para as demais regiões e biomas, 20%. Hoje está em vigor a Lei nº 12.651, de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. As APPs dependem da largura do curso d'água, além de terem sido incluídas outras áreas frágeis.

Apesar de importantes, todos esses dispositivos legais sofrem severas críticas por parte de pesquisadores e cientistas

pelas regras reducionistas e padronizadas a todas as bacias hidrográficas. Lima (2008) mostra que a proteção dos corpos d'água pela flora depende tanto das espécies vegetais como das características físicas das bacias hidrográficas.

A Lei nº 9.605/98, também conhecida como Lei dos Crimes Ambientais, estabelece como crimes várias práticas contra a flora como, por exemplo, destruir ou danificar floresta considerada de preservação permanente e Unidades de Conservação, mesmo que em formação (Art. 38 e Art. 40); cortar árvores em floresta considerada de preservação permanente, sem permissão da autoridade competente (Art. 39); provocar incêndio em mata ou floresta (Art. 41); fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formações vegetais, em áreas urbanas ou qualquer tipo de assentamento humano (Art. 42); cortar ou transformar em carvão madeira de lei, (Art. 45); impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formações vegetais (Art. 48); destruir ou danificar vegetação fixadora de dunas ou protetora de mangues (Art. 50); comercializar motosserra ou utilizá-la em florestas, sem licença ou registro da autoridade competente (Art. 51).

Atualmente, há atuação de diferentes órgãos e autarquias que dividem responsabilidades. O Serviço Florestal Brasileiro (SFB) é responsável por atividades como concessão e manejo sustentável nos biomas. A Polícia Verde, o IBAMA e o ICMBio, órgãos setoriais estaduais, são responsáveis pela fiscalização. O Ministério do Meio Ambiente também atua na agenda de florestas por meio de programas e projetos, com destaque aos Planos de Controle e Prevenção do Desmatamento da Amazônia e Cerrado (PPCDAm e PPCerrado) e da Estratégia Nacional para Redução de Emissões Provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal (ENREDD+), estabelecida pela Portaria nº 370, de 2 de dezembro de 2015 (MMA, 2016a).

A ENREDD+ surgiu de uma política internacional definida na 19ª Conferência das Partes (COP-19), da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), em

Varsóvia, Polônia, em 2013 (MMA, 2016b). Esse pacto internacional ficou conhecido como Marco de Varsóvia para REDD+, cujo acrônimo possui dois conceitos: 1) estabelecimento de ações voltadas à redução de emissões provenientes de desmatamento e degradação florestal, à conservação dos estoques de carbono florestal, ao manejo sustentável de florestas e ao aumento dos estoques de carbono florestal (Quadro 3.12.2); 2) uma arquitetura internacional para prover incentivos financeiros a países em desenvolvimento que estejam implementando políticas de REDD+ (KLINK; OLIVEIRA, 2014).

Quadro 3.12.2 – Conceito 1 para o significado do acrônimo REDD+

R	Redução de
E	Emissões provenientes de
D	Desflorestamento e
D	Degradação florestal
+	Conservação dos estoques de carbono florestal Manejo sustentável de florestas Aumento dos estoques de carbono florestal

FONTE: MMA, 2016a.

Portanto, por meio desse instrumento de pagamento por serviços ambientais (PSA), países em desenvolvimento que tiverem resultados positivos de REDD+ poderão receber recursos de países desenvolvidos. Os pagamentos são realizados pelo desempenho de ações que comprovam a diminuição ou reversão do desmatamento e degradação florestal e que deixam de emitir gases de efeito estufa na atmosfera. Esses gases são medidos em toneladas de carbono equivalente (tCO_2eq). Não há, entretanto, uma regra geral para a aplicação desses recursos e cada país ou contrato firmado deve definir como o benefício será distribuído (MMA, 2016b). Internacionalmente, o REDD+ é uma política que auxilia a conquista do ODS 15: proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda.

No Brasil, por exemplo, o Acre tem um projeto pioneiro de REDD+ e já recebeu 55 milhões de euros desde 2012 pela redução de 13,772 milhões de tCO_2eq (IMC, 2020). Entretanto, os níveis de referência de emissões florestais do Brasil foram estipulados com dados do primeiro D, o desflorestamento, apenas. Ainda não foram inseridos dados sobre a degradação florestal na Amazônia, representada principalmente pelas queimadas. De acordo com o MMA, "a série temporal de dados é muito curta e ainda limitada para prover um entendimento acurado dos processos e da dinâmica de degradação nesse bioma" (KLINK; OLIVEIRA, 2015, p. 2). Esse fato é preocupante, especialmente porque, como já mencionado, as taxas oficiais de desflorestamento têm diminuído enquanto as taxas de queimadas têm aumentado (Aragão *et al.*, 2018). Outro ponto de discussão é o possível mascaramento dos dados, já que foi registrado no Acre aumento de 400% no desmatamento entre julho de 2018 e julho de 2019 (G1 AC, 2019).

Se nosso nível de entendimento sobre as florestas fosse parecido com o dos indígenas ou da ecóloga canadense Suzanne Simard, não precisaríamos receber dinheiro para conservá-las. Simard (2016) nos revelou o maravilhoso e secreto mundo subterrâneo das florestas e como as árvores conversam entre si. Seus estudos comprovaram a hipótese de que uma floresta não é um agrupamento de árvores competitivas, mas sim, um sistema complexo e um ambiente altamente colaborativo, com núcleos e redes fúngicas que se sobrepõem e conectam as árvores. Isso compõe uma extensa rede de comunicação subterrânea, facilitando a adaptação de todas as plantas. Em uma floresta há árvores-mães que doam carbono para as árvores novas, da mesma forma que, quando atacadas, enviam sinais bioquímicos sobre as pragas para que as outras se protejam. Quando as árvores-mães morrem, todo seu estoque possível de nutrientes é enviado pela rede subterrânea de fungos para outras árvores. Tudo isso aumenta a resiliência de toda a comunidade (SIMARD, 2016). Talvez essa tenha sido a inspiração para o também canadense James Cameron escrever o roteiro

do filme *Avatar*, de 2009. Na ficção, todos os habitantes de Pandora, um planeta ameaçado pelos humanos, estão interconectados com uma árvore-mãe.

Em sua palestra sobre a comunicação das árvores, Simard diz que apenas o manejo sustentável das florestas é suficiente para manter a saúde do planeta, mas ela é muito enfática em sua finalização: "todos precisamos ir à floresta" (SIMARD, 2016). Talvez tenha sido uma referência direta a Thoureau, quando em 1854, escreveu algo mais ou menos assim: "Fui à floresta porque [...] eu queria viver profundamente e sugar a essência da vida, viver de forma tão vigorosa e espartana a ponto de eliminar tudo o que não era vida [...], e não, ao morrer, descobrir que não vivi" (THOREAU, 1995).

Thoureau viveu sozinho por dois anos, dois meses e dois dias em uma casa construída por ele mesmo nas margens do lago Walden, Massachusetts, EUA, no Parque Estadual Walden Pond. Seus relatos, que são considerados uma experiência social, espiritual e um manual para a autossuficiência, foram inspiração para um jogo digital em 2016 (WALDEN GAME, 2020).

3.13. Dia Nacional do Combate à Poluição Industrial (14 de agosto)

Trilha no Parque das Cachoeiras, Bonito – MS
Foto: Mariléa Trierveiler Pereira

O Dia do Combate à Poluição Industrial foi instituído porque no dia 14 de agosto de 1975 foi assinado o Decreto-Lei n° 1.413, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Esse primeiro instrumento regulatório voltado para a poluição foi necessário pelo agravamento da má qualidade do ar nas áreas industriais do Estado de São Paulo (RIBEIRO, 2015). Como a sociedade ainda passava por um processo de entendimento

holístico sobre o meio ambiente, esse dispositivo foi elaborado de forma bem simplista.

A publicação do Decreto-Lei foi uma consequência do II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), aprovado em 1974, por meio da Lei nº 6.151. No II PND (1974), na Parte II (Grandes Temas de Hoje e de Amanhã), o Capítulo IX tratou, de maneira elementar, sobre desenvolvimento urbano, controle da poluição e preservação do meio ambiente. Mas, foi a partir do II PND que o Brasil iniciou uma abordagem de desenvolvimento sustentável.

Continuando pela linha do tempo, em 1980, a Lei nº 6.803 dispôs sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, tratadas pelo Art. 4º do Decreto-Lei nº 1.413/1975. Dessa maneira, o ordenamento territorial urbano passou a ser definido de acordo com a possibilidade de poluição industrial. Entretanto, até essa época, as leis sobre o assunto eram simplificadas e havia pouca efetividade por não apresentarem instrumentos para sua aplicação. Foi a partir da publicação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), em 1981, que a legislação se tornou mais robusta, sistematizada, integrada e complexa.

Antes de definir poluição, a PNMA conceitua *degradação* como sendo "a alteração adversa das características do meio ambiente". Em seguida, diz que *poluição* é "**a degradação da qualidade ambiental** resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos" (grifos meus).

O estudo detalhado da definição legal chegou à conclusão de que esses conceitos foram definidos de forma muito ampla. A *degradação* é uma medida qualitativa (lançamento de matéria ou energia no meio ambiente, supressão de vegetação, introdução de espécime animal, entre

outros), podendo ter causas diretas ou indiretas, naturais ou antrópicas, com consequências necessariamente negativas para qualquer componente do meio ambiente (físico, biótico ou socioeconômico-cultural) (CERRI NETO, 2008).

A *poluição*, por sua vez, pela definição legal, é um conceito objetivo, baseado em padrões ambientais de referência estabelecidos por lei e causada exclusivamente por ações ou atividades antrópicas (CERRI NETO, 2008).

Em análise, portanto, percebe-se que a lei restringe a poluição como uma espécie de degradação ambiental. Por esse pensamento, toda poluição leva a uma degradação ambiental, mas nem toda degradação ambiental provém de uma poluição.

Sabe-se, contudo, que não há consenso entre as definições legais e técnicas, e mesmo dentro destas há controvérsias. Após consultar várias referências, a formulação que me parece mais adequada para conceituar *degradação* é a ação antrópica que danifica o meio ambiente, semelhante à definição de Sánchez (2013).

A ideia contida nesta interpretação aponta como causas da degradação ambiental apenas as atividades humanas, pois entende-se que os processos naturais causam **modificações** no meio e não, degradação (SÁNCHEZ, 2013). Essa definição também reforça o impacto negativo no meio ambiente, em seu sentido mais amplo (físico, biótico e socioeconômico-cultural). Como exemplo clássico pode-se ser citada a submersão das Sete Quedas pelo reservatório de Itaipu, ou a utilização de água subterrânea à exaustão, ou o vandalismo em algum patrimônio cultural material, como um museu. A vegetação soterrada por lava vulcânica em uma erupção não pode ser considerada degradação ambiental, apenas uma transformação do meio. É assim que o planeta evolui, desde sua criação.

Com relação à poluição, a palavra, originária do latim “polluere”, significa profanar, manchar, sujar (SÁNCHEZ, 2013). Também deve ser atribuído a esse conceito a ideia de adversidade ao meio ambiente, porém, como diversos autores admitem a existência de poluentes naturais (CERRI NETO,

2008), chega-se à conclusão de que a poluição pode ter origens naturais **ou** antropogênicas. Dessa forma, parece-me adequado definir *poluição* como qualquer alteração dos padrões ambientais estabelecidos por legislação por introdução de matéria ou energia que, direta ou indiretamente, impactam negativamente no meio ambiente (físico, biótico ou socioeconômico-cultural).

Assim, o ar pode ser poluído por óxidos de enxofre por uma erupção vulcânica da mesma maneira que pela queima antrópica de carvão. Por reação química, esses óxidos podem ser trazidos para a superfície em forma de chuva ácida e essa precipitação poluída pode danificar o material de estátuas, além, é claro, de acidificar ecossistemas aquáticos. Como a poluição está associada a padrões ambientais, águas com pH menor do que 6,0 (ácidas) ou maior do que 9,0 (alcalinas) não podem ser utilizadas para potabilização (CONAMA, 2005).

Outra definição usualmente confundida ou usada como sinônimo de poluição é a contaminação, que não tem conceituação legal, apenas técnica. De acordo com Braga *et al.* (2005), a *contaminação* é a transmissão de substâncias ou microorganismos nocivos à saúde humana. Portanto, a contaminação é uma forma particular de poluição que está relacionada apenas a danos antrópicos. E aqui entra uma questão polêmica. Pelos padrões ambientais definidos por lei, a mesma concentração de pesticidas na água pode indicar que ela não esteja contaminada no Brasil, mas esteja na União Europeia (UE). Por exemplo, o herbicida líder de mercado no mundo, o glifosato, tem como valor máximo permissível na água potável da União Europeia 0,1 µg/L (UE, 2015). As águas que apresentam valor maior do que este limite são consideradas contaminadas, pois o glifosato tem indicativos de ser cancerígeno (CEE-FIOCRUZ, 2019). No Brasil, o Anexo VII da Portaria MS n° 2.914/2011 admite como valor máximo permissível para esse herbicida 500 µg/L na água potável (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011), 5 mil vezes maior do que o limite da UE.

Para melhor compreensão desses entrelaçados termos técnicos, o Quadro 3.13.1 e a Figura 3.13.1 resumem as dife-

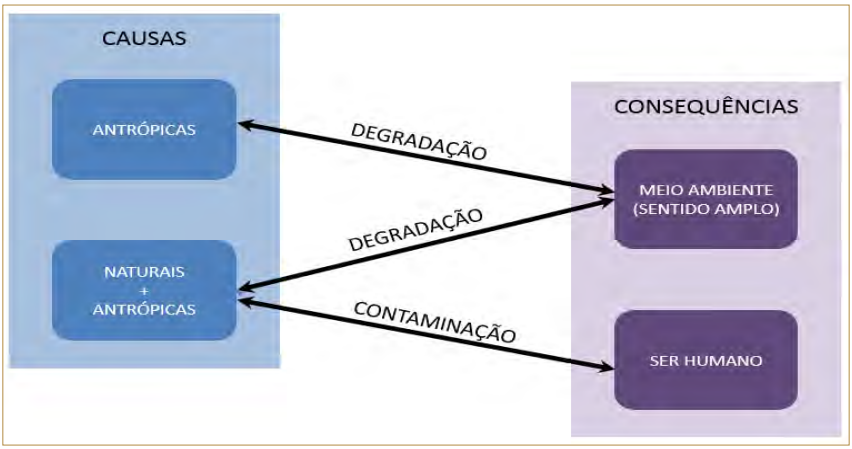
renças de causas e consequências dos conceitos degradação, poluição e contaminação usadas neste livro. Percebe-se, ao analisar o quadro ou a figura, que a degradação é um conceito amplo, que engloba os demais, pois é um termo qualitativo.

Quadro 3.13.1 - Resumo das diferenças de causas e consequências dos conceitos degradação, poluição e contaminação usadas neste livro

Conceito	Causas	Consequências
Degradação	Antrópicas	Meio ambiente (sentido amplo, **qualitativo**)
Poluição	Naturais ou antrópicas	Meio ambiente (sentido amplo, **quantitativo**)
Contaminação	Naturais ou antrópicas	Ser humano

FONTE: a autora.

Figura 3.13.1 - Causas e consequências dos conceitos degradação, poluição e contaminação usadas neste livro



FONTE: a autora.

Ainda vale dizer que todo meio contaminado está poluído, porém nem todo meio poluído estará contaminado. Acrescenta-se também outras duas importantes conclusões acerca das definições. Por um lado, uma água pode estar contaminada (com bactérias, por exemplo), mas isso não implica obrigatoriamente desequilíbrio ecológico (o termo *ecológico* exclui o ser humano, que só se insere quando utilizado o termo *ambiental*).

Por outro lado, uma água pode estar poluída (por aumento de temperatura, por exemplo, o que impacta negativamente nos ecossistemas), porém não significa necessariamente restrição ao uso pelo homem.

As formas de poluição e contaminação podem ser pontuais, como por exemplo uma chaminé industrial ou uma tubulação que chega em um rio; ou difusas, como no caso de agrotóxicos e fertilizantes na lavoura, em que a aplicação é em uma grande área e não apenas em um ponto. As fontes pontuais de poluição são facilmente identificadas e o controle é mais eficiente. No caso da poluição difusa, as medições e o controle são mais difíceis (BRAGA *et al.*, 2005).

Com relação à escala, a poluição pode ser local, regional ou global. Sobre esse assunto, é importante salientar que a poluição e a contaminação não obedecem a limites geográficos, e sim, às leis da física, da química e da biologia. No início do século XIX, foi registrado o primeiro caso jurídico de poluição atmosférica transfronteiriça, que ficou conhecido como o Caso da Fundição Trail (*Trail Smelter Case*), movido pelos Estados Unidos contra o Canadá. A fundição Trail, localizada no Canadá a, aproximadamente, 13 km da fronteira com os EUA, foi acusada de emitir dióxido de enxofre e causar poluição e contaminação em fazendas e povoações no Estado de Washington. A primeira reclamação formal foi feita em 1926 e a sentença final, em 1941, deu ganho de causa para os EUA (UN, 2006).

Pouco mais tarde, em 1952, uma grande catástrofe pairou, literalmente, sobre Londres. Com a queima exagerada de carvão nas indústrias da época, associada a uma massa de ar fria e inversão térmica (em que não há dispersão dos poluentes), os óxidos de nitrogênio e enxofre presentes na neblina intoxicaram milhares e mataram 4 mil pessoas em quatro dias (THE GUARDIAN, 2012). O fato deu origem a um termo usado desde então, *smog*, junção das palavras *smoke* (fumaça) e *fog* (neblina), ou seja, neblida poluída.

Também na segunda metade do século XIX, o mundo assistiu ao horror da contaminação por mercúrio em Mina-

mata, já apresentado no item 3.10. Tanto o *smog* em Londres como a doença de Minamata aconteceram por ignorância aos efeitos da poluição e da contaminação e serviram para o estabelecimento de leis que promoveram a preservação da vida. Entretanto, lamentavelmente, diversos acidentes ambientais ocorreram ao longo dos séculos XIX e XX, ceifando vidas humanas e inviabilizando ecossistemas. Podem ser relembrados o acidente de Bhopal, na Índia (1984), a explosão em Chernobyl, na Ucrânia (1986) e o naufrágio do Exxon Valdez, no Alasca (1989).

No Brasil, o pior desastre já registrado ocorreu em 2019, com o rompimento da barragem de Brumadinho. Outros eventos deixaram rastros de poluição no Brasil, como: o Vale da Morte (Cubatão); diversos vazamentos de petróleo (Baía de Guanabara, Bacia de Campos, rios Barigui e Iguaçu); e rompimentos de barragens de rejeitos em Minas Gerais (Cataguases, Miraí e Mariana). Todos esses acidentes foram causados por falhas de gestão e/ou operação de indústrias.

Mesmo quando não há eventos inesperados, a poluição por longos períodos de exposição pode causar letalidade. Estudos de 2015 apontam que a poluição do ar e da água foram responsáveis pela morte de, aproximadamente, 9 milhões de pessoas em todo mundo, uma a cada seis mortes (SILVER, 2017). Segundo a ONU, as mortes por poluição hídrica chegam a 1,8 milhão de crianças com menos de 5 anos de idade anualmente por diarreia (ANA, 2019b).

Os estudos reafirmam a estreita relação entre poluição, pobreza e injustiça social, pois 92% das mortes ocorreram em países pobres, como Bangladesh e Somália, ou em países com acelerado processo de desenvolvimento e industrialização, como Índia e China (SILVER, 2017).

No Brasil, foram constatadas pouco mais de 100 mil mortes por poluição em 2015, sendo que a poluição atmosférica foi responsável por 56,3% dos óbitos, seguida da poluição do ar em ambientes de trabalho (18,2%), poluição da água (15,1%) e poluição do solo (10,4%) (SILVER, 2017).

De fato, a poluição atmosférica é um grave problema "pandêmico". Estudos mostram que a poluição do ar deve ser considerada como um importante fator de risco para doenças cardíacas e dos vasos sanguíneos, além dos efeitos já conhecidos no trato respiratório (CB, 2020). Segundo os pesquisadores, é possível evitar 5,5 milhões de mortes em todo o mundo por ano, principalmente as mortes precoces de crianças menores de 5 anos. Os óbitos sugerem que possa estar ocorrendo um encurtamento médio da expectativa de vida de quase três anos da população mundial.

Evidentemente, a grande maioria da poluição e contaminação atmosférica é proveniente de indústrias e veículos. Por esse motivo, observou-se que a quarentena contra a Covid-19 reduziu a emissão de poluentes em boa parte do mundo. Pesquisas revelaram uma redução de 11 mil mortes na Europa e cerca de 50 mil na China por diminuição de emissões de materiais particulados e óxidos de nitrogênio (FERREIRA, 2020). Com relação a esse último poluente, o estudo mostrou queda de 30% em sua concentração no ar do estado do Rio de Janeiro.

Mas, se por um lado, a pandemia reduziu a poluição do ar, por outro lado as queimadas no Pantanal em 2020 provocaram um fenômeno inusitado, a "chuva escura" em São Paulo (capital), e São Francisco de Assis, interior do Rio Grande do Sul (BOM DIA SP, 2020; ELY, 2020). Pesquisadoras da Universidade Municipal de São Caetano do Sul e da Universidade de São Paulo analisaram a água da chuva da capital paulista e registraram turbidez sete vezes maior que o normal, concentração dez vezes maior de sulfetos e presença de reteno, um hidrocarboneto proveniente de queimadas (BOM DIA SP, 2020).

Além dos poluentes químicos, também deve-se registrar que no ambiente industrial há um tipo de poluição invisível: a sonora. Produzida por energia em forma de ruído, a poluição sonora pode passar despercebida, mas pode levar a efeitos cardiovasculares e metabólicos, deficiência auditiva, comprometimento cognitivo e efeitos no sono com comprometimento da qualidade de vida, saúde mental e bem-estar (OMS, 2018).

Segundo a Norma Regulamentadora NR-15, o nível máximo de exposição ao ruído para uma jornada de trabalho de 8 horas é de 85 dB. Acima desse valor, medidas de proteção devem ser adotadas (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1978).

Em outros ambientes a poluição sonora também deve ser controlada e minimizada. O Quadro 3.13.2 reúne os valores máximos permitidos de som e compara os padrões para a União Europeia (OMS, 2018) e para o Brasil (ABNT, 2020) em ambientes urbanizados.

Quadro 3.13.2 - Comparação de níveis de som máximo em ambientes urbanizados para a União Europeia (OMS, 2018) e para o Brasil (ABNT, 2020)

Tipo de som ou área	Período diurno (dB)	Período noturno (dB)	Referência
Som rodoviário	53	45	OMS (2018)
Som ferroviário	54	44	
Som de aeronaves	45	40	
Som de turbina eólica	45 (recomendável)	-	
Som de lazer (em especial fones de ouvido)	70 (recomendável)	-	
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45	ABNT (2020)
Área mista predominantemente residencial	55	50	
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55	
Áreas predominantemente industriais	70	60	

FONTES: ABNT (2020) e OMS (2018), adaptado pela autora.

NOTA: O termo *som* remete à pressão sonora aceitável. O termo *ruído* é um som indesejável.

Ao observar o Quadro 3.13.2, percebe-se que há significativas diferenças entre os padrões regulatórios no âmbito nacional e internacional. Enquanto a OMS (2018) preconiza valores individualizados de acordo com as fontes sonoras, a ABNT (2020) define limites para regiões urbanizadas. Ao comparar o máximo permitido para o som ferroviário, por exemplo, verifica-se que em áreas estritamente residenciais, com escolas ou hospitais, o planejamento urbano não deveria permitir esse

tipo transporte. Além do som do trem, há também o incômodo da buzina nos cruzamentos em nível, cujo padrão, por lei é: duas buzinas longas de três segundos cada, uma curta de um segundo e, por último, uma longa de três segundos (CRUZ, 2019). Porém, essa situação ocorre em diversas cidades brasileiras, inclusive em algumas consideradas referências, como Curitiba, que enfrenta ações na justiça há anos (CRISTO, 2013).

Para a proteção coletiva contra a poluição, foi promulgada a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em 1972, que progrediu para a Declaração do Rio de Janeiro, estabelecida na Rio-92. Nesse documento, ainda vigente, foram estabelecidos princípios de direito internacional que devem servir de bases para a elaboração de leis ambientais nos países. São três os principais princípios adotados que expõem a poluição e suas consequências. O Princípio 13 trata da responsabilidade e indenização das vítimas de poluição e outros danos ambientais dentro ou fora dos países onde a poluição foi gerada (EDITOR, 1992). Esse preceito faz alusão ao caso da Fundição *Trail*, entre Canadá e Estados Unidos como caso de poluição transfronteiriça.

O segundo importante princípio é o da precaução (Princípio 15), que deve ser evocado diante da incerteza científica sobre um prejuízo ou degradação ambiental. É melhor admitir ignorância do que ser repreendido pela autoconsciência por mortes inocentes.

O terceiro Princípio, o 16, traz um conceito interessante, o do poluidor-pagador. Como já discutido na seção sobre biodiversidade, essa ideia, de caráter punitivo, até fez sentido em um primeiro momento, para que a consciência ecológica preservacionista fosse desenvolvida. Por sua concepção, foi atribuído valor econômico para os danos ambientais e seus responsáveis eram obrigados a reparar ou indenizar financeiramente a poluição.

Antes mesmo de 1992, esse princípio já figurava na legislação brasileira como objetivo da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que diz em seu artigo 4º, inciso VII, sobre

a "imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos" (BRASIL, 1981, p. 3). A própria Constituição Federal de 1988, com base na PNMA, traz em seu artigo 225, a mesma imposição, além da obrigatoriedade de recuperação do meio ambiente degradado por agentes exploradores de recursos minerais (BRASIL, 1988).

A PNMA ainda traz em seu Anexo VIII, uma relação de atividades potencialmente poluidoras, dado seu potencial de poluição (PP) e o grau de utilização (GU) de recursos naturais. A normativa classifica como alto PP/GU as seguintes atividades: de extração e tratamento de minerais, as indústrias metalúrgica, de papel e celulose, de couros e peles e algumas indústrias químicas, o transporte de cargas perigosas, as marinas, os portos, os aeroportos, os terminais de minério, de petróleo e de produtos químicos, os depósitos de produtos químicos e produtos perigosos, e o comércio de combustíveis, de petróleo, de produtos químicos e de produtos perigosos. Como curiosidade, a lei trata a indústria de borracha e de produtos de plástico, as usinas de produção de concreto e asfalto e os complexos turísticos e de lazer como atividades de pequeno PP/GU.

Como desdobramento desses dispositivos legais, a Lei dos Crimes Ambientais aborda as sanções para a poluição na Seção III, do artigo 54 ao 61, e seu respectivo Decreto nº 6.514/2008 trata sobre as infrações relativas à poluição na Subseção III, do artigo 61 ao 71-A. As multas, dependendo da magnitude da poluição variam de R$ 5 mil a R$ 50 milhões, podendo ser maiores de acordo com os agravantes do crime ambiental.

Além da legislação, existem instrumentos de adesão voluntária, como as normas de sistemas de gestão. Cada vez mais adotado por empresas de grande porte, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), composto por diversas normas da série ISO 14.000, garante menores impactos lesivos ao meio ambiente por redução no uso de recursos naturais e menor geração de resíduos, efluentes e emissões.

Para a comparação dos impactos gerados por produtos, a Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia eficiente do SGA, em que há um exame criterioso de todo o produto, desde a extração das matérias-primas até a disposição final dos rejeitos. A ACV é como uma oração: para agradecermos um alimento posto à mesa, temos gratidão e pedimos bençãos a todos os anônimos que participaram no processo de produção, desde o agricultor ou pecuarista, os caminhoneiros, os empregados das fábricas de processamento, os vendedores, os caixas de supermercados, os cozinheiros e até os garis, que atuarão dali para frente.

Atualmente, após grande salto no avanço de pesquisas e tecnologias ambientais e mudança de paradigmas, deve ser decrescente a utilização de políticas punitivas e deve haver substituição destas por políticas compensatórias voluntárias pelo moderno princípio do protetor-recebedor. Embora ainda tenham sido movimentados 45 bilhões de dólares em 2019 por créditos de carbono, o mercado está declinando devido à postura industrial a favor da economia verde (BANCO MUNDIAL, 2020).

No Brasil, a discussão de uma política nacional por serviços ambientais iniciou em 2007 e parece que já se encontra em fase final de aprovação. Em 2019, o projeto de lei que instituirá a Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais (PNPSA) foi aprovado pela Câmara dos Deputados e deverá ser analisado pelo Senado. De forma isolada, alguns Estados já legislaram sobre a matéria.

Esses mecanismos nos mostram o valor da natureza *versus* o valor de uma nota de papel. Infelizmente, ainda precisamos de uma punição ou recompensa financeira para nos impulsionar a atitudes éticas, como por exemplo, não poluir. E nossa espécie conseguiu uma façanha impensável: a de jogar literalmente o lixo para fora. A imagem mental de poluição ao redor da Terra, antes reservada apenas para filmes de ficção científica, hoje é real.

De acordo com a NASA, existem milhões de pedaços de detritos espaciais na órbita terrestre baixa, a menos de 2

mil km de altitude, sendo mais de 23.000 maiores que 10 cm. Em 1° de janeiro de 2020, a quantidade de material orbitando a Terra ultrapassou 8.000 toneladas. A maioria dos detritos orbitais são de peças de espaçonaves, partes de foguetes e satélites inoperantes. O perigo de colisão desses resíduos com satélites operantes e a Estação Espacial Internacional é agravado pela velocidade com que orbitam, de 25.000 a 28.800 km/h (ODPO/NASA, 2019).

Isso me faz lembrar da animação Wall-E, do criativo diretor e roteirista Andrew Stanton, de 2008, que mostra uma distopia em que os seres humanos foram obrigados a partir do planeta, deixando-o totalmente coberto por resíduos. Com a missão de compactar o lixo para que os humanos pudessem um dia retornar, vários robôs foram deixados na Terra e Wall-E foi o último que restou. Na vida real, dados de 2016 apontavam geração de mais de 2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos por ano em todo o mundo, com geração per capita variando de 0,11 a 4,54 kg/pessoa (THE WORLD BANK, 2020). Só a produção de plástico atingiu 359 milhões de toneladas em 2018, sendo que a produção cumulativa desse material, desde 1900, já ultrapassou 8 bilhões de toneladas em todo o mundo, com crescente aumento (TISEO, 2020).

Estamos caminhando para um destino semelhante ao do desenho de Stanton? Teremos como deixar o planeta? E se deixarmos, nossa consciência nos absolverá por termos destruído, em tão pouco tempo, nossa mãe-Gaia e nossos queridos irmãos?

AMBIENTE-SE

VAMOS FAZER PARTE DESSA REVOLUÇÃO? [26]

Imagine um mundo como nos trágicos filmes de ficção científica: o planeta com temperaturas elevadas, a rápida proliferação de insetos, o derretimento das calotas polares, o aumento do nível dos oceanos, a inundação de cidades costeiras, a destruição de florestas, a encobrimento do céu por fumaça e poeira, a contaminação de rios e lagos, a falta de água para beber, o aumento de doenças, o desaparecimento de animais e plantas, morte...

Agora imagine um mundo como nos contos de fadas: o planeta azul, as águas em fontes cristalinas, o ar puro, a luz do Sol radiante, os animais livres, as plantas verdejantes, as cidades em harmonia...

Qual desses dois mundos vamos deixar de herança para nossos filhos e netos?

A resposta para essa pergunta está em nossas ações cotidianas. Estamos prontos para mudar, para revolucionar?

A Revolução Industrial aconteceu no século XVIII, quando surgiram as primeiras fábricas movidas a carvão e a produção começou a ser em série em vez de artesanal. A Revolução Industrial acarretou em uma série de benefícios à população, pois aumentou o número de empregos e a renda familiar, e diminuiu o tempo gasto para a fabricação dos produtos. Hoje em dia, não conseguimos imaginar o mundo sem a indústria.

Nas décadas de 1960, 1970 e 1980, conheceu-se a chamada **Revolução Tecnológica**. Com a Guerra Fria e a corrida espacial, desenvolveram-se métodos e modelos matemáticos capazes de facilitar os cálculos necessários para a construção de naves espaciais. Assim, surgiram os primeiros

[26] Texto publicado pela autora no Jornal Tribuna Hoje, Umuarama, em 14 de agosto de 2012; e no Jornal Oeste Notícias, Presidente Prudente, em 10 de agosto de 2002.

computadores, que foram aperfeiçoados até se transformarem em utilitários domésticos. Toda a tecnologia que surgiu nessa época é utilizada atualmente nas indústrias e em todos os outros segmentos da sociedade. Está tão presente no mundo contemporâneo, que as crianças já sabem, desde cedo, como usar um computador. Com toda essa modernização, o estilo de vida atual da população em geral é muito diferente do que era no passado. Existe mais ciência, mais conhecimento acumulado em todas as áreas, existe cura para várias doenças, a expectativa de vida e o conforto são maiores. Porém, o crescimento populacional e a modernização trazem consequências negativas inevitáveis para o meio ambiente. A população urbana, as indústrias e a agricultura poluem os rios, o solo e o ar.

Por esses motivos estamos vivendo a **Revolução Ambiental**, que deve iniciar imediatamente na vida de cada pessoa. A Revolução Ambiental deve acontecer em todos os níveis da sociedade. E o papel de cada um é muito importante nesse contexto, assim como foi muito importante o papel do trabalhador na Revolução Industrial. A consciência ambiental deve tomar conta de nós, deve ser algo instintivo para a preservação da vida no planeta. Já que temos o poder de decisão, devemos escolher, de forma racional, cuidar do ambiente que nos cerca, pois todos fazem parte da natureza. A natureza não precisa de nós, mas nós precisamos dela. Se quisermos deixar um mundo cada vez melhor para nossos descendentes, devemos preservar a nossa Terra. Devemos utilizar a tecnologia a nosso favor, de modo que possamos nos modernizar mais e poluir menos. A maioria das questões ambientais pode ser tratada apenas com bom senso. Nós somos responsáveis pela poluição, mas também somos responsáveis pela solução!

Vamos fazer um pequeno teste: Você fecha a torneira quando está escovando os dentes ou fazendo a barba? Você varre a calçada antes de jogar água? Você desliga a televisão quando não está assistindo? Você joga papéis de bala, de

propaganda, sacos plásticos ou pontas de cigarro no lixo? Você cuida das plantas e dos animais?

Se respondeu *sim* a todas as perguntas, parabéns! Você está fazendo sua parte e está contribuindo para um mundo melhor. Pode se orgulhar disso!

Mas se você respondeu *não* a alguma questão, não se preocupe. Ainda há tempo. Comece hoje a fazer parte dessa revolução.

3.14. Dia Mundial para Preservação da Camada de Ozônio (16 de setembro)

Pedra Furada, Uribici – SC
Foto: Mariléa Trierveiler Pereira

Em 16 de setembro de 1987, 46 países assinaram um documento chamado "Protocolo de Montreal" no qual se comprometeram a parar de fabricar o gás cloro-flúor-carbono, apontado como o maior responsável pela destruição da camada de ozônio. Para comemorar o feito, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou a data como Dia Internacional para a Preservação da Camada de Ozônio.

O ozônio é um gás invisível, com odor característico, altamente oxidante e reativo, formado por três átomos de oxi-

gênio. O ozônio foi formado há 400 milhões de anos a partir de reações fotoquímicas[27], que quebravam as moléculas de oxigênio em dois átomos de oxigênio. A junção do oxigênio molecular (O_2) com um oxigênio atômico (O) deu origem ao ozônio (O_3). Este processo, reversível e dinâmico, ainda acontece, principalmente nas regiões mais quentes, onde é maior a incidência da energia solar (BAIRD; CANN, 2011). A massa total de ozônio na atmosfera em equilíbrio natural é de cerca de 3 bilhões de toneladas métricas, o que não é muito, apenas 0,00006% da atmosfera (NASA OZONE WACHT, 2020a).

Por ser mais leve que o ar, a maior concentração de ozônio está localizada na estratosfera, entre 15 e 35 km de altitude da superfície, formando uma camada em volta de toda a Terra, a chamada camada de ozônio, ou ozonosfera. A quantidade total de ozônio atmosférico é expressa em Unidades de Dobson (UD). Segundo Baird e Cann (2011, p. 39), "essa unidade é equivalente à espessura de 0,01 mm de ozônio puro com a densidade que ele possuiria se estivesse submetido à pressão do nível do mar (1 atm) a 0° C de temperatura". Como a pressão atmosférica é menor na estratosfera, o gás se expande e ocupa grandes volumes.

A altitude da camada de ozônio e a quantidade do gás variam de região para região do planeta, especialmente devido às temperaturas e processos atmosféricos. Nas regiões mais frias, como nos polos, a ozonosfera encontra-se a 18 km de altitude e a quantidade de ozônio é de cerca de 450 UD, ou o equivalente a 4,5 mm se todo o ozônio fosse trazido à superfície a 0°C. Nas regiões mais quentes, a quantidade de ozônio é menor, cerca de 250 UD (o equivalente a uma camada de 2,5 mm no nível do mar), e encontra-se a 25 km de altitude (BAIRD; CANN, 2011). Apesar de parecer relativamente fina, a camada de ozônio tem concentração do gás suficiente para servir como escudo natural para os seres vivos.

O Sol emite radiação em vários comprimentos de onda. A luz visível tem comprimentos de onda de 400 nm (luz vio-

[27] Que acontecem em presença de luz solar.

leta) a 750 nm (luz vermelha). Se a radiação tem comprimento de onda maior do que 750 nanômetros, é conhecida como infravermelho; se o comprimento de onda é menor do que 400 nanômetros, é conhecida como radiação ultravioleta (UV). De 3% a 5% da radiação solar que chega à superfície da Terra é representada pela radiação UV, que ainda é subdividida em UV-A (320 a 400 nm), UV-B (280 a 320 nm) e UV-C (200 a 280 nm) (ROBBINS; COTRAN, 2005).

A radiação UV-A é essencial à saúde humana, pois quando absorvida gera precursores químicos da vitamina D, que fortalece os ossos e previne alguns tipos de câncer. Além disso, sua falta está associada a escorbuto, diabetes, doenças cardiovasculares, esclerose múltipla, distúrbios psiquiátricos e doenças neuro-musculares (PINHEIRO, 2015). A camada de ozônio não impede a passagem desta radiação.

A exposição à radiação UV-B, ao contrário, causa a maior parte de casos de câncer de pele, além de cataratas em pessoas não idosas (ROBBINS; COTRAN, 2005). Grande parte desta radiação é filtrada pelo ozônio, entretanto 5% da radiação UV-B atinge a superfície, principalmente entre às 10 e 16 horas (SVOBODOVA; WALTEROVA; VOLTALOVA, 2006). É devido a estes raios que devemos nos proteger com óculos de sol e com a aplicação de protetores solares (no mínimo, FPS 15) a cada duas horas.

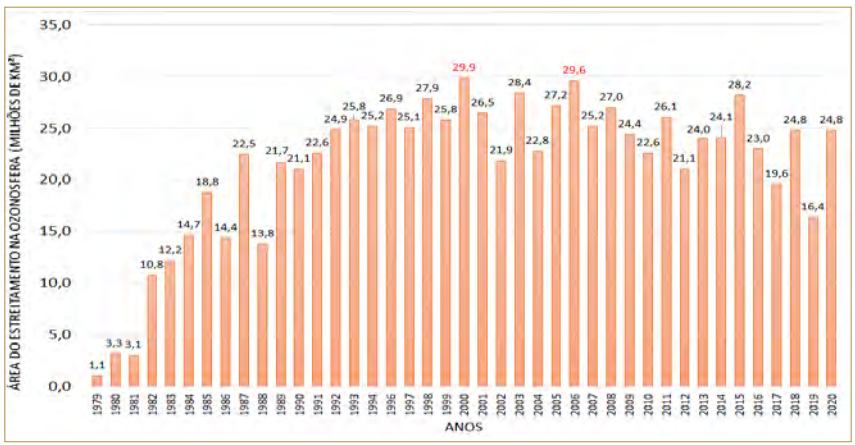
Os efeitos da radiação UV-C sobre os organismos vivos são devastadores. Estes raios atingem as células e destroem o DNA, provocando morte celular. Felizmente, 100% da radiação UV-C é filtrada pelo ozônio e pelo oxigênio, o que impede a esterilização do planeta pelo Sol (ROBBINS; COTRAN, 2005).

Entretanto, estudos realizados desde a década de 1950 comprovaram que a quantidade de ozônio na estratosfera está diminuindo, principalmente na Antártida entre os meses de setembro e novembro, na primavera. A Nasa mantém um registro da depleção da camada de ozônio na Antártica desde 1979. Apesar de não ser muito adequado, a própria Nasa usa o termo “buraco” na camada de ozônio, provavelmente como

forma de chamar a atenção da população em geral para o problema. Para este livro, será utilizado o termo "depleção", pois observa-se que a concentração do ozônio não chega a zero por ser um gás sujeito a processos atmosféricos. Para a Nasa, o "buraco" ocorre quando é observada uma área com ozônio abaixo de 220 UD localizada ao sul de 40°S (NASA OZONE WACHT, 2020b).

A Figura 3.14.1 mostra os valores máximos anuais das áreas de depleção sobre a Antártida, em milhões de km². Pode-se observar que houve um aumento dessa área a partir de 1985, com quedas pontuais em 1986, 1988 e 2019. Os máximos valores de depleção ocorreram em 2000 (29,9 milhões de km²) e 2006 (29,6 milhões de km²), sendo essas exorbitantes áreas correspondentes à soma dos territórios do Canadá, EUA e China.

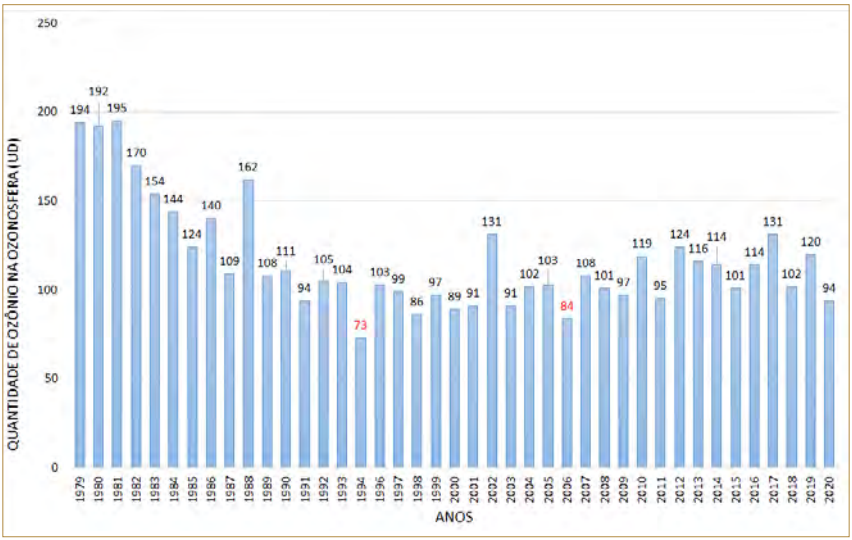
Figura 3.14.1 - Tamanho da área de depleção da ozonosfera na Antártica, em milhões de km²



FONTE: NASA OZONE WACHT (2020c), adaptado pela autora.

Associada à área de depleção, é preciso observar a quantidade de ozônio na camada. A Figura 3.14.2 apresenta os valores mínimos anuais de concentração do ozônio na ozonosfera acima da Antártida, onde pode-se observar que em 1994 e 2006 houve as menores concentrações do gás na camada.

Figura 3.14.2 - Quantidade de ozônio na ozonosfera na Antártica, em UD (unidades Dobson)



FONTE: NASA OZONE WACHT (2020c), adaptado pela autora

A depleção da ozonosfera permite que mais radiação UV-B e UV-C penetre até a superfície da Terra. Estima-se que um decréscimo de 1% no ozônio resulte em um aumento de 2% na intensidade de UV-B que atinge a superfície (BAIRD; CANN, 2011).

O estreitamento da camada de ozônio está relacionado ao aumento de casos de câncer de pele. No Brasil, o Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva estima que entre 2020 e 2022, o câncer de pele não-melanoma será o mais incidente dentre os outros tipos, com cerca de 177 mil casos (INCA, 2019). Segundo o Instituto, 30% de todos os tumores malignos registrados no país são de câncer de pele.

Porém, existe também o câncer de pele melanoma, mais agressivo e com maior risco de metástase, podendo levar à morte. De acordo com o Observatório Global de Câncer, da Organização Mundial da Saúde, os países com mais casos de melanoma são Nova Zelândia, Austrália e Noruega devido à incidência de raios UV-B e população de pele clara. Na lista do Observatório, o Brasil aparece em 54ª posição. Isso não significa necessaria-

mente que o Brasil apresenta menos casos, pode ocorrer subnotificação, como talvez também ocorram em outros países, como Egito, Índia e República Dominicana (GCO, 2012).

É interessante que no hemisfério Norte o fenômeno do estreitamento da ozonosfera não é tão evidente e frequente. Naquela região ocorrem minifuros na camada de ozônio, que não acontecem por destruição, mas por deslocamento horizontal e vertical pela própria dinâmica da atmosfera (NASA OZONE WACHT, 2020d). Também ocorrem eventos de depleção, entretanto, são fenômenos naturais, em especial em invernos mais rigorosos devido a vórtices atmosféricos (BAIRD; CANN, 2011).

A destruição do ozônio está associada, principalmente, às reações químicas com o gás cloro-flúor-carbono (CFC) e aqui entra um capítulo interessante dessa história. No final da década de 1960, o cientista James Lovelock, movido por uma curiosidade durante suas férias na Irlanda, descobriu que os CFCs eram estáveis e persistentes na atmosfera e estavam se acumulando sem meios para sua remoção. Os CFCs eram muito utilizados em refrigeração, condicionamento de ar e espumas de plástico, e como propelente, solvente e esterilizante (LOVELOCK, 1991).

A descoberta de Lovelock inspirou os cientistas Frank Sherwood Rowland e Mario Molina a pesquisarem a decomposição química dos CFCs na estratosfera e como a liberação do cloro estaria associada à degradação do ozônio estratosférico. A publicação desse histórico artigo na *Nature*, em 1974, rendeu-lhes, em 1995, o Prêmio Nobel de Química. Paul Crutzen também dividiu a láurea com Rowland e Molina por ter sido o pioneiro no estudo com ozônio. Em 1970, Crutzen comprovou que substâncias à base de nitrogênio destroem o gás e verificou que bactérias do solo e jatos supersônicos colaboram para a destruição (ROCHA-FILHO, 1995).

Hoje, sabe-se que, na estratosfera, os CFCs (CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114 e CFC-115) são quimicamente decompostos pela radiação UV, produzindo átomos de cloro livre, que chegam a destruir cerca de 100 mil moléculas de ozônio. Outros gases que destroem a camada de ozônio são

HCFC-22 (proveniente de refrigeração e fabricação de espumas), Halon 1211 e 1301 (presente em extintores de incêndio), o brometo de metila (usado como agroquímico) e os solventes tricloroetano e tetracloreto de carbono (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2015). Embora o processo seja reversível, a depauperação acontece em escala extremamente superior à formação do ozônio, causando o déficit na ozonosfera.

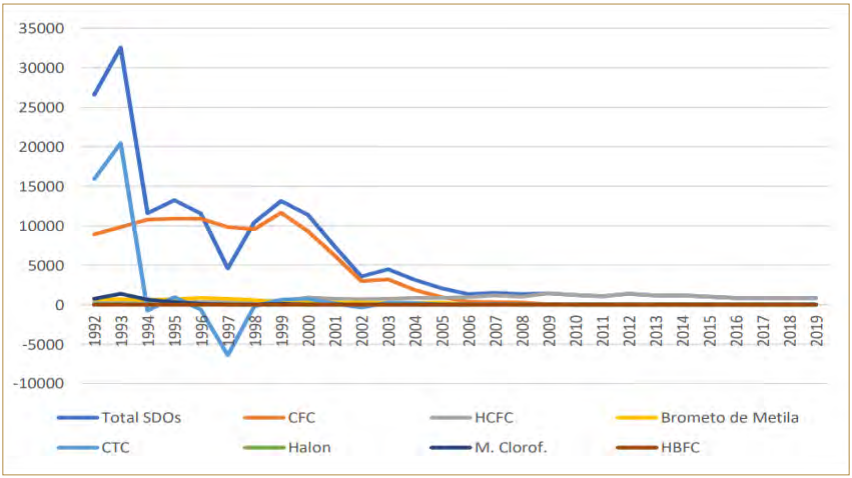
Por esses motivos, o caminho mais seguro é a substituição desses compostos por outros. Os candidatos mais aptos para essa substituição são os hidrofluorcarbonos (HFC) e os hidroclorofluorcarbonos (HCFC). Os HFCs não possuem cloro e são inofensivos para a camada de ozônio. Os HCFCs contêm cloro, entretanto não são estáveis e são degradados na atmosfera inferior, antes de chegarem à ozonosfera. Dessa forma, não participam para a depleção da camada de ozônio. Todavia, tanto os HFCs como os HCFCs são gases de efeito estufa e colaboram para o aquecimento global (BAIRD; CANN, 2011). Sim, é difícil resolver esse dilema.

Da mesma forma, é desafiante chegar a um consenso sobre a abolição das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio (SDO), mesmo com o Protocolo de Montreal tendo entrado em vigor em 1989. Um estudo publicado na *Nature,* em 2018, alertou para as emissões ilegais de SDO, principalmente CFC-11 (HEGGLIN, 2018). Meses após a publicação desse artigo, a Agência de Investigação Ambiental, com sede no Reino Unido, identificou a presença de CFC-11 na produção de espumas na China, usadas como isolantes térmicos em residências. Esse gás tem melhor qualidade para essa finalidade e são mais baratos do que outros produtos (BBC NEWS BRASIL, 2018). Segundo a fonte, pesquisadores calculam que emissões como essas podem atrasar em mais de uma década o objetivo de regenerar a camada de ozônio.

O Brasil ratificou todos os acordos que dizem respeito à proteção da camada de ozônio e em 2002 foi aprovado o Plano Nacional de CFCs, sendo aprovados posteriormente o Programa de Eliminação do Brometo de Metila e o Programa Brasileiro

de Eliminação dos HCFCs (MMA, 2019a). A Figura 3.14.3 ilustra a evolução do consumo das SDO no país, de 1992 a 2019, em toneladas PDO (potencial de destruição da camada de ozônio).

Figura 3.14.3 - Consumo de SDO no Brasil de 1992 a 2019, em toneladas PDO



FONTE: MMA (2019b).

SIGLAS: SDO - substâncias que destroem a camada de ozônio; CTC - tetracloreto de carbono; CFC - clorofluorcarbonos; HCFC - hidroclorofluorcarbonos; M. Clorof. - metilclorofórmio; HBFC - hidrobromofluorcarbonos.

Com tanto esforço para recuperação da ozonosfera, cabe registrar que o ozônio é um gás extremamente oxidante e é considerado um poluente atmosférico se estiver presente na troposfera, camada mais próxima da superfície terrestre. Como o ozônio é formado por reações fotoquímicas a partir de óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, é chamado de poluente secundário. Essa combinação de poluentes secundários com material particulado recebe o nome técnico de *smog* fotoquímico (BAIRD; CANN, 2011).

O ozônio troposférico, também conhecido por ozônio "mau", é o responsável pelo odor característico do *smog*, além de causar danos em plantas, irritação dos olhos, inflamação

nos pulmões de mamíferos e agravamento de asma ou efisema (HINRICHS; KLEINBACH; REIS 2015).

O ozônio superficial também está relacionado a mortes por complicações respiratórias. Estudos estimam que no Brasil, em 2015, ocorreram mais de 3 mil mortes diretamente ligadas à exposição à poluição do ozônio troposférico e, segundo a OMS, aproximadamente 21 mil mortes prematuras por ano na União Europeia podem estar associadas com a concentração de ozônio acima de um valor de 70 µg/m³ em média diária de 8 horas (NETTO *et al.*, 2017).

Esse valor conservador não é adotado ainda no Brasil por legislação. A recente Resolução CONAMA n° 419/2018 adotou padrões de qualidade do ar em fases, sendo que na fase final o ar poderá ter até 100 µg/m³ de ozônio pela máxima média móvel obtida em 8 horas. A mesma resolução estabelece níveis de atenção, alerta e emergência caso a concentração de ozônio ultrapasse, respectivamente, os valores de 200, 400 e 600 µg/m³.

Para concluir, o ozônio é um bom exemplo que nos faz refletir sobre a dualidade das coisas e sobre a inexistência de verdade absoluta. O local do ozônio define se ele é "bom" ou "mau", da mesma forma que Paracelso nos ensinou que a diferença entre o veneno e o remédio é a dose.

Poderíamos aqui explorar um possível paradoxo de modo socrático, partindo da premissa de que a natureza seja perfeita. Assim, iniciamos:

i) A natureza é perfeita? Sim.

ii) O ser humano faz parte da natureza? Sim.

iii) O ser humano é perfeito? Se a resposta for *Sim*, não há paradoxo. Mas se a resposta for *Não*, então devemos alterar nossa verdade absoluta de que a natureza seja perfeita.

Nesse caso (e em muitos outros casos), parece-me adequado responder a última pergunta com base na relatividade de Einstein: Depende.

3.15. Dia Nacional da Árvore (21 de setembro)

Reserva Natural de Salto Morato, Guaraqueçaba – PR
Foto: Larissa Trierveiler Pereira

O dia 21 de setembro foi escolhido no Brasil como dia da árvore por ser véspera do início da primavera. É quando muitas árvores ganham exuberância, e novas folhas e flores se preparam para a polinização.

Entretanto, o Decreto nº 55.795, de 24 de fevereiro de 1965, instituiu, em todo o território nacional, a "Festa Anual das Árvores", em substituição ao chamado "Dia da Árvore" comemorado no dia 21 de setembro. A Festa Anual das Árvores,

em razão das diferentes características fisiográfico-climáticas do Brasil, é comemorada durante a última semana do mês de março nos Estados do Acre, Amazonas, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Amapá, Roraima, Fernando de Noronha e Rondônia; e na semana com início no dia 21 de setembro nos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Distrito Federal. O fato é que a nova nomenclatura não vingou e continuou-se a comemorar o Dia da Árvore.

Existe uma definição específica de árvore que a diferencia de palmeiras e arbustos, por exemplo. A árvore pode ter tamanhos variados, mas necessariamente precisa possuir tecido lenhoso em sua fase madura, ramos secundários e raiz pivotante, que possui um ramo principal de onde saem raízes laterais. As palmeiras não têm casca no tronco e, em geral, não têm galhos; os arbustos, além do menor porte, podem exibir ramos desde junto ao solo (SILVA *et al.*, 2004).

Existe, no entanto, certa controvérsia com relação a essa definição. Wohlleben (2017) discute sobre a classificação de espécimes pequenas de faias e tramazeiras, que são consideradas árvores apesar de suas pequenas estaturas. Por esse mesmo motivo, o pesquisador acha que a ciência deveria conceituar como árvores as espécies de *Betula humilis*, cuja altura média é de 1,8 metro, e as árvores-anãs da tundra, na Lapônia, que às vezes não medem mais de 20 centímetros após 100 anos, mas possuem troncos lenhosos e ramos. Algumas árvores podem viver centenas de anos e outras, até milênios (WOHLLEBEN, 2017).

Ao contrário dos animais, as árvores não precisam se deslocar para se alimentar ou se reproduzir, de forma magistral fazem isso sem sair do lugar. E ainda conseguem extrair a melhor energia de nossa fonte extraterrestre por meio da fotossíntese. Mas, apesar de as árvores serem enraizadas e não se locomoverem, elas são seres vivos ativos e adaptáveis, pois "respondem de várias maneiras às flutuações do clima

e do microclima, à incidência de insetos, fungos e outros parasitas, particularmente às mudanças ao redor dela mesma" (SILVA *et al.*, 2004, p. 72). Esses pesquisadores mostraram que em uma única árvore é formado um complexo micro-ecossistema, onde é possível encontrar musgos (pequenas plantas), líquens (associações simbióticas de fungos com algas), trepadeiras e epífitas (plantas que necessitam de suporte, como primaveras, samambaias, orquídeas e bromélias) e parasitas, como a erva-de-passarinho (*Struthanthus flexicaulis*) e o cipó-chumbo (*Cuscuta racemosa*), além de uma grande diversidade de animais e de micro-organismos no tronco e no solo, em contato com as raízes.

De fato, as árvores resistem desde sua origem, datada de 398 a 385 milhões de anos atrás (STEIN *et al.*, 2012), muito antes dos dinossauros aparecerem. Naquela época, iniciou-se a jornada das progimnospermas, que evoluíram para as gimnospermas e que, posteriormente, deram origem às angiospermas. Esses dois grupos vegetais pré-históricos puderam conquistar e colonizar todo o globo terrestre por uma estratégia inovadora de reprodução muito eficiente: as sementes. A diferença entre as gimnospermas e as angiospermas são as flores, que são incompletas no primeiro grupo, não tendo sépalas, pétalas nem perfume. Dessa forma, as gimnospermas, representadas principalmente pelas coníferas, não têm frutos (APRILE, 2020).

Outro fato curioso das árvores é que elas têm crescimento aberto e indeterminado (NUNES *et al.*, 2012). Isso significa que, apesar de uma arquitetura comum às espécies, não há como prever quantos galhos ou folhas uma árvore adulta terá. Alguns fatores naturais, como tempestades, granizo, neve ou fogo, e o ser humano com as podas, também podem interferir na forma das árvores, sem prejuízo funcional para a planta. Quem assistiu ao filme *Edward Mãos de Tesoura*, de direção de Tim Burton, de 1991, deve se lembrar das cenas de Edward dando formas às árvores da pacata cidade. No livro *O Iluminado*, de Stephen King, de 1977, uma das cenas de horror é o

movimento dos animais esculpidos nas árvores do jardim do hotel assombrado. Essa técnica é conhecida por topiaria (o que, sinceramente, não me agrada, apesar de reconhecer o talento dos escultores/artistas, mas não acho que as árvores devem ter formas geométricas ou de animais).

Analisando as árvores de baixo para cima, considera-se que suas raízes são a parte mais importante, onde possivelmente se situa algo como um cérebro primitivo (WOHLLEBEN, 2017). O autor afirma que as árvores são capazes de aprender e, portanto, armazenar experiências. E considerando que os antigos abetos na Suécia mostram que a parte subterrânea da árvore é a mais duradoura, ela poderia armazenar informações importantes a longo prazo.

Ainda segundo esse pesquisador, "as raízes funcionam como uma via de mão dupla: absorvem substâncias e as enviam para a árvore, e ao mesmo tempo mandam os produtos da fotossíntese para os fungos parceiros e até sinais de alerta para as árvores vizinhas" (WOHLLEBEN, 2017, p. 62). Mas além disso, as pontas das raízes são capazes de transmitir impulsos elétricos e contêm sistemas e moléculas muito parecidos com os encontrados em animais (HOLLRICHER, 2005). Com essa informação, mais a de que existem espécies de árvores que conseguem "andar" até 20 metros por ano[28] (GRUBER, 2016), poderíamos estar perto das árvores de J. R. R. Tolkien, os *Ents*, do épico literário e cinematográfico *O Senhor dos Anéis*.

Com relação aos troncos, seu crescimento ocorre por uma combinação das atividades de dois tipos de tecidos vegetais (meristemas): um é responsável pelo alongamento (altura) e, o outro, pelo crescimento do diâmetro (cambial). Isso significa que a árvore sempre cresce pelo ápice (gema apical), onde há intensa reprodução das células, e não pela base. No caule já consolidado, há formação de anéis de crescimento, um

[28] Na Reserva de Sumaco, no Equador, existem árvores da espécie Socratea exorrhiza que possuem raízes aéreas que crescem em busca de solos mais rígidos à medida que o solo onde se encontram se deteriora.

a cada ano, principalmente nas árvores de clima temperado, com as quatro estações bem definidas. Esses anéis podem ser contados para a determinação da idade das árvores (SILVA *et al.*, 2004). Segundo os autores, em regiões tropicais, os anéis dos troncos não são bem definidos e pode haver a formação de mais de um anel por ano devido às condições climáticas.

Com relação à ascensão de água pelo caule das árvores, em sentido contrário ao da gravidade, ainda há um mistério. Atualmente, a explicação mais aceita é que a água entra por osmose pela raiz e é transportada por capilaridade e transpiração pelo caule até as folhas. Essa é a chamada teoria coesão-tensão ou teoria de Dixon por ter sido formulada pelo botânico inglês Henry Horatio Dixon (KERBAUY, 2019). Por esse conceito, as árvores se aproveitam das propriedades especiais da água: a tensão superficial, que mantém a coesão das moléculas em uma coluna d'água, e a adesão das moléculas de água às paredes dos vasos de condução. Assim, quando ocorre a transpiração de uma gotícula de água pela folha, há um movimento ascendente de toda a coluna d' água.

Entretanto, essa explicação ainda não convenceu todos os estudiosos sobre o assunto. De acordo com Wohlleben (2017), a capilaridade pode fazer a água subir a, no máximo, um metro de altura, mas não pode esclarecer como o líquido pode alcançar a copa de uma árvore com mais de 100 metros de altura. Também lhe parece improvável que a transpiração seja o único mecanismo responsável pelo movimento ascendente da água, pois existem árvores que passam parte do ano sem folhas, portanto, sem transpirar, o que interrompe a coluna d'água.

A função das folhas nas árvores é complexa. Sua forma pode ser achatada e plana para aumentar a relação superfície/volume e contribuir com a fotossíntese, transpiração e trocas gasosas. Entretanto, folhas em forma de agulhas, encontradas em pinheiros, também desempenham essa função, além de proteger-se contra o congelamento em regiões frias (ALMEIDA; ALMEIDA, 2018).

Aliás, há 250 milhões de anos não havia árvores capazes de sobreviver a temperaturas abaixo de zero (REICH; SOUZA, 2016). As adaptações de folhas e caules aconteceram lentamente e as árvores de clima frio se preparam para o inverno de uma forma cuidadosa. Durante a primavera e verão, a água e os nutrientes (seiva bruta) chegam às folhas por vasos condutores chamados de xilema. Por meio de células diferenciadas (estômatos), as folhas recebem gás carbônico, usado para a fotossíntese; oxigênio, usado na respiração; e perdem água por transpiração. Pela fotossíntese, a seiva bruta se transforma em seiva elaborada e é transportada para as raízes por vasos condutores chamados de floema (NUNES *et al.*, 2012). Esse mesmo processo ocorre em árvores de clima quente o ano todo.

Durante o outono, entretanto, algumas árvores de regiões frias, denominadas decíduas, perdem suas folhas porque, como o solo está congelado, as raízes não podem acessar a água líquida e, assim, evitam que as folhas desperdicem água durante a transpiração (LTS, 2020). É o caso do plátano, árvore-símbolo do Canadá.

Com relação às árvores perenes de regiões de clima frio, como as coníferas, as folhas com aspecto de agulhas longas e finas têm pequena área superficial, com estômatos mais internos e cutículas espessas e cerosas, que auxiliam na prevenção de perda da água. Além disso, essas árvores possuem um mecanismo de retirada de água das células das folhas para que não congelem internamente. Como resultado, o interior celular fica com uma seiva açucarada concentrada e esse composto é um anticongelante natural (LTS, 2020).

Por esse motivo, os pesquisadores costumam dizer que as árvores hibernam no inverno, pois diminuem seu metabolismo. A mesma coisa acontece à noite, pois sem a luz do Sol não há fotossíntese e a árvore precisa descansar. Em 1981, um estudo concluiu que a iluminação noturna era responsável pela morte de 4% dos carvalhos em uma cidade norte-americana (WOHLLEBEN, 2017).

Com efeito, é no ambiente urbano que as árvores mais padecem. Em florestas, as árvores estão em sua plena atividade e harmonia. Em zonas rurais, as árvores estão integradas à paisagem: são importantes em pastagens, em margens de rios, entre as culturas em sistemas agroflorestais, em pomares ou, simplesmente, como local de reunião das crianças e de famílias. Normalmente, as árvores rurais têm longos anos de vida e são importantes de geração em geração, fazendo parte da história de cada família e da memória afetiva das pessoas. Já nas cidades, a arborização urbana, com espaçamento de plantio entre as árvores, desfavorece a interação arbórea.

Se por um lado, as árvores podem ficar mais fragilizadas, por outro, no ambiente urbano, as árvores influenciam diretamente no bem-estar e na saúde física e mental da população com nobres funções. A cor verde das árvores provoca efeitos psicológicos positivos na maioria das pessoas, transmitindo-lhe tranquilidade e segurança e amenizando a pesada paisagem urbana. Ademais, a vegetação regula a temperatura e mantém a umidade relativa do ar, promovendo ilhas de frescor em meio à selva de pedras, concreto e asfalto (SILVA *et al.*, 2019). Segundo Barros e Lombardo (2016), as *ilhas de calor* são locais com diferença de temperatura maior do que 4,1°C em relação a locais arborizados. Ao contrário, se a diferença de temperaturas for menor do que 4ºC, diz-se que a área é uma *ilha de frescor*. Os autores registraram ilhas de calor em São Paulo, Suécia e Grécia.

De forma silenciosa e discreta, as áreas verdes urbanas, como praças, jardins, parques e áreas de preservação permanente, também diminuem a poluição atmosférica, preservam ecossistemas terrestres e aquáticos, promovem sombra fresca, favorecem momentos de lazer e recreação, aumentam a área permeável urbana e retardam o escoamento superficial, impedindo inundações, enchentes e enxurradas. Em uma tempestade, um espécime adulto de faia pode reter mais de mil litros de água, que graças à sua estrutura é conduzida até as raízes, onde fica armazenada no subsolo a seu redor e é usada nos períodos de seca (WOHLLEBEN, 2017).

Historicamente, os jardins naturalistas surgiram na China e logo foram incorporados à cultura japonesa. Tinham cunho religioso e, para cada elemento que os compunham, existia um significado simbólico próprio. Assim, tornava-se quase obrigatória a presença, nas cidades, de plantas, pedras, água, pontes, lamparinas, dentre outros (LOBODA; DE ANGELIS, 2005).

No Egito, Grécia e Roma os espaços verdes foram criados nas cidades para regulação da temperatura e para o lazer. No Renascimento, essas áreas ganharam poder arquitetônico e a vegetação ganhou espaço nas cidades de todas as civilizações (MUMFORD, 1982). Todavia, nos tempos modernos as áreas foram ficando cada vez mais raras (SANTOS, 1997).

Esse foi um dos motivos que levou Ebenezer Howard, em 1898, a idealizar uma cidade onde houvesse harmonia entre o homem e a natureza, de forma que a arborização fosse integrada ao espaço comum, as chamadas *cidades-jardins*. Pelo projeto de Howard, as cidades-jardins seriam construídas em círculos concêntricos: teriam uma zona comercial ao centro, circundada por áreas verdes e além dessas, ficariam as áreas residenciais (HOWARD, 2002).

Graças aos estudos de Howard, foram construídas, na Inglaterra, 16 cidades-jardins logo após a Segunda Guerra Mundial. Dessa forma, a ideia se multiplicou e foram construídas cidades-jardins em mais de setenta países, inclusive no Brasil, como Maringá e Cianorte (PAULA, 2004).

Mesmo com sua importância consolidada, a distribuição das árvores urbanas ainda é motivo de discussão. Segundo Puppi (1981), se bem organizadas e distribuídas, as áreas verdes deveriam contar com 15% a 20% da superfície urbana. Alves (1992) explica que, como as cidades crescem também com relação à densidade demográfica, deveriam ser reservados, no mínimo, 12 m² de área verde por habitante para a garantia de uma vida saudável nos meios urbanos. A autora afirma que esse índice foi definido pela Organização Mundial da Saúde, porém a engenheira agrônoma do Instituto de Pesquisas Tec-

nológicas (IPT), Giuliana Velasco, explica que esse valor é desconhecido pela OMS (IPT, 2016).

Silva, Santos e Oliveira (2016) ampliaram a discussão, baseando-se em literatura internacional para chegar ao recomendado pela OMS de que a zona urbana deve ter um mínimo de 9 m² de área verde por habitante, sendo que o índice ideal deveria ficar compreendido no intervalo de 10 a 16 m²/hab. Segundo os pesquisadores, a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) faz recomendações para que o índice de área verde urbana seja de, no mínimo, 15 m²/habitante.

Diante desses padrões e das divergentes metodologias adotadas por cada cidade, ainda há um questionamento de quais espaços verdes seriam realmente considerados como áreas verdes para o cálculo dos indicadores. Neste sentido, Bargos e Matias (2011, p. 185) conceituam áreas verdes urbanas como sendo

> uma categoria de espaço livre urbano composta por vegetação arbórea e arbustiva (inclusive pelas árvores das vias públicas, desde que estas atinjam um raio de influência que as capacite a exercer as funções de uma área verde), com solo livre de edificações ou coberturas impermeabilizantes (em pelo menos 70% da área), de acesso público ou não, e que exerçam minimamente as funções ecológicas (aumento do conforto térmico, controle da poluição do ar e acústica, interceptação das águas das chuvas, e abrigo à fauna), estéticas (valorização visual e ornamental do ambiente e diversificação da paisagem construída) e de lazer (recreação).

Os autores alertam, entretanto, para a qualidade das áreas verdes, que tem relação direta com as espécies arbóreas segundo seu porte e funções. Os parques foram excluídos dessa definição, porque são facilmente identificáveis.

Independente das definições, infelizmente, ainda há, na grande maioria das cidades brasileiras (e do mundo), a incompatibilidade das árvores nas calçadas com o cabeamento aéreo de redes elétricas e de telecomunicações. A rede de distribuição subterrânea (RDS) já é utilizada em Londres há mais de cem anos e Paris, Nova York, Barcelona e Buenos Aires já aderiram à

RDS (ROSÁRIO; FARIAS, 2017). Conforme Velasco, Lima e Couto (2006), o custo de implantação de rede subterrânea é dez vezes maior do que a rede convencional, contudo o custo de manutenção é duas vezes menor. Os autores indicam como vantagens, além de preservação da arborização, a alta confiabilidade do sistema e a ausência de riscos para a população.

Também é preciso utilizar a tecnologia para poupar as árvores de uma função muito antrópica: o papel. De acordo com a Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (ANCAT, 2019), o papel representa o material reciclável com maior volume coletado no Brasil, atingindo cerca de 96 mil toneladas em 2017 e 2018, o que representou, em média, 64% do total coletado. Considerando que existe um consenso de que, em média, para cada tonelada de papel reciclado são poupadas vinte árvores (SOUZA *et al.*, 2016), deveria ser obrigatório por lei a reciclagem de papel.

A inovação também deve estar associada à criatividade, como no caso da reciclagem de papel para produção artesanal de papel-semente (SALLES, 2011). A ideia por trás do papel-semente é o efetivo estabelecimento de um ciclo, em que uma árvore serve ao ser humano por meio do papel e este retorna ao ambiente natural para a nobre função de criar uma horta ou jardim. As sementes utilizadas podem ser de plantas ornamentais como, por exemplo, onze horas (*Portulaca grandiflora*), cravo (*Tagetes minuta*), amor perfeito (*Torenia fournieri*), petúnia (*Petunia hybrida*), boca de leão (*Antirrhinum majus*), prímula (*Primula polyantha*) e mosquitinho branco (*Gypsophila paniculata*), ou condimentares como a salsa (*Petrosolium sativum*), orégano (*Origanum vulgare*) e manjericão (*Ocimum basilicum*) (KLAUTZ *et al.*, 2014).

Outra forma de preservar as árvores é fabricar o papel a partir de outros recursos, como o caso revolucionário do papel feito a partir de pedra. A empresa italiana Ogami desenvolveu, em 2010, o *repap* (*paper*, papel em inglês, de trás para frente) a partir de carbonato de cálcio. Em sua produção, se comparado com o papel vegetal, é usado menos água, tem menor emissão

de gás carbônico e não há adição de ácidos ou cloro. Como resultado, o papel mineral é mais leve, mais macio, mais resistente a rasgos, totalmente à prova de água e pode ser apagado para reutilização (OGAMI, 2011).

Por tudo o que foi apresentado, sabemos que temos um compromisso moral e ético para com as árvores, pois nossa relação com esses seres vivos é sagrada, e de certa forma, até inconsciente. Pegamos emprestada a forma física das árvores para ilustrar nossos pensamentos, como árvore genealógica, árvore da vida, árvore de informações. Em várias culturas e religiões, a árvore tem forte simbolismo: a árvore do pecado, as parábolas com as raízes, tronco, galho, flores e frutos, as oliveiras, o local de meditação e iluminação espiritual. Talvez seja por essa forte ligação mística que os casais apaixonados registram suas iniciais dentro de corações em troncos de árvores, assim como construímos casas em árvores para adolescentes e balanços para crianças.

Apesar de tudo, é impressionante como conhecemos centenas de logotipos de marcas dos mais variados produtos e não conhecemos uma dúzia de folhas de árvores e, por isso, não conseguimos identificá-las. Considerando as 9.223 espécies de árvores que o Brasil possui, devemos admitir nossa ignorância arbórea.

Mas eu ainda me alegro quando penso na aventura animada do diretor Chris Renaud "*O Lorax: em busca da trúfula perdida*", de 2012. O longa-metragem é um musical adaptado do livro poético "*The Lorax"*, publicado em 1971 pelo escritor Theodor Seuss Geisel, mais conhecido por seu pseudônimo, Dr. Seuss. Nessa aventura, um menino (sem nome porque representa a humanidade), para impressionar sua amada, quer encontrar uma semente de trúfula, uma árvore extinta que só existe no imaginário das pessoas, pois na cidade onde vivem só há árvores artificiais de plástico. A trama escancara a lógica perversa do capitalismo, representado pelos personagens Once-ler e O-Hare, mas a esperança de um futuro como outrora trás Lorax, o orador da floresta, novamente à cena.

O livro e a animação são obras-primas que nos elevam, nos nutrem a alma com a sensibilidade da arte e nos colocam em um estado de emoção capaz de curar enfermidades. Curiosamente existe, de fato, um remédio para controle da ansiedade chamado Lorax® (*lorazepam*), do laboratório Pfizer.

TEXTO PARA REFLEXÃO

VELHAS ÁRVORES
Olavo Bilac

Olha estas velhas árvores, mais belas
Do que as árvores novas, mais amigas:
Tanto mais belas quanto mais antigas,
Vencedoras da idade e das procelas...
O homem, a fera, e o inseto, à sombra delas
Vivem, livres de fomes e fadigas;
E em seus galhos abrigam-se as cantigas
E os amores das aves tagarelas.
Não choremos, amigo, a mocidade!
Envelheçamos rindo! Envelheçamos
Como as árvores fortes envelhecem:
Na glória da alegria e da bondade,
Agasalhando os pássaros nos ramos,
Dando sombra e consolo aos que padecem!

AMBIENTE-SE

DIA DA ÁRVORE [29]

No dia 21 de setembro comemora-se, no Brasil, o Dia da Árvore. Essa data foi escolhida há 30 anos, no início da primavera, pois os povos indígenas brasileiros sempre cultuaram as árvores à época das chuvas ou quando se preparava a terra para semear. Um fato curioso é que, por razões climáticas, o Norte e Nordeste do Brasil cultuam a árvore na última semana de março, no período referente ao início das chuvas naquela região, e não como acontece no resto do País.

Além de embelezar praças, avenidas e ruas, as árvores refrescam o ambiente. Isto acontece porque dão sombra e mantêm a umidade do ar. Além disso, as plantas ajudam a diminuir a poluição porque absorvem o gás carbônico proveniente da queima de combustíveis. Isso significa mais oxigênio para os seres vivos. As plantas também mantêm firme o solo, sendo indispensáveis nas encostas, às margens de rios e mananciais. Isso sem contar com os deliciosos frutos que nos servem.

Outro fato importante é que muitos remédios podem ser feitos a partir das árvores. Para se ter uma ideia, um em cada quatro medicamentos empregados pela indústria farmacêutica tem origem vegetal. Cerca de 70% das plantas classificadas pelo Instituto do Câncer dos Estados Unidos como indicadas para o tratamento do câncer são encontradas exclusivamente nas florestas tropicais. São conhecidas até o momento 1,4 mil espécies vegetais que podem servir para esse fim.

A madeira das árvores é amplamente usada para fazer papel, móveis, edifícios, lápis, tecido, filmes fotográficos e também serve de aditivo para comida, usado na fabri-

[29] Texto publicado pela autora no Jornal Oeste Notícias, Presidente Prudente, em 21 de setembro de 2003.

cação de queijo, mistura para bolo e até sorvete. É a extração predatória das árvores para estes fins que causa a extinção das espécies. E, à medida que o homem derruba árvores e vai acabando com as florestas, os animais que ali vivem também vão desaparecendo um a um.

São por esses motivos que as florestas vêm desaparecendo em ritmo acelerado. Cerca de 13% da Floresta Amazônica já foi devastada. Segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a área que a Amazônia já perdeu equivale ao território da França. Isso sem falar na quase que extinção da Mata Atlântica, um dos mais ricos ecossistemas mundiais, atualmente reduzida a cerca de 7% de sua área original.

Mas apesar das queimadas e do desmatamento para exploração da madeira e abertura de pastagens, pode-se comemorar o Dia da Árvore com vários pontos positivos na preservação de espécies: no Brasil (cujo nome é homenagem a uma árvore: o pau-brasil), existem hoje mais de 100 unidades de conservação que englobam florestas, reservas e parques.

Além das iniciativas do governo, são muitas as entidades não-governamentais que lutam para a conservação de espécies nativas e ameaçadas de extinção. Sem falar no esforço coletivo da mídia em divulgar as ações que podem ajudar a preservar nossas árvores, como: escrever nos dois lados de cada folha de papel, tentar usar papel de rascunho ou metades de folha quando possível, fazer a coleta seletiva do lixo para reciclagem do papel, procurar comprar papel reciclado, utilizar guardanapos de tecido em vez de papel, não comprar móveis de madeira de árvores em perigo de extinção, não cortar árvores sem autorização da prefeitura, preservar as árvores localizadas às margens de rios, córregos, nascentes, represas, topos de morros, montanhas, serras e áreas em declive e... plantar árvores, como forma de lembrança de nossa passagem pela Terra.

3.16. Dia Mundial dos Animais (4 de outubro)

Suricato em zoológico, Bauru – SP
Foto: Máriam Trierveiler Pereira

A ideia do Dia Mundial dos Animais foi de um escritor alemão, Heinrich Zimmermann, editor da revista *Mensch und Hund* (Homem e Cão). Ele organizou o primeiro Dia Mundial dos Animais em 24 de março de 1925, no *Sport Palace,* em Berlim, Alemanha. A intenção era realizar o evento no dia 4 de outubro, pois esse é o dia de São Francisco de Assis, o padroeiro da ecologia e dos animais, porém o *Sport Palace*, com capacidade para receber milhares de visitantes, não estava disponível (WORLD ANIMAL DAY, 2020).

Segundo a fonte, o evento foi realizado em 4 de outubro pela primeira vez em 1929 e após incansáveis esforços para divulgar a data e a causa, em maio de 1931, durante o Congresso Internacional de Proteção Animal, em Florença, Itália, a proposta de Zimmermann de instituir o Dia Mundial dos Animais em 4 de outubro foi unanimente aceita.

Os animais pertencem ao reino *Animalia*, o qual deve abrigar, segundo estimativas, quase 8 milhões de espécies (calcula-se que existam aproximadamente 9 milhões de espécies de seres vivos) (COSTA, 2020). De acordo com o pesquisador, desde 1758 já foram catalogadas cerca um milhão e quinhentas mil espécies diferentes de animais, sendo que destes mais de um milhão são de espécies diferentes de insetos (400 mil só de besouros).

Para ser classificado nesse reino, os organismos precisam ser multicelulares, com células eucariontes (com núcleo celular e outras organelas circundadas por membranas) e heterótrofo (incapaz de sintetizar seu próprio alimento, diferentemente das plantas) (HICKMAN; ROBERTS; LARSON, 2004).

Os zoologistas agrupam os animais em três ramos: *mesozoa* (invertebrados microscópicos), *parazoa* (invertebrados primitivos e esponjas), *eumetazoa* (todos os demais animais) (HICKMAN; ROBERTS; LARSON, 2004). Os *mesozoas* ainda são motivo de controvérsias no meio zoológico e são necessários mais estudos para habilitá-los como um filo.

Genericamente, a forma mais usual de classificação dos animais eumetazoários é em dois grandes grupos: *invertebrados* e *vertebrados*. Os invertebrados não apresentam coluna vertebral e representam 95% de todos os animais conhecidos. Esses animais podem ter diferentes formas, cores e tamanhos. Já os vertebrados, em sua grande maioria, apresentam coluna vertebral. Porém, alguns representantes dessa classificação não têm vértebras e os zoólogos preferem a nomenclatura *craniados*, ou seja, animais que têm crânio, seja ósseo ou cartilaginoso (SANTOS, V. S., 2020). O Quadro 3.16.1 apresenta exemplos dos principais representantes de cada classe.

Quadro 13.6.1 - Exemplos de representantes dos eumetazoários

INVERTEBRADOS	
Poríferos	Esponjas
Cnidários	Corais, hidras, medusas, anêmonas-do-mar
Platelmintos	Planárias, tênias, esquistossomos
Asquelmintos	Lombrigas, ancilostomas, oxiúros
Anelídeos	Minhocas e sanguessugas
Moluscos	Lulas, ostras, mariscos, mexilhões, caramujos, polvos
Equinodermos	Estrelas-do-mar, ouriços-do-mar, bolachas-do-mar, pepinos-do-mar
Artrópodes	Quelicerados: Aranhas-do-mar (aquáticos) Aranhas, escorpiões, carrapatos, ácaros (terrestres)
	Crustáceos: caranguejos, lagostas, camarões
	Uniramia: Insetos: abelhas, vespas, formigas, borboletas, gafanhotos, mosquitos, moscas, pulgas Miriápodes: centopeias, piolhos-de-cobra
VERTEBRADOS	
Peixes	Tubarões, raias, lampreias, cavalos-marinhos, baiacus
Anfíbios	Salamandras, sapos, rãs, cobras-cega
Répteis	Tartarugas,crocodilos, lagartos, serpentes
Aves	Avestruzes, condores, pinguins
Mamíferos	Ornitorrincos, coalas, cangurus, tamanduás, preguiças, tatus, morcegos, lontras, rinocerontes, baleias, golfinhos, seres humanos

FONTE: Araújo e Bossolan (2006), organizado pela autora.

Como pode ser observado no Quadro 13.6.1, o ser humano integra a lista, mas é com arrogância que trata seus irmãos animais. Apesar de ser comprovado que diversos animais são sencientes, ou seja, são sensíveis à dor e ao sofrimento, alguns seres humanos custam a aceitar essa condição de dignidade. O tema deu origem à Declaração de Curitiba, assinada por 26 pessoas, entre palestrantes nacionais e internacionais, e participantes do III Congresso Brasileiro de Bioética e Bem-Estar Animal, em 2014. No documento, os signatários concluíram que "os animais não-humanos não são objetos. Eles são seres sencientes. Consequentemente, não devem ser tratados como coisa" (CBBBEA, 2014, p. 463). A Declaração se refere ao Código Civil brasileiro, instituído pela Lei nº 10.406/2002, que trata os animais como objetos ou bens móveis. Talvez, esse pensa-

mento ainda seja reflexo da antiga concepção do filósofo René Descartes que declarou, em 1637, que os animais eram como máquinas, mecanismos sem alma nem dor (DESCARTES, 2009).

Também faz parte dessa discussão o conceito de *especismo*, que é a forma de discriminação do ser humano por outras espécies, na mesma linha de racismo e sexismo. Esse termo foi fortemente divulgado pelo psicólogo britânico Richard Ryder, na década de 1970 (BASTOS, 2014), embora já tivesse sido cunhado pelo filósofo e jurista Jeremy Bentham no século XVIII (COSTA; VELOSO; COSTA, 2018). Nesta linha, o *especista* é o sujeito (um ser humano, obviamente) que pratica o especismo, julgando inferiores e não-dignos todos os seres que não são de sua espécie.

Para tentar reverter essa situação, vários *influencers* destacaram as nobres qualidades dos animais, como o polímata Leonardo Da Vinci (1452-1519), o naturalista Charles Darwin (1809-1882) e o já apresentado Jeremy Bentham (1748-1832), para citar alguns. Suas memoráveis frases são recorrentes em trabalhos científicos e jurídicos sobre a proteção aos animais (ROSA, 2017, p. 395):

> Chegará o dia em que todo homem conhecerá o íntimo dos animais. Nesse dia, um crime contra um animal será considerado um crime contra a própria humanidade (Leonardo da Vinci).
>
> Não importa se os animais são incapazes ou não de pensar. O que importa é que são capazes de sofrer (Jeremy Bentham).
>
> Não há diferença fundamental entre o Homem e os animais nas suas faculdades mentais (...). Os animais, como o Homem, demonstram sentir prazer, dor, felicidade e sofrimento (Charles Darwin).

Diante de tal cenário, a situação para os animais tende a melhorar, ainda que a passos lentos em um longo caminho. Em 1978, foi proclamado um ambicioso documento, a Declaração Universal dos Direitos dos Animais, em Paris (NEUMANN, 2012). Apesar de não ter força legal, uma declaração tem "autoridade moral" e serve como estímulo para as sociedades.

Em seu esclarecedor artigo, Neumann (2012) explica porque esse dispositivo permaneceu desconhecido e pouco referenciado na literatura. Primeiramente, porque não foi adotada por nenhuma instituição de renome internacional, tendo sido defendida apenas pela Liga Internacional dos Direitos do Animais. Muito se diz que essa declaração foi promulgada pela UNESCO, porém não foi. Ela foi lida na UNESCO, mas não adotada pela organização. Em segundo lugar, o texto foi publicado em francês e, por último, o documento vai contra muitos ramos de negócios empresariais que utilizam animais, como laboratórios de medicamentos e cosméticos.

Mesmo os defensores dos animais queixaram-se do conteúdo da declaração, acusando-a de superficial e ambígua, o que levou a uma reformulação por parte da Liga Internacional dos Animais em 1989, então a nova redação é que deve ser observada. Ela é mais concisa (possui dez artigos), mais técnica e mais precisa (com a aplicação apenas aos animais com sistema nervoso) e com algumas inovações, como a condenação da caça e pesca "praticadas como passatempo"; o atendimento à dignidade dos animais em exposições, *shows* e filmes; a atribuição às escolas sobre o respeito aos animais; e, sobretudo, a atribuição de personalidade jurídica aos animais (NEUMANN, 2012).

De qualquer sorte, o documento é um grande progresso para que haja uma preservação efetiva da fauna, pois, dentre seus princípios está a consideração de que "o respeito dos animais pelo homem é inseparável do respeito dos homens uns pelos outros" (NEUMANN, 2012, p. 108).

Pode-se dizer que foi a partir dessas importantes constatações que alguns países iniciaram a legislar sobre a matéria, fruto da evolução filosófica e do avanço da compreensão por parte da população sobre a (eu diria, óbvia) condição dos animais, em especial dos vertebrados. É por isso que Padilha (2016) sugere que os direitos universais de todos os seres sencientes está no âmbito de uma *quinta* geração de direitos. Segundo o autor, na linha do tempo da humanidade, os direitos de *primeira* geração foram referentes aos valores da liberdade individual

e de expressão; os de *segunda* geração são direitos sociais, de titularidade coletiva; os de *terceira* geração são difusos, ligados a valores como fraternidade ou solidariedade e se prestam à proteção do meio ambiente, à autodeterminação dos povos e à utilização e conservação do patrimônio histórico e cultural; e os de *quarta* geração referem-se às inovações tecnológicas e de preservação do patrimônio genético da espécie humana.

Nessa linha de raciocínio, a Áustria *descoisificou* os animais em 1988, sendo o país pioneiro no assunto. Na sequência, Alemanha, Suíça, Liechtenstein, França, Portugal (GIMÉNEZ-CANDELA, 2017), Nova Zelândia, Colômbia, Noruega e Holanda (ROSA, 2017) seguiram o mesmo caminho e aprovaram leis que protegem os animais não-humanos por serem sencientes.

Vale destacar a linguagem usada no universo jurídico ao se referir aos animais: *animais não-humanos*. Isso é adequado e faz com que a parcela da população que ainda não percebeu, compreenda que o ser humano faz parte da fauna.

Felizmente, a situação de descoisificação dos animais pode estar chegando a um ponto de inflexão no Brasil, pois já está em trâmite o projeto de lei complementar (PLC) que reconhece os animais como seres sencientes, o PLC nº 27/2018. A ementa do PLC é acrescentar à Lei dos Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/98) a natureza jurídica dos animais não-humanos, pois o Direito entende, assim como a Biologia, que os animais não-humanos possuem natureza *sui generis* e devem estar sujeitos aos direitos despersonificados[30], além de gozar e obter tutela jurisdicional em caso de violação. O PLC já foi aprovado pelo Senado e, como recebeu algumas alterações, foi remetido, em novembro de 2019, para a Câmara dos Deputados (SENADO FEDERAL, 2020).

Enquanto isso, o Brasil segue com algum avanço. Em setembro de 2020, foi sancionada a Lei nº 14.064, que altera a Lei dos Crimes Ambientais para aumentar as penas para

[30] O sujeito despersonificado é passível de direitos, apesar de não ser um sujeito personificado. Alguns exemplos de sujeitos despersonificados são espólios, condomínios residenciais ou comerciais, sociedade comercial, empresas em falência, entre outros.

maus-tratos aos animais quando se tratar de cão ou gato, entendendo que esses são os animais domésticos mais comuns e as principais vítimas de crueldades. De acordo com estimativas do IBGE, 46,1% dos domicílios do Brasil têm, pelo menos, um cachorro; e 19,3% dos domicílios têm, ao menos, um gato. Isso significa, no mínimo, uma população de 33,8 milhões de cães e 14,1 milhões de gatos domésticos (AGÊNCIA IBGE, 2020).

O Art. 32 da Lei dos Crimes Ambientais já diz que é crime praticar ato de abuso, maus-tratos, ferir ou mutilar animais silvestres, nativos ou exóticos, incluindo quem realiza experiência dolorosa ou cruel em animal vivo, ainda que para fins didáticos ou científicos, quando existirem recursos alternativos.

O dispositivo legal também prevê punição para quem matar, perseguir, caçar, apanhar e utilizar espécimes da fauna silvestre, nativos ou em rota migratória, sem a devida permissão. A modificação, dano ou destruição de ninho, abrigo ou criadouro natural também é considerado crime (Art. 29). E ainda, a pena deve ser aumentada se o crime for cometido em período proibido à caça, durante a noite, em unidade de conservação ou com emprego de métodos ou instrumentos capazes de provocar destruição em massa.

Com relação à pesca, é considerado crime ambiental a pesca em período proibido, chamado defeso, ou em lugares interditados por órgão competente (Art. 34).

Todo esse movimento amplia a aplicação do artigo 225 da Constituição de 1988, que diz que são "vedadas, na forma da lei, as práticas que (...) submetam os animais à crueldade".

No que diz respeito à preservação, sabe-se que muitas espécies estão ameaçadas de extinção no Brasil, seja por motivos intrínsecos, como a capacidade de dispersão, a taxa reprodutiva e a distribuição restrita, sejam por fatores externos antrópicos, como o crescimento populacional e as necessidades econômicas (ICMBIO, 2018).

Em 2018, o ICMBio publicou o completo "Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção" (ICMBIO, 2019). Segundo o próprio Instituto, essa é a maior edição já compilada

no mundo sobre a temática, dada a rica biodiversidade do Brasil. Ao todo, 1.270 pesquisadores avaliaram 12.254 espécies, incluindo peixes e invertebrados aquáticos.

Conforme a publicação, 1.173 espécies estão ameaçadas, sendo distribuídas em três categorias: Criticamente em perigo (CR), Em Perigo (EN) e Vulnerável (VU). Desta lista, uma espécie foi considerada extinta na natureza (o mutum-do-nordeste, *Pauxi mitu*), o que significa que "sua sobrevivência é conhecida apenas em cultivo, cativeiro ou como uma população (ou populações) naturalizada fora da sua área de distribuição natural" (ICMBIO, 2018, p. 54). Das dez espécies extintas registradas, a metade são de espécies que ocorriam apenas em território nacional e são atualmente consideradas extintas globalmente, como o rato-de-noronha (*Noronhomys vespuccii*) e o caburé-de-pernambuco (*Glaucidium mooreorum*), uma espécie de coruja. A outra metade são de espécies extintas só no Brasil, mas são encontradas em outros ambientes, como a arara-azul-pequena (*Anodorhynchus glaucus*) e o tubarão-dente-de-agulha (*Carcharhinus isodon*).

Entretanto, pela publicação, 170 espécies deixaram de constar na lista de ameaçadas de 2003 a 2018, incluindo o sapinho-admirável-de-barriga-vermelha (*Melanophryniscus admirabilis*). Esse pequenino anfíbio estampa a capa do livro, não apenas fazendo jus ao nome, mas também para simbolizar o entendimento de empreendedores e autoridades ambientais que abdicaram de uma pequena central hidrelétrica que acabaria com o *habitat* do sapinho e o levaria à extinção. Nas sábias palavras de Marcelo Marcelino de Oliveira,

> essa não é uma história do bem contra o mal ou de ambientalistas *versus* desenvolvimentistas. Essa é uma história do quanto o conhecimento é essencial para a conservação da biodiversidade. É a base segura para um diálogo objetivo e transformador (ICMBIO, 2018, p. 2).

É bem curioso que, no Brasil, até nossa relação com o dinheiro remete aos animais. Seria uma pena, daqui a alguns

anos, vê-los apenas nas cédulas de Real. O Quadro 13.6.2 mostra as categorias de risco de extinção das espécies homenageadas no papel-moeda brasileiro.

Quadro 13.6.2 - Categoria do grau de risco dos animais homenageados nas cédulas de Real

Cédulas	Animais	Categoria do grau de risco de extinção
R$ 1,00	Beija-flor-de-peito-azul (Amazilia lactea)	Menos preocupante
R$ 2,00	Tartaruga-de-pente (Eretmochelys imbricata)	Criticamente em perigo
R$ 5,00	Garça-branca-grande (Ardea alba Linnaeus)	Menos preocupante
R$ 10,00	Arara-vermelha-grande (Ara chloropterus)	Quase ameaçada
R$ 20,00	Mico-leão-dourado (Leontopithecus rosalia)	Em perigo
R$ 50,00	Onça-pintada (Panthera onca)	Vulnerável
R$ 100,00	Garoupa-verdadeira (Epinephelus marginatus)	Vulnerável
R$ 200,00	Lobo-guará (Chrysocyon brachyurus)	Vulnerável

FONTE: ICMBio (2018), organizado pela autora.

NOTA: as cores de cada categoria é a mesma usada na fonte de referência.

A essa altura, eu ainda poderia dar exemplos de práticas abusivas e cruéis contra animais, pelas quais espero ver punidos seus agressores. Existem diversas referências (que me recuso a inserir aqui) que mostram peixes, camarões, polvos, ostras, sapos e até larvas sendo ingeridos ainda vivos por seres humanos em caros e sofisticados restaurantes, além das mortes lentas de caranguejos e lagostas em tachos de água fervente. Também é possível encontrar como são torturados deliberadamente cães e touros antes do abate e consumo, ou a curta e impiedosa vida de gansos ou patos destinados a fornecer *foie gras*. Os civetas também são mantidos em cativeiro e sujeitos a maus tratos para produzir grãos de café. Ainda pode-se achar informações sobre os ursos negros que são criados com brutalidade para ofertar bile para medicamentos. E a caça indiscriminada por esporte; ou por peles, couros e ossos de elefantes, jacarés e focas; e os sacrifícios de animais para diversão, como touros, galos, canários e cachorros de briga (ou rinha), também

revelam o lado nefasto e soberbo do ser humano. Sem contar as experiências a *la Dr. Moreau* (WELL, 2020).

Mas eu também poderia revelar características extraordinárias de alguns animais. O crustáceo tamburutaca, ou tamarutaca, ou lagosta-boxeadora (*Odontodactylus scyallarus*), possui capacidades únicas de visão colorida, incluindo ultravioleta e infravermelho, e visão de luz polarizada (CHIOU *et al.*, 2008). Isso significa que ele pode ver em águas turvas e agitadas de forma clara, além de perceber mais de cinco vezes o número de cores que o ser humano. O *Homo sapiens* tem nos olhos três cones, que são receptores sensíveis à luz azul, verde e vermelho; a maioria dos mamíferos tem dois cones; algumas aves, répteis e anfíbios têm quatro cones; enquanto a tamburutaca tem 16 cones (PUC-SP, 2020), o que me obriga a concluir que na visão da tamburutaca nós somos bem limitados.

Para compensar a baixa visão, alguns animais têm capacidades auditivas aguçadas, como a maioria das espécies de morcegos, que se orientam por ecolocalização. Enquanto o ser humano consegue ouvir sons com frequência entre 20 e 20.000 Hz, os morcegos podem ouvir de 1.000 a 120.000 Hz (BRITANNICA DIGITAL LEARNING, 2020). Os golfinhos também têm capacidades fabulosas, podendo ouvir de 70 Hz a 240.000 Hz (ALBERTS, 2015), o que faz o ser humano ser praticamente surdo. Além disso, estudos sugerem que os golfinhos-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) são capazes de aprender ruídos característicos que identificam seus companheiros do bando, em outras palavras, cada golfinho tem um "nome" (KING; JANIK, 2013).

A lista de curiosidades sobre os animais também seria muito extensa para esse capítulo, como, por exemplo: coalas nunca tomam água; corujas têm três pálpebras com distintas funções; baleias dormem com metade do cérebro para não se esquecerem de respirar; ursos adultos podem correr tão rápido quanto cavalos; ratos sentem cócegas; e escorpiões brilham sob a luz negra (SÄFSTRÖM, 2016).

Em vez de me alongar, concluo que cada ser humano tem em si a experiência ancestral de ser um animal. E como tal,

quiçá um dia, sua consciência lhe revele os mistérios e a beleza de fazer parte desse universo em comunhão.

A bioética, tal como foi concebida por Van Rensselaer Potter, Fritz Jahr, Aldo Leopold e Albert Schweitzer, deixa extremamente claro que é necessário "submeter à análise ética, de forma pluralista e multidisciplinar, todo avanço científico" (MARQUES FILHO; HOSSNE, 2013, p. 206). É a ética do respeito à vida, conforme Schweitzer, em que somente qualifica como bom o sujeito que conserva e fomenta vidas.

Em 1952, Dr. Schweitzer recebeu o Prêmio Nobel da Paz por seus feitos humanitários e pacifistas na África antes, durante e após a I Guerra Mundial (MARQUES FILHO; HOSSNE, 2013). Ele já era doutor em filosofia, em teologia e ativista da bioética, quando foi cursar medicina para atender na África equatorial. A ele é atribuída a preciosa frase "Quando o homem aprender a respeitar até o menor ser da criação, seja animal ou vegetal, ninguém precisará ensiná-lo a amar seus semelhantes".

RELATO DE EXPERIÊNCIA

FAUNA URBANA

O educador Genebaldo Freire Dias sugere em seu livro **Educação Ambiental: princípios e práticas**, uma dinâmica chamada "Fauna Urbana", na qual é solicitado a um grupo de estudantes que se faça uma lista dos animais que vivem na cidade (DIAS, 2010).

Durante vários anos lecionei disciplinas relacionadas ao meio ambiente e, concomitantemente, estive à frente de projetos de educação ambiental. Já apliquei esta dinâmica em salas de aula de educação fundamental, ensino médio, cursos técnicos, cursos de graduação, pós-graduação e projetos sociais. O comportamento e os resultados são muito parecidos, independente do nível de instrução e faixa etária dos estudantes.

Os estudantes começam empolgados, dizendo o nome de muitos animais, sem repetição: cachorro, gato, rato, boi, mosquito, mosca, sapo, rã, aranha, borboleta, morcego, pomba, pardal, mariposa, barata, grilo, vagalume, joaninha, cavalo, minhoca, bem-te-vi. Normalmente, surgem piadas entre os colegas e a lista continua: beija-flor, abelha, marimbondo, cupim, pulga, piolho, carrapato, besouro, formiga, percevejo, libélula, gafanhoto, coruja e outros.

Dificilmente algum estudante se arrisca e diz: "O ser humano." E se isso acontece, logo os colegas tiram sarro: "Hahaha, o homem não é animal!"

É nesta hora que o(a) professor(a) entra em ação: "Se não é animal, é o quê? Vegetal ou mineral? Fungo ou bactéria?"

Após um breve instante de silêncio, todos passam a refletir e começam a se incluir na lista da fauna urbana.

O ser humano é um animal diferenciado, racional. Mas esta não é a única diferença entre os seres humanos e os outros animais. Para ilustrar as diferenças, eu distribuo para os estudantes um belíssimo texto de Luís Fernando Veríssimo chamado "O Único Animal" e leio com eles, fazendo pausas em cada linha para reflexão. Após a leitura, percebo que eles se perdem em pensamentos...

3.17. Dia Nacional da Ave (5 de outubro)

Andorinha em área rural, Maringá – PR
Foto: Larissa Trierveiler Pereira

O Decreto nº 63.234, de 12 de setembro de 1968, foi instituído para chamar atenção sobre a importância das aves para a natureza e a necessidade de preservá-las. Em 2002, o Decreto SN [9.675], de 03 de outubro, revogou o instrumento de 1968, instituiu o Dia da Ave em 5 de outubro e acrescentou que o sabiá (*Turdus Rufiventris*), símbolo representativo da fauna ornitológica brasileira, é considerado popularmente Ave Nacional do Brasil.

Em 2006, a ONU declarou 9 de maio como sendo o Dia Mundial das Aves Migratórias, que fornecem benefícios aos

ecossistemas que incluem controle de pragas, polinização de plantas e servem como fontes de alimento para outros animais selvagens (USGS, 2020).

A relevância dessas datas é a conscientização para a preservação das espécies, mas também para a alteração de nossos hábitos de consumo e estilo de vida. A quantidade de lixo no oceano tem colocado em risco as aves marinhas do mundo. Um estudo conduzido por pesquisadores do Imperial College London e da Organização para a Pesquisa Industrial e Científica da Comunidade da Austrália (CSIRO), em 2015, concluiu que cerca de 90% das aves marinhas tinham plástico em seu organismo (G1, 2015).

Segundo Jaggard (2020), estudos comprovam que as aves são sobreviventes ao cataclismo que dizimou os dinossauros há 66 milhões de anos. O achado do fóssil da espécie batizada por *Archaeopteryx*, em 1860, revelou uma ave do tamanho de um corvo que viveu há 150 milhões de anos. Essa espécie possuía mandíbulas com dentes afiados, membros anteriores equipados com garras, asas cobertas por penas, forquilha semelhante à de uma galinha atual e uma cauda óssea longa. Essas características surreais revelam laços próximos com répteis e aves.

Hoje, a cultura pop gosta de usar a imagem de pássaros com dentes, como a animação em *stop motion* Fuga das Galinhas, dos diretores Nick Park e Peter Lord, de 2000 (já há informações de continuação da premiada produção).

Atualmente, existem 10.426 espécies em todos os ambientes terrestres, do Polo Norte ao Polo Sul (ICMBIO, 2020). Segundo a fonte, só no Brasil, até 2017 havia 1.919 variedades de pássaros catalogados.

As aves distinguem-se dos outros animais pelas penas, que combinadas ao baixo peso, potência na musculatura, ossos pneumáticos (ocos), bicos córneos em vez de maxilas e dentes, alta taxa metabólica, visão aguçada e excelente coordenação neuromuscular, entre outras, conferem a maioria das espécies a capacidade de voar (DIBLASI FILHO, 2007).

Essa incomparável mobilidade das aves beneficia a migração sazonal e de longas distâncias, jornadas épicas, o que lhes garante condições favoráveis para procriação, com abundante alimento e redução de predadores (VALENTE *et al.*, 2011). Sabe-se que a migração das aves do hemisfério Norte é realizada por instinto, orientado pela posição do Sol, da Lua, das estrelas e pelos campos magnéticos da Terra (MCMILLAN, 2019).

Apesar de comprovado que o senso de orientação de pombos também é por campos magnéticos, a atuação dos pombos-correio acontece por causas diferentes das observadas nas aves migratórias. Os pombos-correio são aves consideradas domésticas e não se deslocam para procriação. Porém, os egípcios perceberam uma incrível habilidade de os pombos retornarem ao seu habitat de origem e isso os inspirou a usarem essas aves para transmitirem mensagens a locais remotos. Dessa forma, o sistema só funciona se o remetente tiver um pombo do local do destinatário. Assim, há 4 mil anos, por uma seleção artificial, os pombos-correio são utilizados pelo ser humano para essa tarefa árdua (HIRATA, 2008). Recentemente, foi descoberta uma raríssima mensagem de um pombo-correio na França, provavelmente da época da I Guerra Mundial, que não chegou a seu destino (BBC UK, 2020).

Além do preciso senso de orientação, algumas aves são recordistas em velocidade. O falcão-peregrino (*Falco peregrinus*) pode chegar a 320 km/h em um voo para atacar uma presa (SOARES, 2018). Contudo, existem aves que não voam e em vez disso correm, como o avestruz, a ema e o extinto dodô. Mesmo com tamanho de até 2,4 metros de altura e peso de 135 kg, a avestruz (*Struthio camelus*) consegue chegar a uma velocidade de 70 km/h, e afirma-se que há observações registradas de 96 km/h (HICKMAN; ROBERTS; LARSON, 2004). Com essa característica, uma ave muito conhecida, principalmente pelo público infantil, é o Papa-léguas (*Geococcyx californianus*), o *Bip-bip* do desenho animado de sucesso do século passado. Apesar de o papa-léguas correr até 30 km/h, seu criador, Chu-

ck Jones, fez com que o Coiote, que pode chegar a 70 km/h na vida real, nunca o alcançasse (PARDINI, 2013). Na imaginação das crianças tudo é possível.

Outras aves conseguem nadar, como o pinguim, o cisne e o ganso. No caso dos pinguins-imperadores (*Aptenodytes forsteri*), sua velocidade em mergulho pode chegar a 30 km/h em acelerações curtas (HODGES, 2012). Segundo a fonte, a possível explicação para tamanha velocidade é a liberação de ar das penas em forma de bolhas, que reduzem a densidade e a viscosidade da água ao redor do corpo do pinguim.

Com relação à alimentação, a maioria das aves consomem sementes, frutas, insetos e peixes, mas algumas têm o cardápio variado como, por exemplo, os corvos, urubus e outras aves que se alimentam de carcaças. Geralmente, a alimentação está relacionada com o tipo do bico. O Quadro 3.17.1 apresenta algumas diferentes funções dos bicos das aves.

Quadro 3.17.1 - Algumas funções dos bicos das aves

Tipo do bico	Função e tipo de alimento	Exemplo
Forte e pontiagudo, não muito alongado (generalizado)	Generalizado	Corvo-comum (*Corvo corax*)
Forte, curto e cônico	Quebrar sementes	Bicudo (*Sporophila maximiliani*)
Forte, curto e fino	Capturar insetos	Príncipe (*Pyrocephalus rubinus*)
Forte, não muito curto e fino	Quebrar madeira	Pica-pau-de-cabeça-amarela (*Celeus flavescens*)
Longo, fino e agudo	Alcançar néctar em flores profundas	Beija-flor-rajado (*Rhamphodon naevius*)
Longo e fino, levemente curvado para cima	Capturar vermes em cavidades	Maçarico-pernilongo (*Recurvirosta americana*)
Longo e fino como uma lança	Pescar peixe como uma flecha	Garça-azul (*Egretta caerulea*)
Longo e grosso, com uma "bolsa" na parte inferior	Pescar peixe como uma rede	Pelicano-branco (*Pelecanus Onocrotalus*)
Longo e grosso, curvado para baixo com bordas serrilhadas	Peneirar lodo	Flamingo-chileno (*Phoenicopterus chilensis*)
Longo e grosso, curvado para baixo	Apanhar frutas, insetos e até filhotes de outros passarinhos	Tucano-de-bico-preto (*Ramphastos vitellinus*)

Continua

Continuação

Curto e curvado para baixo	Quebrar frutos duros	Arara-vermelha (*Ara chloropterus*)
Forte, não tão longo, muito afiado e curvado para baixo	Dilacerar carne	Águia-cinzenta (*Urubitinga coronata*)

Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004), Souza (2017), organizado pela autora.

Segundo Hickman, Roberts e Larson (2004), a expressão "comer como um passarinho" é aplicada erroneamente, pois os pássaros comem pequenas porções devido ao seu tamanho, porém se alimentam inúmeras vezes ao dia. Como seu metabolismo é intenso, as aves são vorazes na ingestão de alimentos.

Outra característica marcante em muitas espécies de aves é o dimorfismo sexual, termo utilizado para as diferenças externas entre machos e fêmeas (INMA, 2016). Entre os cisnes não há diferenças, mas notadamente em pavões, beija-flores e canários o macho é o mais colorido, mais vistoso e com canto mais vigoroso. Isso o faz atrair fêmeas para seu território para o acasalamento (NISHIDA; UIEDA, 2011).

Na sequência, as aves necessitam de locais apropriados para botar e chocar os ovos, e cuidar da prole. Algumas espécies fazem ninhos elementares, de forma não-elaborada, simplesmente em um pequeno buraco, ou no próprio solo, ou no toco de árvores. Esse é o caso do bacurau-chintã (*Hydropsalis parvula*), do talha-mar (*Rynchops niger intercedens*) e da mãe-da-lua (*Nyctibius griseus*) (WIKIAVES, 2018).

Outras aves têm hábitos de escavar seus ninhos em árvores, no solo ou em cupinzeiros, como os pica-paus, a coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) e a ariramba-castanha (*Galbalcyrhynchus purusianus*), respectivamente (WIKIAVES, 2018).

Algumas espécies apenas arrumam um ambiente com algumas folhas, penas, gravetos, musgo e teias de aranhas para colocarem seus ovos. Isso pode ser no chão, como faz o quero-quero (*Vanellus chilensis*), em galhos, como o pombão (*Patagioenas picazuro*), ou em paredões e escarpas, como o taperuçu-de-coleira-branca (*Streptoprocne zonaris*) (WIKIAVES, 2018).

Já as espécies aquáticas, como as da família dos mergulhões, constroem estruturas sobre a água calma, em montes de lama, ou em áreas de vegetação aquática densa (TERRA DA GENTE, 2019).

Mas os ninhos mais famosos são os bem-elaborados, como os do joão-de-barro (*Furnarius rufus*), também conhecido como barreiro (no Rio Grande do Sul), maria-barreira (na Bahia), forneiro, pedreiro, oleiro e amassa-barro. Seus ninhos são verdadeiras obras de arte e já foram estudados por engenheiros e arquitetos. O casal de pequenos pássaros utiliza barro úmido, esterco e palha para construção de sua "casa" que, geralmente, tem a entrada voltada para a direção do nascer-do-sol. Entre a entrada e a câmara incubadora há uma parede que serve como proteção contra o vento, a chuva e os predadores. Após ser abandonada pelo casal, a casa pode ser aproveitada por outras espécies, porém uma dificuldade na reutilização é a alta temperatura interna, semelhante a um forno (VASCONCELOS, 2019).

Também em árvores, outras espécies tecem incríveis bolsas de até 70 cm de comprimento com gravetos e capim, formando verdadeiros condomínios de jacus (*Psarocolius decumanu*) e xexéus (*Cacicus cela*) (TERRA DA GENTE, 2019).

Com relação ao tamanho, os ninhos de tuiuiú (*Jaburu mycteria*) e gavião-real (*Harpia harpyja*) chamam a atenção, pois são possíveis de suportar uma pessoa adulta ao final do ciclo reprodutivo, quando o ninho está bem consolidado (WIKIAVES, 2018).

Contudo, e como na natureza tudo é possível, existem espécies que não fazem ninhos e parasitam ninhos de outras espécies (nidoparasitismo). É o caso do chupim (*Molothrus bonariensis*), cuja intenção é fazer com que pais adotivos criem seus filhotes (WIKIAVES, 2018).

O canto das aves também fascina o ser humano. A voz humana pode ser treinada até que soe como o trinar dos canários. Infelizmente, alguns pássaros ainda são presos em gaiolas para que cantem exclusivamente para seus donos humanos, já que estes não conseguem gorjear.

Algumas invenções humanas inspiradas em aves podem ser destacadas, como os binóculos, especialmente os de visão noturna, que imitam os aguçados olhos das águias e das corujas. Entretanto, a invenção mais ousada é sem dúvida o avião, o meio de transporte mais veloz do planeta.

As asas do avião foram baseadas nas estruturas das asas das aves, que possuem formato aerodinâmico. Existem quatro tipos básicos de asas das aves e de aviões: asas elípticas (que proporcionam boas manobras às aves, como pardais, gralhas e pica-paus), asas planadoras (como as de condores, albatrozes e fragatas), asas de alta velocidade (como as de beija-flores, andorinhas e gaivotas) e asas de grande sustentação (como as de urubus, gaviões e águias). Segundo Hickman, Roberts e Larson (2004), as asas do caça britânico *Spitfire*, um avião altamente manobrável da Segunda Guerra Mundial, correspondiam ao esboço das asas dos pardais. Naquela época, também foram amplamente utilizados os aviões planadores, que hoje são usados para esportes e estudos científicos. Os helicópteros foram criados a partir da observação dos beija-flores, que tem a capacidade de voar em todas as direções e até de cabeça para baixo. Porém, a estrutura de ascensão não é a mesma; o beija-flor bate as asas com movimentos na forma de um número 8, enquanto o helicóptero gira as hélices em movimentos circulares.

Com tantos encantamentos e ensinamentos, os seres humanos se inspiraram nas aves para criar mitologia e lendas. Na antiguidade, mitos de várias civilizações relatam a história da *Fênix*, ave que após uma longa vida morre queimada e ressurge de suas cinzas. Por isso, os egípcios acreditavam que a fênix era a alma de Rá, o deus-sol. Essa narração tem acompanhado a humanidade por toda sua história e suas culturas, simbolizando a imortalidade, o renascimento espiritual, a perpetuação, a ressurreição e a esperança (SUPERINTERESSANTE, 2011).

No Antigo Egito, algumas divindades eram meio humanas e meio animais. *Hórus*, filho de *Osíris* e Ísis, era representado, geralmente, com corpo de homem e cabeça de falcão. Essa ave simbolizava a força, o poder, a vitória e a salvação.

Os egípcios ainda acreditavam que seus olhos representavam o sol e a lua. O olho de Hórus, também chamado de *Udyat*, tornou-se um dos mais populares amuletos do Egito, usado até hoje. Hórus, também conhecido como o deus do céu, tem um grandioso e bem conservado templo na cidade de Edfu, no sul do Egito (SANTOS, T., 2020).

Igualmente representado com o corpo humano e a cabeça de uma ave pernalta de bico longo e recurvado, a íbis, o pássaro sagrado, *Toth*, deus da magia, da sabedoria e das artes, era uma das mais importantes divindades egípcias (BAKOS, 2014). Segundo a pesquisadora, esse deus egípcio inventou, entre outras coisas, a forma das pirâmides, o calendário egípcio e a escrita hieroglífica, que fez dele o patrono dos escribas.

Outra divindade egípcia, *Maat*, deusa da verdade, da justiça, da ordem e do equilíbrio, era representada por uma mulher jovem exibindo na cabeça uma pluma de avestruz. Com essa pena da verdade, ela pesava os corações dos mortos que chegassem ao *Salão de Julgamento* subterrâneo. O "julgado" deveria confessar o que havia realizado em vida, relatando todos os atos que havia cometido a favor ou contra seus semelhantes, a natureza ou as leis cósmicas. Se mentisse, a balança penderia para o lado do coração, mais pesado do que a pena de *Maat*. Isso faria com que o indivíduo fosse reprovado de alcançar níveis celestiais mais altos e deveria passar por provações para se redimir (CÂMARA, 2011).

No hinduísmo, a figura mitológica *Garuda* também era representada com corpo humano, asas, cabeça e pés de ave de rapina. Esse pássaro solar brilhante é o meio de transporte do deus *Vishnu*. A lenda diz que os *Garudas* moram em ninhos no alto das árvores gigantescas que têm as raízes dentro das águas, nas praias limítrofes da lendária Floresta de *Himmapan*. Até os dias atuais, o *Garuda* é o emblema da Tailândia e da Indonésia (DALLAPICCOLA, 2006).

Outro mito, que ainda é muito difundido entre as crianças, é o da cegonha que traz os bebês. Estima-se que essa lenda surgiu na Escandinávia para explicar às crianças como um

bebê surgia em casa repentinamente. Também era dito para as crianças que, distraidamente, a cegonha havia bicado a perna da mãe, o que justificava o resguardo após o parto. A ave foi escolhida para essa função porque é dócil, protetora e fiel, pois dedica atenção especial às aves doentes ou mais velhas, e sempre voltam ao mesmo ninho para colocar seus ovos e cuidar dos filhotes (SUPERINTERESSANTE, 2015).

A lenda se globalizou com o conto *As Cegonhas*, do aclamado escritor e poeta dinamarquês Hans Christian Andersen (1805-1875). Andersen também é o autor dos clássicos *O patinho feio*, *O rouxinol*, *A pequena sereia*, *A rainha da neve*, *A roupa nova do rei*, *O soldadinho de chumbo*, entre outros. Por sua preciosa contribuição à literatura infantil, o dia de seu aniversário, 2 de abril, foi declarado o Dia Internacional do Livro Infantil. No Brasil, o Dia Nacional do Livro Infantil é 18 de abril por ser a data de nascimento de Monteiro Lobato, que também imprimiu no imaginário infantil histórias que remetem às aves, como a série *Sítio do Pica-pau Amarelo*.

Ainda podem ser lembrados os grandes sucessos literários que contém ensinamentos filosóficos, tendo algumas aves como personagens principais. A história de *Fernão Capelo Gaivota* é uma alegoria sobre a importância do amor e da educação, a busca por liberdade e a realização dos sonhos. O autor, Richard Bach, coloca muita sensibilidade em Fernão quando a ave reflete que talvez o segredo do voo seja manter as asas imóveis; ou que a liberdade é a essência de todo o ser (BACH, 2001).

Outro exemplo é o livro do autor Leonardo Boff, *A águia e a galinha*, uma metáfora da condição humana. O livro traz uma história contada pelo africano James Aggrey, em que um filhote de águia fora criado com galinhas e quase se esquecera de que era uma águia na vida adulta. Ele diz que Deus fez os seres humanos para serem águias, mas algumas pessoas tratam seus semelhantes como galinhas, fazendo-os acreditar que jamais voarão e que devem ficar cabisbaixos, ciscando o chão. Aggrey diz que devemos acreditar em nosso coração de águias e buscar a liberdade (BOFF, 2000). E a liberdade só é consegui-

da quando temos autonomia de pensamento, quando podemos formular nossas próprias teorias, quando temos conhecimento suficiente para questionar. Essa é a magia da educação.

Mas além dessa mensagem, Boff também faz outra correlação, igualmente importante e bastante explorada em outro livro, *O Despertar da Águia* (BOFF, 2015). O autor não descarta nossa fundamental dimensão-galinha, pois esta representa nossas necessidades básicas e de segurança, além da consciência de humildade, no real sentido da origem da palavra (do latim *humus*, terra), *pés no chão*. Precisamos, portanto, alimentar as duas aves de nosso íntimo: o básico e o libertador. Fazendo uma analogia com a Pirâmide de Maslow (FERREIRA; DEMUTTI; GIMENEZ, 2010), a dimensão-galinha representaria as necessidades humanas fisiológicas da base da pirâmide, enquanto que a dimensão-águia seria representada pelo topo da pirâmide, onde está a autoestima e a realização pessoal. É tudo uma questão de equilíbrio das dualidades.

3.18. Dia Nacional do Rio (24 de novembro)

Cascata do rio Pöllat, Schwangau – Alemanha
Foto: Mariléa Trierveiler Pereira

Existe um consenso entre os órgãos ambientais federais que no dia 24 de novembro é comemorado o Dia Nacional do Rio. Entretanto, não existe legislação federal que institui essa data, apenas legislações estaduais gerais e específicas.

Em 1991, o município de Piraquara (PR) instituiu o dia 24 de novembro como Dia do Rio pela Lei Municipal nº 98, e essa data parece ser a precursora das demais que a sucederam. Antes desse ano, outras prefeituras haviam instituído a data comemorativa, porém em outros dias. Em 23 de abril de 1992,

a Lei Municipal nº 7.815, de São Paulo, instituiu o Dia do Rio Tietê como forma de preservar este precioso bem público. No Estado do Paraná, o Dia do Rio foi instituído pela Lei Estadual nº 11.275, de 21 de dezembro de 1995, e em Santa Catariana o dia foi criado pela Lei Estadual nº 13.748, de 8 de maio de 2006.

Para a definição do que seja um rio é importante destacar o conceito jurídico, que se expressa em corrente d'água. Portanto, um curso de água *natural*, que corre de uma parte mais elevada para uma mais baixa e que deságua em outra corrente d'água, ou em um lago, ou no mar, é uma definição que pode se aplicar para arroio, córrego, ribeirão, riacho e rio. O que irá diferenciar entre esses termos é a vazão do corpo d'água, sendo que o rio é o que tem maior caudal. Não há, entretanto, faixas limítrofes de vazões que possam categorizar os termos (PRADO, 2008).

Outros termos importantes associados aos rios estão apresentados no Quadro 3.18.1.

Quadro 3.18.1 - Termos importantes associados aos rios

Termo	Conceituação
Nascente	Local onde o aquífero aflora e dá origem a um curso d'água.
Leito, ou leito menor, ou álveo	Local ocupado pelas correntes de água.
Talvegue	Linha de maior profundidade do leito de um curso d'água, variável ao longo do tempo devido às movimentações da água e dos materiais particulados.
Margem	Área terrestre que limita o leito. Ao se dar as costas para a nascente, tem-se a margem direita à direita; e a margem esquerda à esquerda.
Leito de vazante	Local onde o curso d'água escoa em época de seca.
Leito maior, ou planície de inundação	Local por onde o curso d'água escoa em época de inundação.
Afluente	São cursos d'água menores que alimentam cursos d'água maiores. Podem ser de várias ordens, sendo a primeira ordem correspondente à nascente. Todos os afluentes deságuam em um rio principal.
Confluência	Ponto de junção de dois cursos d'água que formam um rio único.
Foz	Local de fim de um curso d'água, pode ser em uma confluência, ou em um lago ou no mar.
Meandro	Caminho tortuoso de um curso d'água.
Montante	É um termo usado para a região que está mais próxima à nascente.

Continua

Continuação

Jusante	É um termo usado para a região que está mais próxima à foz.
Bacia hidrográfica	É a área drenada por um curso d'água principal e seus afluentes. Também é usual o conceito de *microbacias hidrográficas* onde normalmente estão inseridas as atividades humanas e podem chegar até 100 hectares.

FONTES: Ribeiro (2020), Eckhardt (2008), Lima (2008), organizado pela autora.

Devido ao seu movimento, os rios são os agentes mais importantes no transporte de materiais intemperizados das áreas mais altas para as mais baixas, ou dos continentes para os lagos e o mar (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

Assim, a principal diferença entre cursos d'água e lagos é justamente a velocidade da água, que em lagos é muito pequena. Dessa forma, pode-se dizer que as correntes d'água são ambientes *lóticos* e suas águas estão sempre sendo renovadas, ao contrário dos ambientes *lênticos* (lagos, lagoas, reservatórios e açudes). Os córregos ou rios também podem ter leito rochoso e apresentar incorporação de oxigênio de forma abundante, enquanto os lagos não têm essa capacidade, ficando restritos às trocas gasosas por difusão. Outra diferença entre esses corpos d'água é que os rios sempre têm água doce, enquanto os lagos podem ter salinidade variável, podendo ser doces, salinos ou salobros (ODUM, 2012).

Com relação aos elementos dissolvidos na água, quer sejam naturais ou poluentes, pode-se dizer que os rios têm dispersão unidirecional, apenas na direção do fluxo (longitudinal). A velocidade e a turbulência são responsáveis pela mistura praticamente homogênea por todo o rio. Já nos ambientes lênticos, deve-se considerar a mistura e dispersão em duas direções, tanto transversal, de margem a margem, quanto vertical, da superfície ao fundo. Se a comparação for feita em ambientes estuarinos, onde a água doce do rio encontra a água salgada do mar, deve-se examinar a dispersão em três dimensões: longitudinal, transversal e vertical (FISCHER *et al.*, 1979; HEMON; FECHNER, 2015).

Todas essas diferenças fazem com que os ecossistemas fluviais, lacustres e estuarinos sejam bem diferentes com rela-

ção aos elementos bióticos e abióticos, e os problemas relacionados a eles também (ODUM, 2012).

Também há diferenças com relação ao tamanho dos rios, tanto em extensão quanto em volume de água. Os grandes rios em extensão normalmente atravessam diversas regiões e países, o que pode dificultar seu gerenciamento. Em contrapartida, têm grandes volumes de água que podem amortizar cargas de poluentes, interferir no microclima e abastecer populações.

Quando se fala em grandes rios no mundo, o rio Nilo aparece como o maior em extensão, seguido do rio Amazonas. Nas últimas duas décadas, equipes de pesquisadores brasileiros e peruanos reivindicam o título ao rio Amazonas, porém as nascentes apontadas para extensão do rio são de difícil localização e algumas são intermitentes, fatos que ainda não foram consideradas pela comunidade científica (WORLD ATLAS, 2019). Por sua vez, pesquisadores africanos também estão à procura de nascentes mais extensas para o rio Nilo. Apesar do debate ainda estar voga, o rio Nilo continua sendo o mais extenso rio do mundo, com 6.693 km, compartilhado por onze países da África. Esse curso d'água é a principal fonte de água do Egito e do Sudão.

O rio Amazonas, 257 km menor do que o Nilo atualmente, é, sem sombra de dúvidas, o que tem maior volume de água, com vazão de, aproximadamente, 200 milhões de litros por segundo na foz (MMA, 2006). A bacia hidrográfica da Amazônia abrange sete países (Brasil, Bolívia, Guiana, Venezuela, Equador, Colômbia e Peru) e no Brasil compreende sete Estados (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima).

De acordo com o World Atlas (2019), o terceiro maior rio do mundo, e o maior da Ásia, é o Yang-Tsé, o maior inteiramente dentro de um país (China). Esse rio corre de oeste a leste, possui a maior usina hidrelétrica do mundo, Três Gargantas, e desagua no Mar da China Oriental, em Xangai. A bacia do rio Yang-Tsé abriga um terço da população da China. Outros grandes sistemas fluviais são compostos pelos rios Mississipi-Missouri-Jefferson, nos EUA e Canadá; e Yenisei-Angara-Selenge, na Mongólia e Rússia.

Alguns rios extensos entraram para a história da humanidade por darem vida às grandes civilizações hidráulicas da Idade Antiga, há mais de 6 mil anos. O já comentado rio Nilo era gerenciado pelos egípcios e o controle das cheias era feito por meio de inscrições em pedras. De acordo com Stevaux e Latrubesse (2017), a pedra de Palermo, considerada a mais antiga publicação hidrológica, datada de 2.800 a.C., contém 52 anos de medidas contínuas do nível do rio Nilo.

A área que compreende esse rio, mais a do Tigre e Eufrates, é considerada pelos historiadores como Crescente Fértil por suas abundantes características agrícolas. Foram os rios Tigre e Eufrates que possibilitaram a irrigação e a produção de alimentos nas terras áridas da Mesopotâmia. Suas águas foram disputadas por sumérios, babilônicos e assírios (TURCI, 2020). Os rios Tigres e Eufrates correm paralelamente no sentido norte-sudeste até se encontrarem no sudeste do atual Iraque, formando o rio Shatt-Al-Arab, que desagua no Golfo Pérsico (BRITANNICA, 2020).

Outras civilizações, como Sri Lanka, Índia, China e Inca tiveram seu florescimento ligado aos rios (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

Também herança dessa longínqua época, existem alguns rios considerados sagrados e místicos por religiões. O rio Jordão, que divide Jordânia, Israel e Síria até desaguar no Mar Morto, aparece no Antigo Testamento da Bíblia, quando os judeus o atravessaram carregando a Arca da Aliança; e no Novo Testamento, quando Jesus foi batizado por seu primo, João Batista. O rio Ganges, na Índia, é considerado pelos hindus como a forma terrena da deusa Ganga e fonte de purificação dos pecados para os banhistas. Infelizmente, o ritual divino tem transformado o Ganges em um dos rios mais poluídos do mundo (GARGIONI, 2018). Conforme a fonte, outros rios sagrados menos conhecidos são Urubamba, no Peru; Osun, na Nigéria; Whanganui, na Nova Zelândia; e Bagmati, no Nepal.

Com relação à extraordinária beleza natural, pode ser destacado o rio *Caño Cristales*, na Colômbia, ou rio das Cinco

Cores. Esse codinome já explica a rara beleza, produzida de julho a novembro por plantas aquáticas (*Macarenia clavigera*) vermelhas, róseas e amarelas (BERG, 2014).

Outros espetáculos grandiosos da natureza são as Cataratas do Niágara, na divisa entre EUA e Canadá; e as Cataratas de Victoria, no rio Zambeze, na fronteira entre Zâmbia e Zimbábue; e as Cataratas do Iguaçu, em Foz do Iguaçu (UNESCO, 2020).

É por essas e outras que, quando se trata de águas superficiais, o Brasil está sempre em destaque. De acordo com a Resolução nº 32/2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), o Brasil possui doze grandes bacias hidrográficas: Amazônica (a mais extensa do mundo e com 60% localizada no Brasil), Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Parnaíba, São Francisco, Atlântico Leste, Paraguai, Paraná, Sudeste, Uruguai e Atlântico Sul (ANA, 2020b). Espalhadas por essas bacias, ao todo, existem 200 mil microbacias (MMA, 2020g). Em que pese a abundância, os recursos hídricos brasileiros não são inesgotáveis e o acesso à água não é igual para todos. As características geográficas de cada região e as mudanças de vazão dos rios, que ocorrem devido às variações climáticas ao longo do ano, afetam a distribuição e a disponibilidade hídrica (MMA, 2020g).

Por essa razão, na grande maioria das vezes, os rios têm usos múltiplos. Além de serem utilizados para abastecimento público, são usados para abastecimento industrial, atividades agropecuárias, aquicultura, geração de energia, navegação, preservação da fauna e flora, recreação e ainda como receptores de efluentes tratados (às vezes, infelizmente, *in natura*) (BRAGA *et al.*, 2005).

No Brasil, de todos esses usos, a navegação é o menos utilizado. Conforme a Confederação Nacional do Transporte (CNT), a malha potencial utilizável de hidrovias é de 63 mil km e, em 2019, apenas 19,5 mil km (30,9% do total) eram utilizados (G1, 2019). De acordo com a fonte, o principal fator responsável pela baixa utilização do transporte hidroviário é o baixo

investimento no modal, que envolvem questões de infraestrutura, operação e burocracias. Segundo a CNT, as hidrovias são consideradas sustentáveis e, entre outras vantagens, são mais econômicas. O frete, por exemplo, é 60% menor do que o transporte rodoviário e 30% mais barato do que o ferroviário.

Enquanto isso, países como China, Estados Unidos, Alemanha e Escócia investem em obras de engenharia para hidrovias, pois alguns rios precisam de intervenções humanas para se tornarem navegáveis. Caso haja alterações nas margens ou leito do rio, ou a retificação de seu traçado original, ou o aumento das dimensões de suas seções, ou mudanças nas declividades de seus trechos, tem-se um *rio canalizado* (ALENCAR, 2017). Como alternativa, um *canal* pode ser construído para conectar regiões sem malha hidroviária, como o Canal de Suez, no Egito, com 193 km de extensão que conecta o Mar Mediterrâneo ao Golfo de Suez, um braço ao norte do Mar Vermelho, encurtando a viagem entre a Europa e a Índia em, aproximadamente, 7 mil km (MARINEINSIGHT, 2019).

Em qualquer um dos casos, a construção de eclusas também pode ser necessária. No Brasil, existem 16 eclusas em operação, sendo uma na hidrovia Tocantins, uma na hidrovia Parnaíba, uma na hidrovia São Francisco, nove na hidrovia Tietê-Paraná e quatro na hidrovia Sul (DNIT, 2020).

Pelo mundo, algumas eclusas famosas também merecem distinções. As mais conhecidas são as do Canal do Panamá, há mais de 100 anos em operação, que ligam o Oceano Atlântico ao Pacífico por 82 km, ao invés dos 15 mil km de rota para contornar a América do Sul pelo perigoso cabo Horn (ACP, 2013). Diferentemente do Canal de Suez, que foi totalmente construído no mesmo nível, o Canal do Panamá, devido à acidentada topografia local, precisou de três eclusas do lado do Atlântico e duas do lado Pacífico para chegar ao Lago Gatún, que fica no centro do istmo[31], a 26 metros do nível do mar.

31 Istmo é um termo da geografia usado para definir uma estreita faixa de terra que liga duas áreas de terra maiores. Toda a América Central pode ser

A eclusa de *Falkirk*, na Escócia, também é uma obra fantástica. Na verdade, a estrutura não é chamada de eclusa, e sim, de *roda* devido a sua concepção. É como se fosse uma roda gigante de 35 metros. Por esse motivo, é possível fazer o transporte de dois barcos ao mesmo tempo: enquanto uma embarcação sobe, a outra desce, girando por uma roda presa a um eixo. O vídeo disponibilizado pela operadora da *Falkirk Wheel* é bem ilustrativo sobre seu funcionamento (SCOTTISH CANALS, 2020). O projeto conseguiu reativar o transporte hidroviário de dois canais, interligando duas importantes cidades, Glasgow e Edimburgo, que outrora era realizado por meio de onze eclusas.

Com o mesmo propósito de diminuir distâncias, o ousado projeto da ponte hidroviária de Magdeburgo, na Alemanha, permite que embarcações cruzem por cima do rio Elba pelo Canal Mittelland. É como se fosse um viaduto por onde passam barcos, tanto em cima quanto embaixo. Antes da construção da hidroponte, para conectar a Alemanha oriental à ocidental, as embarcações realizavam um trajeto com 12 km e algumas horas a mais, pois era necessário transpor diversas eclusas antigas. Por essa ponte aquífera, o porto fluvial de Berlim pode conectar-se ao rio Reno, sendo uma importante via de transporte de cargas (DW, 2003).

Mas, apesar de essas elegantes construções solucionarem problemas logísticos e econômicos, diversos problemas precisam ser contornados para não prejudicarem o uso hidráulico de um rio ou canal. O uso inadequado do solo e a retirada da vegetação de proteção das bacias hidrográficas podem intensificar a erosão, o que leva ao aporte excessivo de sedimentos no leito de rios e canais, ocasionando um processo conhecido por assoreamento (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). Essa acelerada transferência de sedimentos por atividades antrópicas ao

considerada como um istmo que liga a América do Sul à América do Norte. Em um recorte geográfico menor, tem-se como exemplos os istmos do Panamá e Suez.

longo do sistema fluvial reduz a profundidade disponível para o transporte de embarcações e obriga a realização periódica de dragagem dos leitos. Evidentemente, o assoreamento limita os usos múltiplos das águas de um rio pela redução do volume de água disponível e degradação da qualidade da água.

O assoreamento também pode ocorrer por eventos críticos instantâneos. Dois tristes exemplos recentes de grandes áreas afetadas pelo assoreamento aconteceram pelos rompimentos de barragens de contenção de rejeitos de mineração em Mariana e Brumadinho, ambas em Minas Gerais.

No dia 5 de novembro de 2015, por volta das 15 horas, a barragem de rejeitos de Fundão, da mineradora Samarco, no município de Mariana, rompeu-se, provocando uma enxurrada de lama e resíduos de 70 milhões de metros cúbicos. O primeiro impacto foi a chegada dos rejeitos, em onze minutos, ao distrito histórico de Bento Rodrigues, com população estimada de 612 pessoas. Juntamente com a tragédia pessoal dos que perderam parentes e amigos (ao todo foram 19 mortes), esse acidente provocou grande degradação do rio Doce e outros rios menores, Gualaxo do Norte e Carmo (OLIVEIRA, 2019).

Segundo a Folha de São Paulo (2015), a lama de rejeitos afetou, pelo menos, dez municípios em Minas Gerais e dois no Espírito Santo, provocando desabastecimento em Governador Valadares (MG) e Colatina (ES), por serem dependentes do rio Doce. Após percorrer 650 quilômetros pelo rio Doce por duas semanas, os sedimentos atingiram o Oceano Atlântico, na cidade de Linares, norte do Espírito Santo (ESTADÃO, 2015) e as praias de Regência, Povoação e Pontal do Ipiranga foram consideradas impróprias para banho. A região da foz do rio Doce é área ambientalmente protegida por ser considerada berçário para várias espécies marinhas, como tartarugas.

Como se não bastasse, no dia 25 de janeiro de 2019, a situação se repetiu com superior gravidade em Brumadinho, o que foi considerado pelos especialistas, o maior desastre e maior acidente de trabalho do Brasil, causando 270 vítimas fatais, 11 ainda desaparecidas (FRANCO, 2020).

Essas evitáveis calamidades causaram a perda inestimável de vidas humanas e de outros seres vivos da biota local, com possível extinção de espécies (OLIVEIRA, 2019). Segundo a pesquisadora, outros impactos foram a alteração da vazão dos rios, a degradação da água e da paisagem, a destruição de áreas de reprodução de peixes e áreas berçários, a alteração de processos ecológicos, a redução de populações bióticas, a redução da área coberta por vegetação nativa nas margens dos rios, a redução da biodiversidade, o comprometimento do estoque pesqueiro, a redução da disponibilidade de emprego, a redução da renda *per capita*, a deterioração da saúde física e mental das populações atingidas, incalculáveis prejuízos para a economia local e a impossibilidade do uso da água de rios para abastecimento rural e urbano.

Na falta de rios, uma possível alternativa no meio rural para produção agropecuária é a irrigação artificial por meio de canais, como acontece no Nordeste brasileiro. Porém, a malha fluvial da região por vezes não é suficiente para uma irrigação adequada. Uma arrojada solução é a construção de canais para compartilhamento da água de outras bacias hidrográficas. A polêmica transposição do rio São Francisco é a maior obra hídrica realizada no país neste sentido, segundo a Gazeta do Povo (2020). De acordo com a fonte, a obra tem 477 km de extensão e inclui aquedutos, estações de bombeamento, reservatórios, túneis, subestações de energia e linhas de transmissão em alta tensão. Ao finalizar a obra de compartilhamento da água, certamente serão inauguradas algumas incertezas, como o manejo da água de irrigação e a manutenção do rio doador. Se não for dada atenção a essas particularidades, todo o projeto poderá ser fracassado.

Nas regiões urbanas, são cada vez mais comuns os problemas gerados por ocupações irregulares e clandestinas perto dos rios em épocas chuvosas. As enchentes dos rios são fenômenos naturais, que ocorrem por precipitações intensas, maiores do que as normalmente observadas. Porém, esse fato acontece em ciclos e a área do leito maior do rio não deve ser

ocupada por construções. Em muitas cidades, quando essa imposição não é respeitada, a enchente do rio se transforma em inundação, com perdas humanas e patrimoniais (MMA, 2020h).

O Quadro 3.18.2 exibe os conceitos de desastres naturais hidrológicos segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) (MIN, 2012), adotada por força legal da Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, do Ministério de Integração Nacional.

Quadro 3.18.2 - Desastres naturais hidrológicos do COBRADE

COBRADE	Subgrupo	Definição
1.2.1.0.0	Inundações	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.
1.2.2.0.0	Enxurradas	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.
1.2.3.0.0	Alagamentos	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.

FONTE: MIN (2012).

Os alagamentos, enxurradas e inundações também ocorrem por canalização dos rios, tanto a céu aberto como subterrâneos. Como suas condições naturais são alteradas, a área de infiltração é reduzida e, durante uma chuva intensa, o extravasamento é inevitável (ALENCAR, 2017). Além disso, a impermeabilização do solo nas áreas urbanas favorece o aumento do escoamento superficial das águas de chuva e as calhas fluviais não são suficientes para dar vazão a todo o volume concentrado.

Segundo o MMA (2020h), uma solução para minimização do problema seria a desconstrução dos canais, ou seja, a renaturalização dos rios e córregos urbanos, com a criação de parques lineares, áreas de lazer, esporte e turismo ao longo do curso d'água. O exemplo mais notório desse tipo de projeto foi a reabertura do córrego Cheong-Gye, em Seul, na Coreia do Sul.

O projeto de revitalização finalizou em 2005, com a demolição de uma larga avenida e de uma via elevada que haviam sido construídas em cima do córrego canalizado (REIS; SILVA, 2016). Atualmente, os sul-coreanos têm um córrego brilhante de quase 6 km, com 3,6 km de linha contínua de área verde para pedestres, ciclistas e animais. O projeto urbanístico incluiu um campo de recreação, passeio e descanso, com plantas e orla visitável com passagens transversais.

Outras formas menos garbosas para a contenção de enchentes seriam os projetos paliativos de reservatórios de retenção e detenção hidráulica. Os reservatórios de retenção são mantidos permanentemente com água e são usados como amortecimento das velocidades e das vazões das águas de chuva (PARANÁ, 2002). Exemplos dessa situação são os lagos localizados em parques na cidade de Curitiba, como no Barigui e São Lourenço.

Já os reservatórios de detenção são áreas superficiais ou subterrâneas vazias que retardam a chegada das águas pluviais aos corpos receptores, diminuindo o escoamento de água no pico da precipitação (PARANÁ, 2002). Os conhecidos piscinões da cidade de São Paulo enquadram-se nessa circunstância.

Ainda podem ser listadas as soluções sustentáveis de drenagem urbana, como aumento de arborização urbana, telhados verdes, bacias ou valas de infiltração, jardins, calçadas ecológicas e asfaltos permeáveis (FARR, 2013). Esses processos remetem à ideia de Kobiyama, Mota e Corseuil (2008), que sugerem a troca do conceito de “drenagem urbana” por “armazenamento urbano”.

Além de todos os impactos indesejáveis já listados, as inundações, enxurradas e alagamentos levam poluição e contaminação para as áreas afetadas. As principais causas são sedimentos, resíduos, solventes e, principalmente, esgoto, que podem transmitir doenças como leptospirose, hepatite A, diarreia bacteriana, febre tifóide e tétano (RUPRECHT, 2020).

Fora de situações de emergência hídrica, a poluição de um rio por esgoto representa a maior preocupação dentre

todos os poluentes. No Brasil, apenas nos três primeiros meses de 2020, 40 mil internações aconteceram por falta de saneamento básico (VELASCO, 2020). Dados mostram que 3,3% da população do Brasil não são atendidos por esgotamento sanitário (MDR, 2019).

Além da transmissão de doenças e dos impactos perceptíveis, como poluição visual e odor, os poluentes biodegradáveis provenientes do esgoto alteram as características naturais dos rios, em especial o oxigênio dissolvido (OD). O OD aumenta em um corpo d'água pela atividade fotossintética e pela reaeração, principalmente por corredeiras, turbulências e quedas d'água, e dele depende a vida aquática aeróbica. Entretanto, se em um rio existe grande quantidade de matéria orgânica proveniente de decomposição natural ou de despejos orgânicos biodegradáveis, o oxigênio dissolvido diminui (BRAGA *et al.*, 2005).

Para que o oxigênio dissolvido retorne naturalmente aos níveis mínimos para existência da população aquática aeróbica são necessários um determinado tempo e/ou distância do ponto de poluição. Esse processo de degradação da matéria orgânica biodegradável em um corpo d'água poluído é uma capacidade natural de restabelecimento do equilíbrio do meio aquático chamada de *autodepuração* (VON SPERLING, 2007).

Um exemplo clássico do efeito de autodepuração é o trecho do Baixo Tietê, perto das cidades de Penápolis, Birigui e Araçatuba (SP), cuja vazão e qualidade do rio são maiores e melhores do que as do Alto Tietê, quando passa pela cidade de São Paulo. Vale ressaltar que compostos orgânicos recalcitrantes, como petróleo, e inorgânicos, como metais, não são degradados pela autodepuração, podendo poluir um rio por muitos quilômetros (VON SPERLING, 2007).

Quando não há condições para a autodepuração do esgoto ou associação com outros poluentes, são necessários complexos projetos de despoluição do rio. O Projeto Tietê, iniciado por compromissos firmados durante a Eco-92, em 1992, tem gerado bons resultados, porém ainda não se completou.

Os projetos de coleta e tratamento de esgoto já atingem mais de 11 milhões de pessoas e a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) tem cinco estações de tratamento de esgoto (ETE). Somam-se a esses projetos, o grande desafio de todo o programa de saneamento: a despoluição do rio Pinheiros, um dos principais afluentes do Tietê na RMSP. Também serão necessárias ações complementares, como "a gestão ambiental, coleta de resíduos domésticos, varrição de ruas, controle do uso e ocupação do solo e a conscientização ambiental da sociedade" (SABESP, 2020). Segundo levantamento realizado pelo Tribunal de Contas do Estado de São Paulo (TCE-SP), o governo paulista gastou R$1,7 bilhão em contratos do Projeto Tietê entre 2011 e janeiro de 2020 (ARAÚJO, 2020).

Outros projetos ousados de despoluição de rios urbanos foram concretizados, elevando a qualidade de vida da população do entorno e servindo de paisagem para curiosos turistas. O caso de maior sucesso foi a despoluição do rio Tâmisa, em Londres, Inglaterra. Após 150 anos de investimentos, construção de estações de tratamento de esgoto, educação ambiental, duas Guerras Mundiais e muita persistência, no final da década de 1970 o rio Tâmisa voltou a receber salmões e outras espécies de peixes e invertebrados (OLIVEIRA, 2015).

No Brasil, o primeiro rio a ser despoluído foi o Jundiaí depois de um árduo trabalho de mais de 30 anos. Com essa proeza, o Conselho Estadual dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo alterou a classe do rio de 4 (impróprio para consumo humano e balneabilidade) para 3, o que significa que desde 2017 é possível utilizar suas águas para: consumo humano após tratamento convencional ou avançado; para irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; para pesca amadora; para recreação de contato secundário; e para a dessedentação de animais (CRH, 2017).

Como medidas não-estruturais para a preservação dos rios nos ambientes rurais e urbanos, o Novo Código Florestal (Lei nº 12.651), de 2012, estabeleceu normas gerais sobre a proteção da vegetação em áreas de Preservação Permanen-

te (APP) e a áreas de Reserva Legal (RL) no Brasil. De fato, as políticas de conservação da vegetação têm efetivo resultado para proteção dos recursos hídricos contra o assoreamento (ZHOU *et al.*, 2020) e a poluição (STRAUCH; BERWIG, 2017), embora haja severas críticas à forma padronizada com que a lei trata diferentes bacias hidrográficas (KOIYAMAN; MOTA; CORSEUIL, 2008).

Evidentemente, todos os projetos ambientais devem ser iniciados por um programa de conscientização e educação ambiental. As atividades educativas de maior impacto na conservação de rios são as visitas, o mutirão para coleta de resíduos e a coleta e análises físico-químicas. As primeiras podem ser realizadas por estudantes de qualquer nível escolar, enquanto que a última requer conteúdos específicos e a estrutura de um laboratório de química (PEREIRA, 2020).

Além de atividades técnicas, são recomendadas as atividades lúdicas e artísticas para a sensibilização ao tema. Neste sentido, a arte presta diversas homenagens aos rios, seja em letras de músicas, filmes, poemas, contos, dança, entre outros. Como preciosos exemplos podem ser citados os versos aclamados de João Cabral de Melo Neto no poema *Cão sem plumas* (1950) (MELO NETO, 2012), transformados em montagem coreográfica por Deborah Colker, estreada em 2017 (COLKER, 2020).

O mesmo rio, Capibaribe, também é o protagonista em outros poemas icônicos de João Cabral de Melo Neto, como *O Rio* (1953) e *Morte e Vida Severina* (1956) (MELO NETO, 2012), traduzidos para música, teatro e cinema. O contato com essas diferentes perspectivas provoca no estudante uma real mudança de ponto de vista, facilitando a total apreensão dos conceitos de preservação.

Também podemos traçar um interessante paralelo de nossas vidas com um rio, da nascente à foz, como escreveram os geniais compositores Almir Sater e Renato Teixeira: “A vida vem lá de longe; é como se fosse um rio; pra rio pequeno, canoa; pros grandes rios, navios [...]”.

Para concluir, não poderia deixar de fora a maior lição que podemos aprender com os rios, traduzida pelo grande filósofo pré-socrático Heráclito, de Éfeso (séc. V a.C.). Por suas reflexões, o pensador usou a simbologia dizendo que "não é possível entrar duas vezes no mesmo rio [...]; graças à velocidade do movimento, tudo se dispersa e se recompõe novamente, tudo vem e vai" (ABBAGNANO, 2000, p. 497). Ele se referia ao estado de mudança contínua da natureza e dos homens.

Que possamos entender essa máxima e aplicar no nosso dia-a-dia.

4. Considerações finais

Face visível da Lua, Maringá – PR
Foto: Mariléa Trierveiler Pereira

A humanidade se apoderou do comando de seu desenvolvimento a partir da Revolução Industrial. É como se estivéssemos em uma carruagem e o cocheiro nos entregasse as rédeas, porém, como não fomos treinados para nos conduzir, não sabemos qual caminho temos que tomar. Mesmo assim, deslumbrados pelo poder, aceitamos despreocupadamente a função e aumentamos a velocidade da diligência. Acredito que um atento espectador, ciente da situação, ficaria angustiado e teria uma previsão pessimista sobre o fim dessa viagem.

É por isso que o Papa Francisco explicou claramente que "a crise ecológica é uma expressão ou uma manifestação externa da crise ética cultural e espiritual da modernidade" e "que não podemos iludir-nos de sanar a nossa relação com a natureza e o meio ambiente sem curar todas as relações humanas fundamentais" (FRANCISCO, 2015, p. 93). O Santo Padre acusou a visão consumista do ser humano, tão vislumbrado pela tecnologia e globalização, de ser responsável pela perda do tesouro da humanidade, a variedade cultural, que está tendendo a ser homogeneizada.

É nessa hora que deve entrar em cena a *Educação* e o *Professor*. Hathaway e Boff (2012, p. 489) dizem que devemos deixar de ver "o mundo como uma coleção de objetos" e entender como os relacionamentos invisíveis entre eles são tão fundamentais quanto a própria realidade.

Sabe-se que não há uma "inteligência geral", mas um elenco múltiplo de aspectos da inteligência que agem de forma interligada e positivamente correlacionadas, superando os modelos de inteligências múltiplas de Gardner (2000) e Antunes (2008) (RATO; CALDAS, 2010). Assim, para o ser humano chegar a um estágio pleno de desenvolvimento e ter mais sucesso nas várias dimensões da vida, é necessário que ele fortaleça e associe as diversas formas de inteligência.

Isso deve ser estimulado pelos professores, que são os efetivos agentes da transformação na vida dos seus estudantes. Para isso, a formação continuada deve ser prevista e realizada em qualquer nível de educação. Demo (2012, p. 2) diz que os "alunos aprendem bem se os professores aprendem bem", ou seja, os professores devem estar sempre estudando e se aprimorando. Rohden (2005, p. 62) defende que "antes de educar os outros, deve o homem educar a si mesmo". Sobre esse assunto, Antunes (2011) faz diversas reflexões sobre a aula e as práticas pedagógicas de professores e "professauros".

A educação é um "processo intrinsecamente transformador que nos capacita, como seres humanos a nos sintonizar com o ecossistema local e com a história do universo" (HATHA-

WAY; BOFF, 2012, p. 489). E essa transformação deve acontecer para que o conhecimento deixe de ter como finalidade o controle ou a dominação e passe a ser visto como amor (FREIRE, 1999).

E se esse é o objetivo maior da educação, não deveria haver expressões como educação ambiental, educação no trânsito, educação para o trabalho. Se a pessoa recebe uma educação holística, ética, todas as áreas estarão contempladas. Dessa forma, uma pessoa não pode ter educação pela metade, ou tem ou não tem. E hoje os projetos de ciência cidadã permitem que todos sejam ativos em seus processos de aprendizagem e colaboração com a ciência. É pela educação que as pessoas se vitalizam, se libertam, se pacificam, se humanizam, se universalizam (no sentido mais amplo dessa expressão).

Nessa hora, lembro-me de todos os hinos de louvor das diversas religiões que coexistem em mim, conclamando e convergindo para o mesmo ponto: o amor. Porque em última análise, só o amor nos leva ao caminho do altruísmo, da doação, da solidariedade, da caridade, da sinceridade, do perdão, da gratidão.

Parafraseando John F. Kennedy (1917-1963), poderíamos refletir sobre a seguinte mensagem: não pergunte o que o planeta pode fazer por você, mas o que você pode fazer pelo planeta. E não só pelo planeta, mas por pessoas do futuro que você nunca conhecerá; por gerações futuras, não só da humanidade, mas de todos os seres vivos; pelas espécies que existem e pelas que irão existir. E honrando todas as gerações de todas as espécies que já existiram neste planeta, devemos nos lembrar sempre das belas e sábias palavras do cantor Juliano Son, “tempos melhores estão por vir e obras maiores se farão neste lugar” (SON, 2017).

Que herança vamos deixar?

5. Sugestões de livros e filmes para docentes e discentes

Costa da ilha de Haha-Jima, Arquipélago de Ogasawara – Pacífico
Foto: Larissa Trierveiler Pereira

5.1. Sugestão de livros para docentes

Os livros sugeridos a seguir podem ajudar os docentes a entender melhor a dinâmica ambiental. Dessa forma,

podem ser utilizados como texto de referência para preparação de aulas.

BERNERS-LEE, Mike. **Não há planeta B**: um manual para evitar o fim do mundo. São Paulo: Blucher, 2020.

O livro traz ideias práticas e inspiradoras sobre o que cada pessoa pode individualmente fazer para ajudar a humanidade a prosperar no nosso [único] planeta.

BOFF, Leonardo. **As quatro ecologias**: ambiental, política e social, cultural e integral. Rio de Janeiro: Mar de Ideias, 2012.

Uma reflexão atual e novos conceitos sobre questões ambientais urgentes. Uma mudança de pensamento e atitude para um mundo possível. Também disponível em DVD.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade**: o que é - o que não é. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

O autor faz um histórico do conceito desde o século XVI até os dias atuais, submetendo uma rigorosa crítica os vários modelos existentes de desenvolvimento sustentável.

BRAGA, Benedito *et al*. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

Livro técnico-didático que contém informações sobre ecologia, poluição e desenvolvimento sustentável.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida**. 6 ed. São Paulo: Cultrix, 2006.

Neste livro, Capra apresenta uma inspirada descrição dos processos biológicos, químicos, físicos e até sociais que regem a intrincada teia da Vida. Com casos simples exemplifica a complexa dinâmica envolvida nos processos de todos os seres vivos, inclusive o *Homo sapiens*.

CAPRA, Fritjof. **As conexões ocultas**. São Paulo: Cultrix, 2003.

Fritjof Capra desenvolve uma compreensão sistêmica e unificada que integra as dimensões biológica, cognitiva e social da vida e demonstra claramente que a vida, em todos os

seus níveis, é inextricavelmente interligada por meio de redes complexas. Ele sustenta que um fenômeno que terá efeito decisivo sobre o futuro da humanidade é a criação de comunidades sustentáveis baseadas na alfabetização ecológica e na prática do projeto ecológico, compostas de redes ecológicas de fluxos de energia e matéria.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação ambiental**: princípios e práticas. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2010.

Este livro reúne as informações básicas conceituais sobre a EA, faz um histórico de suas atividades pelo mundo, sugere mais de cem atividades para sua prática, fornece subsídios para a ampliação dos conhecimentos sobre EA e expõe as diferentes formas legais de ação individual e comunitária que possibilitam um exercício de cidadania, visando uma melhor qualidade de vida.

FERRERO, Elisabeth M.; HOLLAND, Joe. **Carta da Terra**: reflexão pela ação. São Paulo: Cortez; Instituto Paulo Freire, 2004. 160 p.

Este livro apresenta a Carta da Terra, no original em inglês e traduzida, além de uma análise do autor que alerta para a importância do protagonismo de todos os seres da Terra como sujeitos de um mesmo e complexo processo de estruturação-desestruturação-reestruturação do ecossistema.

HARARI, Yuval Noah. **Sapiens**: uma breve história da humanidade. 36. ed. Porto Alegre: L&PM, 2018.

Harari mistura história e biologia para, em uma retrospectiva inovadora, explicar como o ser humano chegou ao nível de desenvolver a biotecnologia e, à sua imagem e semelhança, a inteligência artificial. O autor aponta nossa capacidade imaginativa como responsável por acreditar em coisas que não existem na natureza, como Estados, dinheiro e direitos humanos. Isso talvez tenha nos proporcionado mais poder do que nossos ancestrais, porém, provavelmente, não mais felizes. Igualmente importantes para leitura são os outros dois livros do autor: *Homo Deus* e *21 lições para o século 21*.

HARRISON, Keith. **Você**: o peixe que evoluiu: a incrível história sobre a teoria da evolução de Charles Darwin e o futuro do homem. São Paulo: Cultrix, 2009. 167 p.

Esse divertido e curto livro traz, com linguagem simples, explicações científicas sobre como os seres humanos chegaram à forma física que têm hoje a partir da evolução dos peixes. Ele responde perguntas curiosas como: Por que temos dois braços e duas pernas e não quatro braços e seis pernas? Por que temos costelas no peito e não na barriga? Por que nossos cotovelos se dobram para trás e nossos joelhos, para frente?

HATHAWAY, Michael; BOFF, Leonardo. **O tao da libertação**: explorando a ecologia da libertação. Petrópolis: Vozes, 2012. 592 p.

Este livro se inspira em discernimentos de diversos campos, como a economia, a psicologia, as ciências, a espiritualidade, e procura a sabedoria que leva à verdadeira libertação. Este caminho conduzirá a comunidade da Terra cada vez mais para a comunhão, a diversidade e a criatividade. Para descrever essa sabedoria os autores fazem uso da palavra chinesa Tao, que significa o caminho que leva à harmonia e ao processo evolutivo do cosmo.

LOVELOCK, James. **Gaia**: cura para um planeta doente. São Paulo: Cultrix, 2006. 192 p.

Esse livro bem ilustrado é uma boa maneira de conhecer a evolução do planeta Terra, desde seu surgimento até os dias atuais. O texto mostra como o surgimento da vida foi importante para a transformação do planeta e como os seres humanos têm interferido nessa intrínseca relação e provocando um equilíbrio que pode ser irreversível.

PINOTTI, Rafael. **Educação ambiental para o século XXI**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

Com enfoque jornalístico e didático, este livro propõe um mergulho nas leis naturais e na relação destas com as atividades humanas, colocando o leitor a par deste momento crítico para o futuro da Terra.

5.2. Sugestão de livros para discentes

Os livros sugeridos a seguir poderão ser utilizados como texto de referência para os estudantes realizarem trabalhos, seminários e debates. São livros curtos, de fácil acesso e linguagem. Os livros *A revolução dos bichos* e *Fernão Capelo Gaivota* podem ser lidos integralmente por todos os estudantes para debates filosóficos e sociológicos, mas com enfoque ambiental também.

Partes do livro *O mundo de Sofia*, referentes a um filósofo ou período da filosofia, podem ser lidas por grupos de estudantes para apresentação de seminários. É possível estabelecer relações ambientais entre as partes, como por exemplo, como foi a evolução do pensamento ambiental ao longo da história da humanidade. Percebe-se que os primeiros e últimos filósofos apresentados no livro dão o devido valor à natureza, enquanto que os demais filósofos fazem questão de afirmar a posição de superioridade do ser humano no planeta.

Da mesma forma, o livro de Fernando Fernandez (*O poema imperfeito*) pode ser dividido por crônicas para atividades de apresentações, paródias, teatros ou produção de vídeos.

Os livros da *Série 90 minutos* (Editora Jorge Zahar) também podem ser distribuídos entre os estudantes para que cada um apresente a vida e obra de um cientista e faça uma interligação com aspectos ambientais.

BACH, Richard. **Fernão Capelo Gaivota**. Rio de Janeiro: Record, 2001.

Ficção sobre a vida de uma gaivota que não queria ser como as outras, que queria voar mais alto. Também disponível em DVD.

BOFF, Leonardo. **A águia e a galinha**. 43. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2000. 206 p.

O autor reflete sobre a dicotomia humana, onde duelam o previsível e o imprevisível, o limitado e o soberano. O livro procura estimular um crescimento harmônico interior para superar barreiras pessoais e sociais do cotidiano.

FERNANDEZ, Fernando. **O poema imperfeito: crônicas de biologia, conservação da natureza e seus heróis**. 3. ed. Curitiba: editora da UFPR, 2004.

Apesar de seu título, não se trata de um livro de poemas, e sim, uma interessante metáfora: o poema é a natureza. O livro fala de ecologia e o autor aborda o tema passando pela literatura, filosofia e por cientistas. É um livro de crônicas e, como tal, seus capítulos podem ser lidos separadamente por tratarem de assuntos distintos.

GAARDER, Jostein. **O mundo de Sofia**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

Romance sobre a história da filosofia, contada pelo professor de filosofia Alberto a sua pupila Sofia.

ORWELL, George. **A revolução dos bichos**. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

Paródia do drama social vivido na União Soviética com a chegada dos socialistas ao poder.

STRATHERN, Paul. **Darwin, Curie, Turing, Galileu, Bohr, Hawking, Newton, Einstein, Pitágoras, Arquimedes, Oppenheimer**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. Série 90 minutos.

Livros de bolso que contam a vida e obra de filósofos e cientistas.

5.3. Sugestões de filmes para docentes e discentes

Os filmes sugeridos a seguir podem ser utilizados em sala de aula para complementação de conteúdo. O professor deve analisar se o filme pode ser exibido integralmente ou apenas uma parte, isso dependerá do objetivo da aula. A escolha do filme também deve ser adequada à faixa etária da turma.

Isso pressupõe que o uso de filmes como material didático requer preparação prévia do docente, acompanhado de uma discussão em sala de aula. Não se pode simplesmente mostrar um vídeo e esperar uma resenha bem-feita por parte dos estudantes.

É necessário que o docente já tenha assistido prévia e atentamente ao filme, buscando informações que auxiliem o estudante no entendimento e aprendizado. Com isso, o professor deve elaborar questões dos tópicos mais importantes para que depois da exibição do filme seja feito um debate, onde os estudantes possam expressar suas opiniões acerca destes pontos. É muito importante que todos os estudantes falem, principalmente os mais calados e tímidos.

Depois do debate, a atividade pode ser estendida para a escrita. Cada estudante, individualmente, pode elaborar um resumo do filme, explicando os tópicos mais importantes (já debatidos) e escrevendo uma conclusão pessoal sobre o tema.

É recomendável que o professor faça referências ao filme toda vez que houver possibilidade durante as aulas, para que o estudante consiga relacionar o assunto do filme ao conteúdo que está sendo estudado. Dessa forma, o estudante vai percebendo que existe uma estreita relação entre meio ambiente e seres humanos, relações sociais, ética, cidadania, biologia, química, física, geografia, história, filosofia, sociologia, linguagens, matemática, artes e literatura.

5.3.1. Filmes de longa metragem

A QUALQUER PREÇO. Direção: Steven Zaillian. Intérpretes: John Travolta; Robert Duval e outros. Los Angeles: Paramount Pictures and Touchstone Pictures, 1998. 118 min, color.

História verdadeira do advogado Jan Schlichtmann (John Travolta), que processa a empresa Beatrice Foods e W. R. Grace & Co. responsáveis pela morte de crianças com leucemia na pequenina Woburn, Massachusetts, nos anos 70. Os pais suspeitavam que a água potável local tivesse sido poluída pelo lixo industrial.

A ÚLTIMA HORA. Direção: Nadia Conners; Leila C. Petersen. Narração: Leonardo Di Caprio. Los Angeles: Warner Bros., 2007. 95 min, color.

Causadas pela própria humanidade, enchentes, furacões e uma série de tragédias assolam o planeta cotidianamente. O documentário mostra como a Terra chegou a esse ponto: de que forma o ecossistema tem sido destruído e, principalmente, o que é possível fazer para reverter este quadro. Entrevistas com mais de 50 renomados cientistas, pensadores e líderes ajudam a esclarecer essas importantes questões e a indicar as alternativas ainda possíveis.

ARMAS, GERMES E AÇO. Direção: Noel Dockstader. Produção: National Geographic. Distribuição: Log On, 2005. 166 min, color.

Baseado no livro de mesmo nome de Jared Diamond, vencedor do Prêmio Pulitzer da literatura e recordista em vendas por dois anos segundo o New York Times, o documentário trata de um dos assuntos mais polêmicos da história da humanidade: por que algumas civilizações prevaleceram sobre as outras.

AVATAR. Direção: James Cameron. Produção: James Cameron. Los Angeles: 20th Century Fox, Dune Entertainment, Fox Films do Brasil, 2009. 162 min, color.

Jake Sully (Sam Worthington), paraplégico, é selecionado para participar do programa Avatar em substituição ao seu irmão gêmeo, falecido. Jake viaja a Pandora, uma lua extraterrestre, onde encontra diversas e estranhas formas de vida. O local é também o lar dos Na'Vi, seres humanóides que, apesar de primitivos, possuem maior capacidade física que os humanos. Os humanos desejam explorar a lua, de forma a encontrar metais valiosos. Como são incapazes de respirar o ar de Pandora, os humanos criam seres híbridos chamados de Avatar. Eles são controlados por seres humanos por meio de uma tecnologia que permite que seus pensamentos sejam aplicados no corpo do Avatar. Desta forma Jake pode novamente voltar à ativa, com seu Avatar percorrendo as florestas de Pandora e liderando soldados. Até conhecer acidentalmente Neytiri (Zoe Saldana), uma feroz Na'Vi, que serve de tutora para sua ambientação na civilização alienígena.

CHARLES DARWIN E A ÁRVORE DA VIDA. Direção: Dan Jones. Apresentação: David Attenborough. Londres: British Broadcast Corporation (BBC); Discovery Channel, 2009. 59 min, color.

Documentário da vida de Charles Darwin, com fatos marcantes desde sua infância até a publicação de seus estudos sobre evolução das espécies.

COLAPSO. Direção: Noel Dockstader. Produção: National Geographic. Distribuição: Log On, 2005. 96 min, color.

Baseado no maior trabalho do pesquisador Jared Diamond, este documentário analisa o que fez as grandes civilizações do passado entrarem em colapso. De um completo levantamento da história do meio ambiente de dezenas de civilizações emerge um padrão de catástrofe ambiental que nos alerta para o futuro do mundo.

COMPRAR, DESCARTAR, COMPRAR (The Light Bulb Conspiracy). Direção: Cosima Dannoritzer. Produção: TVE Espanhola. Co-produção: TV3, Arte France, Article z, Media 3.14, 2010. 75 min., color.

Documentário que trata da obsolescência programada, uma estratégia que visa fazer com que a vida de um produto tenha a sua durabilidade limitada para que o consumidor se veja obrigado a comprar novamente, num prazo mais reduzido, perpetuando assim indefinidamente o ciclo de consumo e aumentando a poluição e degradação do planeta.

COWSPIRACY – O SEGREDO DA SUSTENTABILIDADE. Roteiro, direção, produção e edição: Kip Andersen e Keegan Kuhn. Produção executiva: Leonardo Di Caprio, Jennifer Davisson. AUM Films e First Spark Media, 2014. 90 min., color.

O documentário mostra como a agropecuária é a principal causa do desmatamento, consumo de água, poluição e é responsável por mais gases de efeito estufa do que o setor de transporte. É o principal motor de destruição da floresta, extinção de espécies, perda de habitat, erosão do solo, de "zonas mortas" nos oceanos e praticamente todos os outros problemas ambientais. No entanto, ela continua quase inteiramente sem contestação.

ERA UMA VEZ NA FLORESTA. Direção: Charles Grosvenor. Animação. Estados Unidos, Inglaterra e Irlanda do Norte, 1993. 71 min., color.

Na floresta vivem a ratinha Abigail, Edgar, a toupeira, e o ouriço Russel. Eles brincam felizes até que o homem chega com gases tóxicos, fazendo com que Michelle, amiga deles, adoeça. Com a ajuda do tio Cornelius, os três buscam um meio de salvar Michelle e a floresta.

FERNGULLY – AS AVENTURAS DE ZAC E CRYSTA NA FLORESTA TROPICAL. Direção: Bill Kroyer. Animação. Produção: Peter Faiman e Wayne Young. 20th Century Fox, 1993. 76 min., color.

Numa floresta, criaturas mágicas pedem ajuda a um humano quando veem a ameaça de destruição por causa de máquinas e tratores. O drama se torna maior quando uma árvore que está para ser derrubada pode libertar o espírito do mal.

LIXO EXTRAORDINÁRIO. Direção: Lucy Walker. Produção: Angus Aynsley, Hank Levine. Elenco: Vik Muniz, Sebastião Carlos dos Santos, José Carlos da Silva Bala Lopes, Suelem Pereira Dias, Isis Rodrigues Garros. Rio de Janeiro, 2009. 99 min., color.

Filmado ao longo de dois anos, entre 2007 e 2009, este documentário retrata o trabalho do artista plástico Vik Muniz em um dos maiores aterros sanitários do mundo: o Jardim Gramacho, na periferia do Rio de Janeiro. Lá, ele fotografa um grupo de catadores de materiais recicláveis, com o objetivo inicial de retratá-los. No entanto, o trabalho com esses personagens revela a dignidade e o desespero que enfrentam quando sugeridos a reimaginar suas vidas fora daquele ambiente. A equipe tem acesso a todo o processo e, no final, revela o poder transformador da arte e da alquimia do espírito humano.

MINÚSCULOS – O FILME. Direção: Thomas Szabo e Hélène Giraud. Animação. Produção: Futurikon; Paris Films: Paris, 2014. 89 min., color.

Em uma pacífica clareira, entre as sobras de um piquenique, começa uma batalha entre duas tribos de formigas em busca de uma caixa de açúcar. Uma jovem e corajosa joaninha acaba sendo capturada no meio do fogo cruzado e torna-se aliada das formigas negras, ajudando na luta contra as terríveis formigas vermelhas.

NAUSICAÄ DO VALE DO VENTO. Direção: Hayao Miyasaki. Animação. Produção: Studio Ghibli. Tokyo: Studio Ghibli, 1984. 116 min., color.

Após "A Guerra dos Sete Dias de Fogo", surge uma floresta que exala gases venenosos. Apenas insetos e um ser conhecido como Ohmu vivem por lá. Nausicaä, filha do rei do Vale do Vento, tem o estranho poder de conseguir sentir o que a floresta sente e se vê obrigada a sair em uma jornada para tentar evitar outra guerra devastadora.

O LORAX: EM BUSCA DA TRÚFULA PERDIDA. Direção: Chris Renaud. Animação. Elenco: Danny Devito, Zac Efron, Taylor Swift, Ed Helms. Universal Picture, 2012. 87 min., color.

O menino Ted vive em um lugar onde as árvores são feitas de plástico e tudo é artificial. Quando descobriu que o sonho de sua paixão, a bela Audrey, é ver uma árvore de verdade, ele embarca numa aventura por uma terra desconhecida, cheia de cor, natureza e árvores. É lá que conhece também o simpático e ao mesmo tempo rabugento Lorax, uma criatura curiosa preocupada com o futuro de seu próprio mundo.

O POEMA IMPERFEITO. Direção: Zulmira Coimbra. Documentário. Produção: Zulmira Coimbra e Carolina Ribas. Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza. 2018. 40 min., color.

O pesquisador Fernando Fernandez, com um profundo conhecimento sobre ecologia e de uma forma muito cativante, mostra que a destruição da natureza é inerente ao ser humano e que desde que nossa espécie surgiu no planeta a natureza intocada, ou o poema perfeito, deixou de existir.

PRINCESA MONONOKE. Direção: Hayao Miyasaki. Animação. Produção: Studio Ghibli. Tokyo: Studio Ghibli, 1999. 135 min., color.

O guerreiro Ashitaka é atacado por um demônio que acaba o infectando com uma maldição. Assim, este viaja para as terras de outro clã para compreender o mal que lhe aflige. Nestas terras se depara com a luta entre humanos e os deuses da floresta, e a princesa Mononoke, que fora criada por lobos.

UMA VERDADE INCONVENIENTE. Direção: Davis Guggenheim. Narração: Al Gore. Los Angeles: Paramount Pictures, 2006. 94 min, color.

O ex-vice-presidente dos Estados Unidos, Al Gore, apresenta uma análise da questão do aquecimento global, mostrando os mitos e equívocos existentes em torno do tema e também possíveis saídas para que o planeta não passe por uma catástrofe climática nas próximas décadas.

WALL-E. Direção: Andrew Stanton. Animação. Elenco: Ben Burtt, Elissa Knight, Jeff Garlin, Fred Willard, John Ratzenberger, Kathy Najimy e Sigourney Weaver. Produção: Disney. Los Angeles: Pixar, 2008. 97 min., color.

Após entulhar a Terra de lixo e poluir a atmosfera com gases tóxicos, a humanidade deixou o planeta e passou a viver em uma gigantesca nave. Foram deixados robôs para limpar o planeta e Wall-e é o último destes robôs. Sua vida consiste em compactar o lixo existente no planeta e colecionar objetos curiosos que encontra ao realizar seu trabalho. Um dia surge repentinamente uma nave, que traz um novo e moderno robô: Eva. A princípio curioso, Wall-e logo se apaixona pela recém-chegada.

5.3.2. Filmes de curta metragem

A CASA DO MESTRE ANDRÉ. Direção: Leo Sykes. Elenco: Guido Guresh Vieira, Lorena Libânio, Luciano Porto, Marcelo Berê, Márcio Vieira e Rogério Torquato. Brasília, 2007. 15 min.

Dois palhaços estão tocando música na rua. Um guarda leva os instrumentos deles, porque "não pode tocar aqui". Umas crianças querem ajudar os palhaços e levam eles até a casa do Mestre André, um inventor de instrumentos musicais feitos de materiais reciclados. Fornecidos de instrumentos novos, os palhaços voltam para tocar na rua e esta vez o guarda não resiste a música e acaba dançando junto com todo mundo.

A TERRA A GASTAR. Direção: Cassia Mary Itamoto e Celina Kurihara. Animação. São Paulo, 2006. 6 min, color.

O homem em sua Terra depara-se com as consequências de seu consumo excessivo e se vê obrigado a adotar medidas que mudarão seu estilo de vida.

BOMTEMPO. Direção: Alexandre Dubiela. Animação. 2011. 2 min., color.

Um homem passa por diversas mudanças climáticas até chegar ao trabalho.

CAIXA. Direção: Luciana Eguti e Paulo Muppet. Animação. 2010. 10 min., color.

Cinco personagens, que vivem em compartimentos dentro de uma caixa, descobrem que não estão tão isolados uns dos outros quanto imaginavam.

CAÇADORES DE SACI. Direção: Sofia Frederico. Elenco: Agnaldo Lopes, Àurea Montebello, Cristiane Mendonça, Gleiciane Cardoso, Lucio Tranchesi. Salvador, 2005. 13 min., color.

A chácara da pacata família de Onofre vem sendo assombrada por saci: a pipoca não arrebenta, o ovo não choca, o leite sempre azeda, o feijão vive queimando na panela, entre outros estranhos acontecimentos. Entretanto, percebemos ao final, que até os sacis sofrem pela poluição.

IMAGINE. Direção: Noilton Nunes e Regina Abreu. Animação. Rio de Janeiro, 1992. 4 min., color.

Desenho animado ecológico que pretende contribuir para a reflexão e discussão das questões que preocupam a humanidade.

O QUE É MEIO AMBIENTE. Direção: Célia Borges. 2007. 13 min., color.

Este vídeo integra teatro de bonecos com educação ambiental. Aborda vários conceitos relacionados ao meio ambiente e os problemas que o homem causa para ele.

CURTA A NATUREZA. Direção: Pedro Pazelli. Animação. Rio de Janeiro, 2007. 1 min., color.

Pessoas vão de carro curtir a natureza da montanha. Um grupo polui sonoramente o ambiente e a natureza tem uma reação.

ESCALADA. Direção: Luciana Eguti e Paulo Muppet. Animação. São Paulo, 2011. 2 min., color.

O filme fala sobre o consumo sustentável através de uma história que se passa em uma ilha em forma de cubo, onde cada habitante, de forma isolada, está preocupado em obter vantagem sobre os demais.

ESSÊNCIA. Direção: Daniel Rabanéa. Animação. 2011. 3 min., color.

Na busca por água em um mundo seco, um sobrevivente encontra sua essência.

ILHA DAS FLORES. Direção: Jorge Furtado. Narração: Paulo José. Porto Alegre, 1989. 13 min, color.

Documentário experimental com aspectos fictícios e não-fictícios sobre resíduos sólidos urbanos, sua disposição e seus problemas sociais.

LE ROYAME. Direção: Nuno Alves Rodrigues e outros. Animação. Paris, 2010. 4 min., color.

Um rei acha um belo lugar para construir seu castelo e recruta súditos. Mas a ideia não dá certo e ele precisa encontrar outros serviçais.

MOCÓ JACK. Direção: Luiz Botosso e Thiago Veiga. Animação. Goiânia, 2007. 11 min., color.

História que narra as aventuras do jacaré Jack, que usa de muita criatividade para se salvar das investidas de um contrabandista de animais. Nascido diferente de seus irmãos, Jack possui caráter exótico o que o transforma em um grande prêmio para o caçador. Jack sabe se esconder e mimetizar o que o ajuda a salvar seus amigos.

O GIRASSOLZINHO. Direção: Douglas de Oliveira Soares. Animação. Rio de Janeiro, 2012. 4 min., color.

O girassolzinho passa todo o seu tempo admirando o Sol. Um dia, ao acordar, ele vê apenas um brilhinho no céu. Onde está o Sol?

O REI GASTÃO. Direção: Diogo Pereira Viegas. Animação. Rio de Janeiro: 2012. 2 min., color.

"Em um reino distante, um rei tão brilhante resolveu um castelo construir" [...]. Para isso, ele precisava fazer algumas modificações no local.

PAJERAMA. Direção: Leonardo Cadaval. Animação. São Paulo, 2008. 9 min., color.

Um índio é pego numa torrente de experiências estranhas, revelando mistérios de tempo e espaço.

TONKY Y EL SAPO. Produção: Tournier Animation, Encuentro e KRO, 2009. Animação. 2 min., color.

Tonky acha um sapo na lagoa e quer levá-lo para casa para brincar com ele. Mas ele descobre que sua casa não é como a casa do sapo.

VÍDEO-CLIP: EARTH SONG. Michael Jackson, MJJ Production Inc, 2005. 7 min., color.

Michael Jackson fala de problemas ambientais, como desmatamento, queimadas, caça aos elefantes; e problemas sociais, como guerra.

AMOEBA SISTERS. [Sarina Peterson e Brianna Rapini]

Canal americano do *Youtube* especializado em conteúdos de biologia com bom humor para o ensino médio e anos iniciais de graduações correlatas. Os vídeos são curtos e o canal oferece recursos didáticos, como histórias em quadrinho, guia de facilitação para professores, sugestões de perguntas para debate, entre outros. Veja mais informações na Série Unlectured (https://www.amoebasisters.com/unlectured.html).

CANAL NOSTALGIA / NOSTALGIA CIÊNCIA. [Felipe Castanhari]

Canal nacional do *Youtube* com diversos vídeos de curta metragem sobre assuntos científicos.

MANUAL DO MUNDO. [Iberê Thenório]

Canal nacional do *Youtube* com diversos vídeos de curta metragem sobre experiências científicas, com excelentes ideias para aulas práticas.

MINUTE EARTH. [Henry Reich, Alex Reich, Peter Reich, Emily Elert e Ever Salazar]

Canal americano do *Youtube* com diversos vídeos de curta metragem, em animação, sobre curiosidades científicas. A maioria dos vídeos já está dublada em português no canal **Minuto da Terra** [Leonardo G. Souza e Ricardo G. Souza].

SUSTAINABLE HUMAN. [Chris Agnos e Dawn Agnos]

Canal americano do *Youtube* cuja missão é examinar as histórias subjacentes que dão origem às crises ambientais, sociais e econômicas de nosso tempo e oferecer novas histórias que ajudem a humanidade viver em harmonia uns com os outros e com a biosfera. Veja mais em https://sustainablehuman.org/.

CELL AT WORK! [Akane Shimizu]

Série de anime baseado em no mangá homônimo, cujos personagens são células do nosso organismo que estão sempre combatendo invasores. Os episódios são excelentes para aulas de biologia celular. Veja mais em https://www.netflix.com/br/title/81028791.

REFERÊNCIAS

A.B.E.L.H.A. (Associação Brasileira de Estudos das Abelhas). **Anatomia**. 2020. Disponível em: https://abelha.org.br/anatomia-das-abelhas/. Acesso em 25 jun 2020.

ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Panorama do coprocessamento 2019**: ano base 2017. 2019. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2019/11/Panoramaco_processamento_2019_v2-bx.pdf. Acesso em 05 ago 2020.

ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental). **Reúso de água nas crises hídricas e oportunidades no Brasil**. 2005. Disponível em: http://abes-dn.org.br/pdf/Reuso_nas_Crises.pd. Acesso em 13 jul 2020.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **ABNT NBR 10151**: Acústica - medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas: aplicação de uso geral. Versão corrigida. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **ABNT NBR ISO 14.001**: Sistema de Gestão Ambiental - requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABRAMMS, B. **Many ways to see the world**. 2015. [Vídeo do Youtube]. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=aALCuA9H2KI&t=731s. Acesso em 20 jul 2020.

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. 2019. Disponível em: < https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em 05 ago 2020.

ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaicas). **Infográfico ABSOLAR**. 2020. Disponível em: http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html. Acesso em 29 set 2020.

ACP (Autoridade do Canal do Panamá). **This is the canal**. Canal do Panamá, 2013. Disponível em: http://www.pancanal.com/eng/acp/asi-es-el-canal.html. Acesso em 13 nov 2020.

AGÊNCIA BRASIL. **Multas à Vale pelo rompimento de Brumadinho serão aplicadas em obras**. Isto É Dinheiro, 2020. Disponível em: https://www.istoedinheiro.com.br/multas-a-vale-pelo-rompimento-de-brumadinho-serao-aplicadas-em-obras/. Acesso em 04 out 2020.

AGÊNCIA IBGE. **PNS 2019**: sete em cada dez pessoas que procuram o mesmo serviço de saúde vão à rede pública. IBGE, 2020. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28793-pns-2019-sete-em-cada-dez-pessoas-que-procuram-o-mesmo-servico-de-saude-vao-a-rede-publica#:~:text=Em%202019%2C%20a%20pesquisa%20estimou%20que%20em%2046%2C1%25,menor%2C%2037%2C6%25. Acesso em 03 nov 2020.

AGÊNCIA SENADO. **No Dia da Proteção das Florestas, senadores criticam desmatamento**. Senado Notícias, 2020. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/07/17/no-dia-da-protecao-das-florestas-senadores-criticam-desmatamento. Acesso em 11 out 2020.

ALBERTS, C. C. Qual é a frequência de som que incomoda os cães? **Revista Galileu**. Editora Globo, 2015. Disponível em: http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT596707-1716-2,00.html. Acesso em 08 nov 2020.

ALENCAR, J. Técnicas para revitalização de rios urbanos. In: **Potencial de corpos d'água em bacias hidrográficas urbanizadas para renaturalização, revitalização e recuperação**: um estudo da bacia do Jaguaré. [Tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315909830_Cartilha_Tecnicas_para_revitalizacao_de_rios_urbanos. Acesso em 12 nov 2020.

ALMEIDA FILHO, N. Transdisciplinaridade e o paradigma pós-disciplinar na saúde. **Saúde e Sociedade**, v. 14, n. 3, p. 30-50, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/sausoc/v14n3/04.pdf. Acesso em 20 nov 2020.

ALMEIDA, M.; ALMEIDA, C. V. **Morfologia da folha de plantas com sementes**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2018.

ALVES, C., MATTOS, B.; SANTOS, M. COP-14 CDB. **Radar socioambiental**, n. 25, 2018. Disponível em: https://bricspolicycenter.org/publicacoes/cop-14-convencao-de-diversidade-biologica-cdb/. Acesso em 01 out 2020.

ALVES, J. F. **Metrópole, cidadania e qualidade de vida**. São Paulo: Moderna, 1992.

ALVES, R. **Ao professor, com o meu carinho**. Campinas: Verus, 2004.

ANA (Agência Nacional das Águas). Água mata mais que guerras. 2019b. Disponível em: https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/agua-mata-mais-que-guerras.2019-03-14.44205269. Acesso em 20 out 2020.

ANA (Agência Nacional das Águas). **As regiões hidrográficas**. ANA, 2020b. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrograficas. Acesso em 11 nov 2020.

ANA (Agência Nacional das Águas). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019**. 2019a. Brasília: ANA. Disponível em: http://conjuntura.ana.gov.br/. Acesso em 21 nov 2020.

ANA (Agência Nacional das Águas). **Dia Mundial da Água**. 2020a. Disponível em: https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/dia-mundial-da-agua-artigo.2019-03-15.6634483767. Acesso em 10 jul 2020.

ANCAT (Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis). **Anuário de reciclagem**: 2017-2018. São Paulo: ANCAT; LCA, 2019. Disponível em: https://ancat.org.br/wp-content/uploads/2019/09/Anua%CC%81rio-da-Reciclagem.pdf. Acesso em 03 nov 2020.

ANDERSON, C. **A nova revolução industrial**: makers. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2012.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Atlas de energia elétrica no Brasil**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf. Acesso em 9 set 2020.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. Brasília: ANEEL, 2014. Disponível em: https://www.neosolar.com.br/forum/media/kunena/attachments/1174/ANEEL_caderno-tematico-microeminigeracao.pdf. Acesso em 29 set 2020.

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). **Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural**: agosto 2020. n. 120, 2020. Disponível em: http://www.anp.gov.br/arquivos/publicacoes/boletins-anp/producao/2020-08-boletim.pdf. Acesso em 06 out 2020.

ANSEDE, M. **"Centenas" de novos coronavírus são achados em morcegos da China**. El País, 2020. Disponível em: https://brasil.elpais.com/internacional/2020-06-05/centenas-de-novos-coronavirus-sao-achados-em-morcegos-da-china.html. Acesso em 03 out 2020.

ANTUNES, C. **As inteligências múltiplas e seus estímulos**. 14 ed. Campinas: Papirus, 2008.

ANTUNES, C. **Professores e professauros**. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

ANTUNES, E. G.; SOUSA, M. N.; SCHERTEL, M. N. C. **Piso que transforma energia mecânica em eletricidade**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: http://www.ufrgs.br/projenergia3/projetos/trabalhos-2014/trabalhos-2014-2/GRUPOH.pdf. Acesso em 18 nov 2020.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Regulamentação**: Anvisa aprova novo marco regulatório para agrotóxicos. 2019. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/anvisa-aprova-novo-marco-regulatorio-para-agrotoxicos/219201/pop_up?inheritRedirect=false#:~:text=A%20Diretoria%20Colegiada%20(Dicol)%20da,toxicol%C3%B3gica%20dos%20produtos%20no%20Brasil.&text=%E2%80%9CA%20rotulagem%20%C3%A9%20o%20que,avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20risco%20dos%20produtos. Acesso em 17 maio 2020.

APP (The American Presidency Project). **Jimmy Carter:** Proclamation 4558 - Sun Day, 1978. 2020. Disponível em: https://www.presidency.ucsb.edu/documents/proclamation-4558-sun-day-1978. Acesso em 27 set 2020.

APRILE, M. **Gimnospermas e angiospermas**: uma história de sucesso vegetal. Educação UOL, 2020. Disponível em: https://educacao.uol.com.br/disciplinas/biologia/gimnospermas-e-angiospermas-uma-historia-de-sucesso-vegetal.htm. Acesso em 01 nov 2020.

ARAGÃO, L. E. O. C.; ANDERSON, L. O.; FONSECA, M. G.; ROSAN, T. M.; VEDOVATO, L. B.; WAGNER, F. H.; SILVA, C. V. J.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; ARAI, E.; AGUIAR, A. P.; BARLOW, J.; BERENGER, E.; DEETER, M. N.; DOMINGUES, L. G.; GATTI, L.; GLOOR, M.; MALHI, Y.; MARENGO, J. A.; MILLER, J. B.; PHILLIPS, O. L.; SAATCHI, S. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, v. 9, n. 536, 2018. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41467-017-02771-y. Acesso em 10 out 2020.

ARAGÃO, M. **Estudo aponta relação de 96,2% entre novo coronavírus e morcego-ferradura**. Jornal Estadão, 2020. Disponível em: https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2020/06/05/estudo-aponta-relacao-de-962-entre-novo-coronavirus-e-morcego-ferradura.htm. Acesso em 03 out 2020.

ARAR, F. C.; LOPES, K. A. S.; ALVES, L. P.; NARQUES, L. G. S.; BRAGA, W. F. A.; RUCKL, S. O uso da apiterapia no tratamento de câncer: uma revisão sistemática. **Revista F@pciência**, v.11, n. 9, p. 73-80. Apucarana, 2017.

ARAÚJO, A. P. U.; BOSSOLAN, N. R. S. **Noções de taxonomia e classificação**: introdução à zoologia. São Carlos: Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos, 2006. Disponível em: http://biologia.ifsc.usp.br/bio2/apostila/bio2_apostila_zoo_01.pdf; http://biologia.ifsc.usp.br/bio2/apostila/bio2_apostila_zoo_02.pdf; http://biologia.ifsc.usp.br/bio2/apostila/bio2_apostila_zoo_03.pdf. Acesso em 04 nov 2020.

ARAÚJO, P. **Estado de SP gastou R$ 1,7 bilhão para despoluição do rio Tietê desde 2011, aponta TCE**. G1 São Paulo, 2020. Disponível em: https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/01/22/estado-de-sp-gastou-r-17-bilhao-para-despoluicao-do-rio-tiete-desde-2011-aponta-tce.ghtml. Acesso em 15 nov 2020.

ARCE, A. N.; RODRIGUES, A. R.; YU, J.; COLGAN, T. J.; WURM, Y.; GILL, R. J. Foraging bumblebees acquire a preference for neonicotinoid-treated food with prolonged exposure. **Proceedings of the Royal Society B** (Biological Sciences), v. 285, n. 1885, p. 1-7. Londres, 2018. Disponível em: https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rspb.2018.0655. Acesso em 27 jun 2020.

ARENA, M. C. P. F. P. **As Nações Unidas**: a sociedade internacional e os desafios da governança global. Minho: UM, 2020.

AUSTRALIA. **Australia's pink lakes**. 2020. Disponível em: <https://www.australia.com/en/things-to-do/nature-and-national-parks/australias-pink-lakes.html.> Acesso em 28 jul 2020.

BACH, R. **Fernão Capelo Gaivota**. Rio de Janeiro: Record, 2001. 78 p.

BACICH, L.; HOLANDA; L. STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. In: BACICH, L.; HOLANDA; L. (orgs). **STEAM em sala de aula:** a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica. Porto Alegre: Penso, 2020.

BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2017.

BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. (org.). **Ensino híbrido**: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BAKOS, M. M. Fatos e mitos do Antigo Egito. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014.

BANCO MUNDIAL. **State and trends of carbon pricing 2020**. Washington DC: The World Bank, 2020. Disponível em: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33809/9781464815867.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Acesso em 21 out 2020.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial**: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva, 2016.

BARBOSA, M. A. **Identificação de sexo e castas em abelhas Apis mellifera utilizando a técnica de Espectroscopia no Infravermelho Próximo**. [Dissertação de Mestrado]. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2015.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66481/38295. Acesso em 03 nov 2020.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geousp – Espaço e Tempo**, v. 20, n. 1, p. 160-177, 2016. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/97783. Acesso em 02 nov 2020.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G. As minhocas e o sistema direto na palha. **A Granja**, n. 754, p. 65-67, 2011. Disponível em: https://febrapdp.org.br/download/publicacoes/754plantio_direto.pdf. Acesso em 21 nov 2020.

BASEL CONVENTION. **Illegal traffic**: overview. 2020. Disponível em: http://www.basel.int/Implementation/LegalMatters/IllegalTraffic/Overview/tabid/3421/Default.aspx. Acesso em 05 ago 2020.

BASTOS, C. B. V. **Especismo e natureza jurídica dos animais**: a conjugação de imagens e argumentos na apreciação do problema. [Monografia]. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/4871/1/carolinedebritesvieirabastos.pdf. Acesso em 21 nov 2020.

BAUMAN, Z. **Globalização**: as consequências humanas. Rio de Janeiro: Zahar, 1999.

BBC BRASIL. **As superbactérias que resistem às temperaturas capazes de 'cozinhar' organismos**. 2016. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/revista/vert_earth/2016/03/160226_vert_earth_super_bacterias_calor_fd. Acesso em 19 jul 2020.

BBC BRASIL. **Como o derretimento de geleiras está levando ao ressurgimento de doenças 'adormecidas'**. 2017. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/vert-earth-39905298. Acesso em 19 jul 2020.

BBC BRASIL. **Maior iceberg do mundo está prestes a chegar ao oceano aberto**. 2020. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-51405967. Acesso em 09 jul 2020.

BBC NEWS BRASIL. **Cientistas identificam fonte de misteriosas emissões que estão destruindo camada de ozônio.** 2018. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44778158. Acesso em 27 out 2020.

BBC NEWS BRASIL. **O 'álibi científico' que pode inocentar os morcegos da pandemia de coronavírus**. 2020. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-53150838. Acesso em 03 out 2020.

BBC NEWS BRASIL. **O que é o Giro do Pacífico Sul, o enorme 'deserto marinho' considerado o lugar mais 'hostil' de todo o oceano**. 2019. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-48821561. Acesso em 04 out 2020.

BBC UK. **World War One: 'Super rare' discovery of carrier pigeon message.** BBC, 2020. Disponível em: https://www.bbc.co.uk/newsround/54871517. Acesso em 10 nov 2020.

BEAUVOIR, S. **O segundo sexo**. 5. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2019.

BEHRENS, M. A. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. Petrópolis: Vozes, 2005.

BEHRENS, M. A.; ENS, R. T. **Complexidade e transdisciplinaridade**: novas perspectivas teóricas e práticas para formação de professores. Curitiba: Appris, 2015.

BEHRENS, M. A.; OLIARI, A. L. T. A evolução dos paradigmas na educação: do pensamento científico tradicional a complexidade. **Diálogo Educacional**, v. 7, n. 22, p. 53-66, 2007. Disponível em: https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/4156/4072. Acesso em 26 ago 2020.

BENSUSAN, Nurit, O que a natureza faz por nós: serviços ambientais. In: BENSUSAN, N. (org.). **Seria melhor mandar ladrilhar?** Biodiversidade: como, para que e por que. 2. ed. Brasília: Editora da Unb, 2008.

BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**. Londrina, v. 32, n. 1, pp. 25-40, jan./jun. 2011. Disponível em: http://www.proiac.uff.br/sites/default/files/documentos/berbel_2011.pdf. Acessado em: 12 maio 2020.

BERG, E. V. El río que escapó del paraíso. **National Geographic**, v. 35, n. 4, p. 16-29, 2014. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/379648. Acesso em 21 nov 2020.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida**: uma metodologia ativa de aprendizagem. (Tradução Afonso Celso da Cunha Serra). Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BERKELEY. **Solar week home**: segunda-feira: fatos solares. 2020. Disponível em: http://multiverse.ssl.berkeley.edu/Solar-Week/Monday/SolarFacts. Acesso em 08 ago 2020.

BICALHO, L.; OLIVEIRA, M. Aspectos conceituais da transdisciplinaridade e a pesquisa em Ciência da Informação. **Informação & Sociedade**, v. 21, n. 2, p. 87-102, 2011. Disponível em: https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/view/9746/5964. Acesso em 20 nov 2020.

BIROCCHI, P. **Estudo do impacto de efluentes dos emissários submarinos nas áreas adjacentes ao canal de São Sebastião, SP**. [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2018.

BN (Biblioteca Nacional). **Eventos comemorativos de âmbito internacona**l: Dia Mundial dos Oceanos. BN, 2020. Disponível em: https://www.bn.gov.br/acontece/noticias/2020/06/eventos-comemorativos-ambito-internacional-dia-mundial#:~:text=O%20Dia%20Mundial%20dos%20Oceanos,Desenvolvimento%2C%20a%20ECO%2D92. Acesso em 18 nov 2020.

BOFF, L. **Ecologia, mundialização e espiritualidade**. 2. ed. São Paulo: Ática, 1993.

BOFF, L. **O despertar da águia.** 25. ed. Petrópolis: Vozes, 2015.

BOFF, Leonardo. **A águia e a galinha.** 43. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2000.

BOGARD, W. **The Bhopal tragedy:** language, logic, and politics in the production of a hazard. Nova York: Routledge, 2019.

BOM DIA SP. **Especialistas explicam "chuva preta" na capital.** [vídeo]. G1, 2020. Disponível em: http://g1.globo.com/sao-paulo/videos/t/bom-dia-sp/v/especialistas-explicam-chuva-preta-na-capital/7859084/. Acesso em 20 out 2020.

BOMFIM, I. G. A.; OLIVEIRA, M. O.; FREITAS, B. M. **Biologia das abelhas**: curso técnico de apicultura. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2017.

BOTKIN, D. B.; KELLER, E. A. **Ciência Ambiental**: Terra, um planeta vivo. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BRADBEAR, N. **Bees and their role in forest livelihoods**: a guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products. Coleção Non-Wood Forest Products, n. 19. Roma: FAO, 2009.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGERM S. **Introdução à engenharia ambiental.** 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRASIL PROBIO. **PROBIO**: dez anos de atuação. Brasília: MMA, 2006.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília: Casa Civil, 1988.

BRASIL. **Decreto n. 7.794, de 20 de agosto de 2012**: institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica Brasília: Casa Civil, 2012a.

BRASIL. **Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009**: institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2009.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**: institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2010.

BRASIL. **Lei n. 6.938:** Política Nacional de Meio Ambiente. Brasília: Casa Civil, 1981.

BRASIL. **Lei n. 9.433:** Política Nacional de Recursos Hídricos**.** Brasília: Casa Civil, 1997.

BRASIL. **Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999**: dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em 19 set 2020.

BRASIL. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília: MAPA/ACS, 2012b.

BRASIL. **Resolução nº 153, de 17 de dezembro de 2013**: Estabelece critérios e diretrizes para implantação de recarga artificial de aquíferos no território brasileiro. Brasília: Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 2014.

BRASIL. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**: estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Brasília: Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 2005.

BRAUN, S. **Onde o plástico é proibido no mundo**. DW, 2019. Disponível em: https://www.dw.com/pt-br/onde-o-pl%C3%A1stico-%C3%A9-proibido-no-mundo/a-49398718. Acesso em 06 out 2020.

BRIGHT SOURCE. **Atualizações sobre China, Ashalim e Ivanpah.** 2016. Disponível em: http://www.brightsourceenergy.com/one-sun-november-2016#.X3MgycJKjIV. Acesso em 29 set 2020.

BRITANNICA DIGITAL LEARNING. **Audição**. Encyclopaedia Britannica, CAPES, 2020. Disponível em: https://escola.britannica.com.br/artigo/audi%C3%A7%C3%A3o/483285#:~:text=Sua%20capacidade%20auditiva%20est%C3%A1%20entre,entre%201.000%20e%20120.000%20Hz.&text=Eles%20podem%20ouvir%20frequ%C3%AAncias%20de,a%20alguns%20metros%20de%20dist%C3%A2ncia. Acesso em 08 nov 2020.

BRITANNICA. **Rio Eufrates**. Encyclpaedia Britannica, CAPES, 2020. Disponível em: https://escola.britannica.com.br/artigo/rio-Eufrates/481250. Acesso em 12 nov 2020.

BRITO, R. O.; MARQUES, C. F. **Pagamento por serviços ambientais**: uma análise do ICMS ecológico nos estados brasileiros. Curitiba, 2017. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8247/1/ppp_n49_pagamento.pdf. Acesso em 13 jul 2020.

BROCKVELD, M. V. V.; SILVA, M. R.; TEIXEIRA, C. S. A cultura *maker* em prol da inovação nos sistemas educacionais. In: TEIXEIRA, C. S.; SOUZA, M. V. (org.). **Educação fora da caixa**: tendências internacionais e perspectivas sobre a inovação na educação. v. 3, v. 4. São Paulo: Blucher, 2018.

BUREK, P.; SATOH, Y.; FISCHER, G.; KAHIL, M. T.; SCHERZER, A.; TRAMBEREND, S.; NAVA, L. F.; WADA, Y.; EISNER, S.; FLÖRKE, M.; HANASAKI, N.; MAGNUSZEWSKI, P.; COSGROVE, B.; WIBERG, D. **Water futures and solution**: fast track initiative (Final Report). Luxemburgo (Austria): International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), 2016. Disponível em: pure.iiasa.ac.at/13008/. Acesso em 11 jul 2020.

CALAPRICE, A. **The ultimate quotable Einstein.** Princeton: Princeton University Press, 2011.

CÂMARA, G. M. ***Maat*: o princípio ordenador do cosmo egípcio**: uma reflexão sobre os princípios encerrados pela deusa no Reino Antigo (2686-2181 a.C) e no Reino Médio (2055-1650 a.C). [Dissertação]. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2011. Disponível em: https://www.historia.uff.br/stricto/td/1513.pdf. Acesso em 10 nov 2020.

CAMARGO, S. **127 países do mundo já têm leis com restrições ao plástico**: o Brasil não é um deles. Conexão Planeta, 2019. Disponível em: https://conexaoplaneta.com.br/blog/127-paises-do-mundo-ja-tem-leis-com-restricoes-ao-plastico-o-brasil-nao-e-um-deles/. Acesso em 06 out 2020.

____, S. **Feias, mas saborosas:** mercado francês dá desconto na compra de frutas e verduras imperfeitas. Superinteressante, 2016. Disponível em: https://super.abril.com.br/blog/planeta/feias-mas-saborosas-mercado-frances-da-desconto-na-compra-de-frutas-e-verduras-imperfeitas/. Acesso em 22 nov 2020.

CANEPPELE, J. C. G. **Espacialização da arenização a partir da Ecodinâmica e da Cartografia Ambiental**. [Dissertação de Mestrado]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

CAOE (The Coordinated Action on Ocean Energy). **Ocean energy conversion in Europe**: recent advancements and prospects. Centre of Renewable Energy Sources for the European Commission, 2006.

CAPPUCCI, M. **From summer heat to snow in 18 hours**: weather whiplash strikes Rocky Mountain states. The Washington Post, 2020. Disponível em: https://www.washingtonpost.com/weather/2020/09/08/record-heat-snow-colorado/. Acesso em 30 set 2020.

CAPRA, F. **A teia da vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. 6. ed. São Paulo: Cultrix, 2006.

CAPRA, F. **The tao of physics:** an exploration of the parallels between modern physics and eastern mysticism. California: Shambhala publications, 1975.

CAPRA, F. **The turning point**. Nova York: Bantam Books [Random House], 1982.

CARBINATTO, B. **Lenda aborígene pode ser história mais antiga conhecida pela humanidade.** 2020. Disponível em: <https://super.abril.com.br/historia/lenda-aborigene-pode-ser-historia-mais-antiga-conhecida-pela-humanidade/>. Acesso em 25 jul 2020.

CARNEIRO, F. F. (Org.) **Dossiê ABRASCO**: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/Fiocruz; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CARROL, L. **As aventuras de Alice no País das Maravilhas**. BORGES, M. L. X. A. (trad.). Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2010.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 1962.

CARVALHO, D. **Saúde dos mares é fundamental para vida humana**. Ecoa, 2020. Disponível em: https://www.uol.com.br/ecoa/amp-stories/dia-mundial-dos-oceanos-saude-dos-mares-e-fundamental-para-vida-humana/index.htm. Acesso em 06 out 2020.

CASTRO, B. M.; BRANDINI, F. P.; DOTTORI, M.; FORTES, J. F. A Amazônia Azul: recursos e preservação. **Revista USP**, n. 113, p. 7-26. São Paulo, 2017.

CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida. **Mercator**, v. 19. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2020.

CATTERALL, L. G. A brief history of STEM and STEAM from an inadvertent insider. **The STEAM Journal**, v. 3, n. 1, 2017. Disponível em: https://scholarship.claremont.edu/steam/vol3/iss1/5/. Acesso em 20 set 2020.

CB (Correio Braziliense). **Maré negra da Exxon-Valdez: 25 anos depois, o Alasca ainda guarda vestígios.** 2014. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/mundo/2014/03/24/interna_mundo,419186/mare-negra-da-exxon-valdez-25-anos-depois-o-alasca-ainda-guarda-vestigios.shtml. Acesso em 05 out 2020.

CB (Correio Braziliense). **Responsável por 8,8 milhões de mortes anuais, poluição é pior que cigarro**. 2020. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2020/03/03/interna_ciencia_saude,831649/responsavel-por-8-8-milhoes-de-mortes-anuais-poluicao-e-pior-que-ciga.shtm. Acesso em 20 out 2020.

CBBBEA (Congresso Brasileiro de Bioética e Bem-Estar Animal). **Anais**. Curitiba: Conselho Federal de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Paraná, 2014. Disponível em: http://www.labea.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2014/09/Anais-III-CBBBEA.pdf. Acesso em 04 nov. 2020.

CEE-FIOCRUZ (Centro de Estudos Estratégicos da Fundação Oswaldo Cruz). **Glifosato, um provável carcinógeno liberado no Brasil.** CEE-FIOCRUZ, 2019. Disponível em: https://cee.fiocruz.br/?q=node/1086#:~:text=%E2%80%9CRecentemente%2C%20o%20glifosato%20passou%20a,%C3%A0%20Organiza%C3%A7%C3%A3o%20Mundial%20da%20Sa%C3%BAde. Acesso em 18 out 2020.

CERRI NETO, M. **Impacto ambiental, degradação ambiental, poluição, contaminação e dano ambiental**: comparação entre conceitos legal e técnico. [Dissertação de Mestrado]. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2008.

CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos**: novas bases de uma prevenção contra doenças e parasitas - teoria da trofobiose. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.

CHAVES, M. M. **Complexidade e transdisciplinaridade**: uma abordagem multidimensional do setor saúde. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: http://www.ufrrj.br/leptrans/arquivos/Chaves.pdf. Acesso em 04 set 2020.

CHEN, D. H.; WEIDMAN, T. **O país conseguiu recuperar um "mar" que havia sido extinto**. BBC Future, 2018. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/vert-cap-45134455. Acesso em 07 out 2020.

CHENG, L.; ABRAHAM, J.; ZHU, J.; TRENBERTH, K. E.; FASULLO, J.; BOYER, T.; LOCARNINI, R.; ZHANG, B.; YU, F.; WAN, L.; CHEN, X.; SONG, X.; LIU, Y.; MANN, M. E. Record-setting ocean warmth continued in 2019. **Advances in Atmospheric Sciences,** n. 37, p. 137-142, 2020.

CHIOU, T.; KLEINLOGEL, S.; CRONIN, T.; CALDWELL, R.; LOEFFLER, B.; SIDDIQI, A.; GOLDIZEN, A.; MARSHALL, J. Circular polarization vision in a stomatopod crustacean. **Current Biology**, v. 18, n. 6, p. 429-434, 2008. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982208002522. Acesso em 08 nov 2020.

CHRISTENSEN, C. M.; HORN, M. B.; STAKER, H. **Ensino híbrido**: uma inovação disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos. Clayton Christensen Institute for Disruptive Innovation, 2013. Disponível em: https://porvir.org/wp-content/uploads/2014/08/PT_Is-K-12-blended-learning-disruptive-Final.pdf. Acesso em 30 ago 2020.

CIRM (Comissão Interministerial para os Recursos do Mar). **Amazônia azul**. 2020. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/secirm/amazoniaazul. Acesso em 06 out 2020.

COLKER, D. **Cão sem Plumas**. Disponível em: https://www.ciadeborahcolker.com.br/csp. Acesso em 08 maio 2020.

COMISSÃO EUROPEIA. **Orientações sobre as melhores práticas para limitar, atenuar ou compensar a impermeabilização dos solos**. 2012. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_pt.pdf. Acesso em 04 ago 2020.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 6, n. 7. Brasília: CONAB, 2019.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005:** dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: CONAMA, MMA, 2005. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459. Acesso em 18 out 2020.

CORTELAZZO, A. L.; PIVA JUNIOR, D.; FIALA, D. A. S.; PANISSON, L.; RODRIGUES, M. R. J. B. **Metodologias ativas e personalizadas de aprendizagem.** Rio de Janeiro: Alta Book, 2018.

COSTA, F. V.; VELOSO, N. E. M. R.; COSTA, J. V. Direitos dos animais no Brasil e no Direito Comparado: a problemática da busca do reconhecimento da senciência. **Revista Húmus**, v. 8, n. 24, p. 64-83, 2018. Disponível em: http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/revistahumus/article/view/10057. Acesso em 05 nov 2020.

COSTA, H. C. **Quantas espécies de animais existem?** Ciência Hoje das Crianças, 2020. Disponível em: http://chc.org.br/artigo/quantas-especies-de-animais-existem/. Acesso em 04 nov 2020.

COSTA-LOTUFO, L. V.; WILKE, D. V.; JIMENEZ, P. C.; EPIFANIO, R. A. Organismos marinhos como fonte de novos fármacos: histórico e perspectivas. **Química Nova,** v. 15, p. 1-14, 2009.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). **Deserto**. Serviço Geológico do Brasil, 2014. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Desertos-1276.html. Acesso em 07 out 2020.

CRH (Conselho Estadual de Recursos Hídricos). **Deliberação nº 202, de 24 de abril de 2017**. São Paulo, 2017.

CRISTO, L. **População reclama do barulho do trem à Justiça**. Tribuna, 2013. Disponível em: https://www.tribunapr.com.br/noticias/parana/populacao-reclama-de-barulho-do-trem-a-justica/. Acesso em 28 nov 2020.

CRUZ, E. **Noites em claro**: moradores de 2 bairros de Curitiba reclamam da buzina de trem. Gazeta do Povo, 2019. Disponível em: https://www.gazetadopovo.com.br/curitiba/curitiba-reclamacao-buzina-trem-madrugada/. Acesso em 28 nov 2020.

CUNHA, D. G. F.; MARQUES, J. F.; RESENDE, J. C.; FALCO, P. B.; SOUZA, C. M.; LOISELLE, S. A. Citizen science participation in research in the environmental sciences: key factors related to projects' success and longevity. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 3, p. 2229-2245, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/aabc/v89n3s0/0001-3765-aabc-201720160548.pdf. Acesso em 29 nov 2020.

CURY, A. **O código da inteligência**. Rio de Janeiro: Sextante, 2015.

D'ALLESANDRO, M. **Soluções inéditas para recuperar antigo lixão da Estrutural e gerar energia**. UnBCiência, 2020. Disponível em: https://www.unbciencia.unb.br/exatas/42-engenharia-mecanica/639-solucoes-ineditas-para-recuperar-antigo-lixao-da-estrutural-e-gerar-energia. Acesso em 05 ago 2020.

DALLAPICCOLA, A. L. **El pasado legendario**: mitos hindúes. Madri: Akal, 2006.

DAMASIO, K. A Amazônia se aproxima do ponto de ruptura, diz Carlos Nobre. **National Geographic**, jan 2019. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/entrevista/2019/01/entrevista-carlos-nobre-clima-amazonia-bolsonaro-governo. Acesso em 02 ago 2020.

DANTAS, C. G.; NUNES, T. L. G. M.; NUNES, T. L. G. M.; GOMES, M. Z.; GRAMACHO, K. P. Apitoxina: coleta, composição química, propriedades biológicas e atividades terapêuticas. **Revista Íbero-Americana de Ciências Ambientais,** v. 4, n. 2, p. 127-150. Aquidabã, 2013.

DELORS, J. A educação ou a utopia necessária. In: UNESCO. **Educação**: um tesouro a descobrir. Brasília: UNESCO Brasil, 2010. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590_por. Acesso em 18 set 2020.

DEMO, P. **O mais importante da educação importante.** São Paulo: Atlas, 2012.

DESCARTES, R. **Discurso do método.** 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

DETERDING, S., DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification. In: 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments. **Anais do...** Tampere (Finlândia), 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/230854710_From_Game_Design_Elements_to_Gamefulness_Defining_Gamification. Acesso em 17 set 2020.

DEWA. **Parque solar Mohammed bin Rashid Al Maktoum.** 2020. Disponível em: https://www.dewa.gov.ae/en/about-us/strategic-initiatives/mbr-solar-park. Acesso em 29 set 2020.

DIAMOND, J. **Guns, germs and steel**: the fate of human societies. Nova York: W. W. Norton, 1997.

DIAS, G. F. **Educação ambiental**: princípios e práticas. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2010.

DIBLASI FILHO, I. **Ecologia geral.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.

DIEGO-MANTECÓN, J. M.; BRAVO, A.; ARCERA, O.; CAÑIZAL, P.; BLANCO, T.; RECIO, T.; GONZÁLEZ-RUIZ, I.; PÉREZ, M. Desarrollo de cinco actividades steam con formato KIKS. In: VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática. **Anais do...**, p. 357-365. Madri: FESPM, 2017. Disponível em: http://funes.uniandes.edu.co/21997/1/Diego-Matec%C3%B3n2017Desarrollo.pdf. Acesso em 19 ago 2020.

DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). **Eclusas**. Diálogos Hidroviáveis, 2020. Disponível em: http://hidroviaveis.com.br/eclusas/. Acesso em 12 nov 2020.

DOUGHERTY, D. The Maker Movement. **Innovations**, v. 7, n. 3, p. 11-14. 2012. Disponível em: https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/INOV_a_00135. Acesos em 18 set 2020.

DOWNTOWN FILMES. **Lixo Extraordinário**: trailer oficial. [Vídeo do Youtube]. color., 4 min. Downtown Filmes, 2010. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_pyR9qCd2F8. Acesso em 16 nov 2020.

DUNK, G. C. S. **Núcleos de desertificação no nordeste brasileiro**: causas e consequências. [Dissertação de Mestrado]. Goiânia: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2010.

DURHAM, W. F.; WILLIAMS, C.H. Mutagenic, teratogenic, and carcinogenic properties of pesticides. **Annual Review of Entomology**, v. 17, p. 123-148, 1972. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.en.17.010172.001011. Acesso em 21 nov 2020.

DW (Deutsch Welle). **"Superbadewanne" verbindet Ost und West**. DW, 2003. Disponível em: https://www.dw.com/de/superbadewanne-verbindet-ost-und-west/a-989765. Acesso em 14 nov 2020.

ECKHARDT, R. R. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado/RS**. [Dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13755/000635394.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 12 nov 2020.

EDITOR, O. Declaração do Rio de Janeiro. **Estudos Avançados**, v. 6, n. 15, p. 153-159, 1992. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9590/11159. Acesso em: 21 out. 2020.

ELY, M. E. **Moradores do RS coletam água da chuva escura; fenômeno pode ter relação com queimadas no Pantanal, diz meteorologista.** RBS TV, 2020. Disponível em: https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2020/09/13/moradores-do-rs-coletam-agua-da-chuva-escura-fenomeno-pode-ter-relacao-com-queimadas-no-pantanal-diz-meteorologista.ghtml. Acesso em 20 out 2020.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Compostagem**: como fazer? [Vídeo do Youtube]. Entrevista com Ivo de Sá Motta, 2019. Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=oVwhPelQ3ls>. Acesso em 05 ago 2020.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). **EPA History**: Earth Day. 2020. Disponível em: https://www.epa.gov/history/epa-history-earth-day. Acesso em 18 jul 2020.

ESTADÃO, 2015. **Lama da Samarco chega ao oceano**. Disponível em: http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,lama-da-samarco-chega-ao-oceano,10000002632. Acesso em 21 nov 2020.

EXAME. **Nova privada funciona sem água, gera energia e fertilizante**. 2019. Disponível em: https://exame.com/tecnologia/nova-privada-funciona-sem-agua-gera-energia-e-fertilizante/#:~:text=S%C3%A3o%20Paulo%20%E2%80%93%20A%20revolu%C3%A7%C3%A3o%20do,b%C3%A1sico%20no%20dia%20a%20dia.&text=Trata%2Dse%20de%20um%20vaso,de%20maneira%20limpa%20e%20segura. Acesso em 13 jul 2020.

EXPRESSÃO POPULAR (Editora). **Série Ana Primavesi.** 2015. Disponível em*:* https://www.expressaopopular.com.br/loja/produto-tag/serie-ana-primavesi/. Acesso em 17 maio 2020.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). **7 segredos que as florestas têm escondido de você**. 2018b. Disponível em: http://www.fao.org/fao-stories/article/en/c/1144016/. Aecsso em 08 out 2020.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). **Dia internacional das abelhas**: polinizadoras essenciais para o futuro dos alimentos. 2019. Disponível em: http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1195001/. Acesso em 27 jun 2020.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). **FRA 2015:** terms and definitions. Rome: FAO, 2015b. Disponível em: http://www.fao.org/3/ap862e/ap862e00.pdf. Acesso em 08 out 2020.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). **Para assegurar o futuro da alimentação, devemos proteger as abelhas**. 2020b. Disponível em: http://www.fao.org/portugal/noticias/detail/pt/c/1133251/. Acesso em 25 jun 2020.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). **Pesticides use**. 2020a. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize. Acesso em 14 maio 2020.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). **Status of the World's Soil Resources**: main report. Rome: FAO, 2015a. Disponível em: http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf. Acesso em 21 nov 2020.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). **The world's mangroves 1980-2005.** 2007. Disponível em: http://www.fao.org/3/a1427e/a1427e00.htm. Acesso em 09 jul 2020.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). **The state of the world's forests.** 2020c. Disponível em: http://www.fao.org/state-of-forests/en. Acesso em 08 out 2020.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). **Why bees matter:** the importance of bees and other pollinators for food and agriculture. Eslovênia: World Bee Day, 2018a. Disponível em: http://www.fao.org/3/i9527en/i9527en.pdf. Acesso em 25 jun 2020.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). **World reference base for soil resources 2006**: a framework for international classification, correlation and communication. Roma, 2006. Disponível em: http://www.fao.org/3/a-a0510e.pdf. Acesso em 21 nov 2020.

FARDO, M. L. **A gamificação como método**: estudo de elementos dos games aplicados em processos de ensino e aprendizagem. [Dissertação]. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2013.

FARR, D. **Urbanismo sustentável**: desenho urbano com a natureza. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FEBRAPDP (Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação). **Evolução da área sob plantio direto no Brasil**: 1972-2018. 2018. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/download/34024evolucao-do-sistema-plantio-dibeto-1972a2018-jpg.jpg>. Acesso em 06 ago 2020.

FERNANDEZ, Fernando. **O poema imperfeito:** crônicas de biologia, conservação da natureza e seus heróis. 3. ed. Curitiba: editora da UFPR, 2004.

FERREIRA, A.; DEMUTTI, C. M.; GIMENEZ, P. E. O. A Teoria das Necessidades de Maslow: a influência do nível educacional sobre a sua percepção no ambiente de trabalho. In: XIII SEMEAD (Seminário em Administração). **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: https://www.etica.eco.br/sites/textos/teoria-de-maslow.pdf. Acesso em 18 nov 2020.

FERREIRA, H. S.; GONÇALVES, T. O.; LAMEIRÃO, S. C. O. V. Aproximações entre neurociências e educação: uma revisão sistemática. **Revista Exitus**, v. 9, n. 3, p. 636-662, 2019.

FERREIRA, N. **Queda da poluição na pandemia de coronavírus já evitou milhares de mortes.** Veja Saúde, 2020. Disponível em: https://saude.abril.com.br/medicina/queda-da-poluicao-na-pandemia-de-coronavirus-ja-evitou-milhares-de-mortes/. Acesso em 20 out 2020.

FERREIRA, P. P.; SILVEIRA, M. V. D.; CARDOSO, F. R.; KOGA, D.; SOUZA, V. M. C. S.; VIEIRA, L. E. A.; PÉREZ, G. F.; CUADROS-MELGAR, B. M.; GONZALEZ, W. D.; SANTOS, E. F. Conceitos básicos sobre a física da formação de tubos de fluxo magnético nas proximidades da Terra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, p.1-13, 2017.

FERRERO, E. M.; HOLLAND, J. **Carta da Terra:** reflexão pela ação. São Paulo: Cortez; Instituto Paulo Freire, 2004.

FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz). **Luz do sol evita doenças e traz bem-estar, mas moderação é essencial.** 2016. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/noticia/luz-do-sol-evita-doencas-e-traz-bem-estar-mas-moderacao-e-essencial. Acesso em 29 set 2020.

FISCHER, H. B.; LIST, E. J.; KOH, R. C. Y.; IMBERGER, J.; BOOKS, N. **Mixing in inland and coastal waters**. San Diego: Academic Press, 1979.

FOLHA DE SÃO PAULO, 2015. **Lama de Mariana chega ao litoral do ES com protesto dos moradores**. Disponível em: http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/11/1709414-lama-de-mariana-chega-ao-mar-do-es-com-protesto-de-moradores.shtml. Acesso em 21 nov 20205.

FONSECA, A. C. S. **Ecoenzima**: aplicações na área de Engenharia Ambiental. [Monografia]. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2019.

FRAGELLI, R. **Método trezentos**: aprendizagem ativa e colaborativa, para além do conteúdo. Porto Alegre: Penso, 2019.

FRAGELLI, R. Trezentos: aprendizagem ativa e colaborativa como uma alternativa ao problema de ansiedade em provas. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 860-872, 2015. Disponível em: https://www.fag.edu.br/novo/arquivos/nucleo/nad/metas.pdf. Acesso em 07 set 2020.

FRAGELLI, R.; FRAGELLI, T. B. O. **Trezentos:** a dimensão humana do método. Educar em Revista, n. 63, p. 253-265, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/er/n63/1984-0411-er-63-00253.pdf. Acesso em 07 set 2020.

FRANCISCO, Santo Padre. **Carta encíclica Laudato si'**: sobre o cuidado da casa comum. Vaticano, 2015. Disponível em: https://w2.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si_po.pdf. Acesso em: 09 maio 2020.

FRANCO, L. **'Estamos presos naquele dia': 1 ano após rompimento de barragem de Brumadinho, os impactos duradouros da tragédia.** BBC News Brasil, 2020. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-51228582. Acesso em 14 nov 2020.

FRANGETTO, F. W.; VEIGA, A. P. B.; LUEDEMANN, G. (org.). **Legado do MDL**: impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil. Brasília: IPEA, 2018.

FRANKLIN, B. M. Progressivism and curriculum differentiation: special classes in the Atlanta public schools: 1898–1923. In: J. L. Rury (ed.). **Urban education in the United States, a historical reader**. p. 119–135. New York: Palgrave Macmillan, 2005.

FREIRE, P. **A educação como prática da liberdade**. 23. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

FUNDETEC (Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico). **Fundetec gradua empresa Japan Solar, pioneira na utilização do grafeno**. FUNDETEC, 2020. Disponível em: http://fundetec.org.br/index.php/noticia/fundetec-gradua-empresa-japan-solar-pioneira-na-utilizacao-do-grafeno. Acesso em 18 nov 2020.

G1 AC. Área desmatada no Acre cresce mais de 400% em um ano, aponta estudo. G1 AC, 2019. Disponível em: https://g1.globo.com/ac/acre/noticia/2019/08/18/area-desmatada-no-acre-cresce-mais-de-400percent-em-um-ano-aponta-estudo.ghtml. Acesso em 11 out 2020.

G1 RIO. **Cedae e RJ são condenados por ruptura do emissário de Ipanema.** 2016. Disponível em: http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/10/cedae-e-rj-sao-condenados-por-ruptura-do-emissario-de-ipanema.html. Acesso em 05 out 2020.

G1. **Cerca de 90% das aves marinhas têm plástico no organismo, diz estudo**. 2015. Disponível em: http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/08/cerca-de-90-das-aves-marinhas-tem-plastico-no-organismo-diz-estudo.html#:~:text=Um%20estudo%20conduzido%20por%20pesquisadores,pl%C3%A1stico%20em%20seu%20organismo%20atualmente. Acesso em 06 out 2020.

G1. **Cientistas acham bactérias vivendo em condições extremas na Antártica**. 2012. Disponível em: http://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/11/cientistas-acham-bacterias-vivendo-em-condicoes-extremas-na-antartica.html. Acesso em 19 jul 2020.

G1. **Incêndios florestais na Califórnia voltam à região de Paradise, cidade destruída pelo fogo em 2018.** 2020. Disponível em: https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/09/10/incendios-florestais-na-california-voltam-a-regiao-de-paradise-cidade-destruida-pelo-fogo-em-2018.ghtml. Acesso em 09 out 2020.

G1. **Transporte hidroviário do Brasil utiliza apenas um terço da malha potencial, mostra estudo.** G1 Economia, 2019. Disponível em: https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/10/02/transporte-hidroviario-do-brasil-utiliza-apenas-um-terco-da-malha-potencial-mostra-estudo.ghtml. Acesso em 12 nov 2020.

G1. **Tratamento de lixo no Japão é exemplo de cuidado com o ambiente**. Bom Dia Brasil, 2017. http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2017/03/tratamento-de-lixo-no-japao-e-exemplo-de-cuidado-com-o-ambiente.html. Acesso em 05 ago 2020.

GAARDER, J. **O mundo de Sofia.** São Paulo: Companhia da Letras, 1995.

GADOTTI, M. **História das ideias pedagógicas**. 8. ed. São Paulo: Ática, 2011.

GADOTTI, M. **Pedagogia da terra**: ecopedagogia e educação sustentável. Buenos Aires: CLACSO, 2001.

GALILEU. **Ilha de lixo no Oceano Pacífico é 16 vezes maior do que se imaginava.** 2018. Disponível em: https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2018/03/ilha-de-lixo-no-oceano-pacifico-e-16-vezes-maior-do-que-se-imaginava.html. Acesso em 06 out 2020.

GALVÃO, W. **Lixão da Estrutural e Aterro Sanitário recebem resíduos de forma irregular**. Correio Braziliense, 2018. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2018/03/16/interna_cidadesdf,666561/lixao-da-estrutural-e-aterro-sanitario-recebem-residuos-irregularmente.shtml>. Acesso em 05 ago 2020.

GARCIA, G. **Brumadinho:** um ano depois, Congresso não aprovou nenhum de 37 projetos para endurecer lei. G1, 2020. Disponível em: https://g1.globo.com/politica/noticia/2020/01/25/brumadinho-um-ano-depois-congresso-nao-aprovou-nenhum-de-37-projetos-para-endurecer-lei.ghtml. Acesso em 04 out 2020.

GARDNER, H. **Inteligências múltiplas: a teoria na prática.** Porto Alegre: Artmed, 2000.

GARGIONI, P. V. **8 rios sagrados ao redor do mundo que você talvez não conheça**. Megacurioso, 2018. Disponível em: https://www.megacurioso.com.br/estilo-de-vida/106707-8-rios-sagrados-ao-redor-do-mundo-que-voce-talvez-nao-conheca.htm. Acesso em 12 nov 2020.

GARRISON, T. **Fundamentos de oceanografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

GAUDARTE, G. **Após 17 anos, Petrobras disputa R$ 1,5 bilhão pelo naufrágio da P-36**. 2018. Disponível em: https://epbr.com.br/apos-17-anos-petrobras-disputa-r-15-bilhao-pelo-naufragio-da-p-36/. Acesso em 05 ou 2020.

GAZETA DO POVO. **Após 14 anos, transposição do Rio São Francisco entra na reta final**. 2020. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/republica/transposicao-rio-sao-francisco-obras-reta-final/>. Acesso em 13 jul 2020.

GCO (*Global Cancer Observatory*). **Cancers attributable to UV radiation**: analysis tools: maps. International Agency for Research on Cancer, Organização Mundial da Saúde, 2012. Disponível em: https://gco.iarc.fr/causes/uv/tools-map?mode=1&sex=0&population=1&continent=0&cancer=0&key=paf&age_group=3. Acesso em 25 out 2020.

GEE, J. P. **What video games have to teach us about learning and literacy?** 2. ed. Nova York: St Martin, 2014.

GFN (*Global Footprint Network*). **Data and methodology**. 2020a. Disponível em: https://www.footprintnetwork.org/resources/data/. Acesso em 25 jul 2020.

GFN (*Global Footprint Network*). **Earth Overshoot Day 2020 lands on August 22**. 2020d. Disponível em: https://www.overshootday.org/?__hstc=104736159.981d8be7991ab2c62691e4733270cf7d.1595679575159.1595679575159.1595701521923.2&__hssc=104736159.4.1595701521923&__hsfp=1820355744. Acesso em 25 jul 2020.

GFN (*Global Footprint Network*). **Earth Overshoot Day**. 2020b. Disponível em: https://www.footprintnetwork.org/our-work/earth-overshoot-day/. Acesso em 25 jul 2020.

GFN (*Global Footprint Network*). **National Footprint and Biocapacity Accounts**. 2019. Disponível em: http://data.footprintnetwork.org/#/analyzeTrends?type=EFCtot&cn=5001. Acesso em 25 jul 2020.

GFN (*Global Footprint Network*). **Search**: Overshoot Day. 2020c. Disponível em: https://www.footprintnetwork.org/search/. Acesso em 25 jul 2020.

GIANNINI, T. C.; COSTA, W. F.; CORDEIRO, G. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.; BIESMEIJER, J.; GARIBALDI, L. A. Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. **Plos One**. São Francisco, 2017.

GIMÉNEZ-CANDELA, M. La descosificación de los animales. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 12, n. 1, p. 298-313, 2017. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/revistadireito/article/view/26664. Acesso em 05 nov 2020.

GLOBO. **Bill Gates apresenta o vaso sanitário reinventado, sem água nem rede de esgoto**. 2018. Disponível em: https://oglobo.globo.com/economia/tecnologia/bill-gates-apresenta-vaso-sanitario-reinventado-sem-agua-nem-rede-de-esgoto-23215574. Acesso em 13 jul 2020.

GOETHE, J. W. V. **Divã ocidento-oriental**. Tradução Daniel Martineschen. São Paulo: Estação Liberdade, 2020.

GOMES, I. S.; JERÔNIMO, C. E. M. Avaliação ambiental correlacionada ao aproveitamento turístico do cajueiro de Pirangi/RN: medidas de controle e contingência. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 7, n. 7, p. 1391-1399, 2012.

GONZALEZ, A. África ergue Grande Muralha Verde para conter a seca. 2019. Disponível em: https://g1.globo.com/natureza/blog/amelia-gonzalez/noticia/2019/06/17/africa-ergue-grande-muralha-verde-para-conter-a-seca.ghtml. Acesso em 07 out 2020.

GORGENS, E. B.; MOTTA, A. Z.; ASSIS, M.; NUNES, M. H.; JACKSON, T.; COOMES, D.; ROSETTE, J.; ARAGÃO, L. E. O. C.; OMETTO, J. P. The giant trees of the Amazon basin. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 17, n. 7, p. 373-374, 2019.

GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban forestry.** 2. ed. Nova York: John Wiley, 1986.

GRIGORI, P. **Meio bilhão de abelhas morreram no Brasil**: e isso é uma péssima notícia. Revista Exame, 2019. Disponível em: <https://exame.com/brasil/meio-bilhao-de-abelhas-morreram-no-brasil-e-isso-e-uma-pessima-noticia/>. Acesso em 27 jun 2020.

GRUBER, K. **A floresta cujas árvores podem 'andar' até 20 metros por ano**. BBC NEW BRASIL, 2016. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/01/160112_vert_earth_arvores_andam_fd. Acesso em 01 nov 2020.

GUEDES, M. H. **Aurora Boreal!** Vitória: Clube de Autores, 2015.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos:** conceitos, temas e aplicações. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

GUTERRES, A. **Mensagem do Secretário-Geral**. 2020. Disponível em: https://www.un.org/en/observances/forests-and-trees-day/message. Acesso em 09 out 2020.

HÄBERLI, K.; LÜSCHER, C.; PRAPLAN-CHASTENAY, B.; WYSS, C. **L'affaire sol**: pour une politique raisonnée de l'utilisation du sol. Rapport final du programme national de recherche 'Utilisation du sol en Suisse' (PNR 22). Genebra: Georg, 1991.

HAGERTY, C. **The survivors**. 2019. Disponível em: https://www.vox.com/the-highlight/2019/10/16/20908291/camp-fire-wildfire-california-paradise-survivors. Acesso em 09 out 2020.

HALL, C. M. Glow-worm tourism in Australia and New Zealand.In: LEMELIN, R. (Ed.). **The management of insects in recreation and tourism**. p. 217-232. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

HALLEGATTE, S.; GREEN, C.; NICHOLLS, R. J.; CORFEE-MORLOT, J. Future flood losses in major coastal cities. **Nature Climate Change,** n. 3, p. 802-806, 2013.

HALVERSON, E. R; SHERIDAN, K. The maker movement in education. **Harvard Educational Review**, v. 84, n. 4, p. 495-504, 2014.

HARARI, Y. N. **Sapiens**: uma breve história da humanidade. 36. ed. Porto Alegre: L&PM, 2018.

HARE, F. K; WARREN, A; MAIZELS, J. K; KATES, R.W; JOHNSON, D. L; HARING, K. J; GARDUÑO, M. A. **Desertificação**: causas e consequências, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1992.

HATCH, M. **The maker movement manifesto**. New York: McGraw Hill, 2013.

HATHAWAY, M.; BOFF, L. **O tao da libertação:** explorando a ecologia da libertação. Petrópolis: Vozes, 2012.

HAWKING, S. **Breves respostas para grandes questões**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2018.

HAZIN, F.; PEREZ, J. A.; TRAVASSOS, P. Nossas riquezas no mar. In: SERAFIM, C. F. S. **Geografia**: ensino fundamental e ensino médio: o mar no espaço geográfico brasileiro. Coleção explorando o ensino, v. 8. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2005.

HEGGLIN, M. I. Increased emissions of ozone depleters. **Nature**, v. 557, p. 317-318, 2018. Disponível em: https://www.nature.com/articles/d41586-018-05110-3. Acesso em 27 out 2020.

HELMS, D. Hugh Hammond Bennett and the Creation of the Soil Erosion Service. **National Resources Conservation Service Historical Insights**, n. 8, 2008.

HEMOND, H. F.; FECHNER, E. J. **Chemical fate and transport in the environment**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2015.

HERTWICH, E. G.; PETERS, G. P. Carbon footprint of nations: a global, trade-linked analysis. **Environmental Science & Technology**, v. 43, n. 16, p. 6414-6420, 2009.

HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Princípios integrados de zoologia.** 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

HILL, G. **'Earthday' backer planning 'Sun Day'.** Nova York: The New York Times, 1977. Disponível em: https://www.nytimes.com/1977/10/16/archives/earthday-backer-planning-sun-day-environmental-activist-says-may-3.html. Acesso em 27 set 2020.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. **Energia e meio ambiente**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

HIRATA, H. H. **Efeito da estimulação magnética na imunorreatividade da proteína ZENK em diferentes regiões do encéfalo de pombos *(Columbia livia)*.** [Dissertação]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, 2008.

HODGES, G. **Pinguim em velocidade de fuga**. National Geographic Portugal, 2012. Disponível em: https://nationalgeographic.sapo.pt/natureza/grandes-reportagens/1656-pinguins-em-velocidade-de-fuga. Acesso em 10 nov 2020.

HOEKSTRA, A.Y.; HUNG, P.Q. **Virtual water trade**: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Delft, The Netherlands: IHE Delft, 2002.

HOLLRICHER, Karin. Dumm wie Bohnenstroh? **Laborjournal**, p. 22-26, 2005. Disponível em: http://ds9.botanik.uni-bonn.de/zellbio/AG-Baluska-Volkmann/pdf/press/Labourjournal.pdf. Acesso em 01 nov 2020.

HOWARD, E. **Cidades-jardins de amanhã.** São Paulo: Hucitec, 2002.

IAT (Instituto Água e Terra). **Pagamento por serviços ambientais (PSA)**. 2020. Disponível em: http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Pagamento-por-servicos-ambientais-PSA. Acesso em 01 out 2020.

IBERDROLA. **Descubra as ilhas de plástico que poluem nossos oceanos.** Disponível em: https://www.iberdrola.com/meio-ambiente/as-5-ilhas-de-lixo-nos-oceanos. Acesso em 06 out 2020.

IBNBIO (Iniciativa Brasileira de Negócios e Biodiversidade). **COP 15, da Biodiversidade, é remarcada para maio de 2021**. Disponível em: https://cebds.org/ibnbio/cop-15-da-cdb-e-remarcada-para-maio-de-2021/. Acesso em 30 set 2020.

ICMBIO (Instituto Chico Mendes da Biodiversidade). **Aves**: Amazônia. ICMBio, 2020. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/estado-de-conservacao/2798-aves-amazonia#:~:text=Existem%20no%20mundo%20cerca%20de,de%20Registros%20Ornitol%C3%B3gicos%20(CBRO). Acesso em 10 nov 2020.

ICMBIO (Instituto Chico Mendes da Biodiversidade). **Livro Vermelho da Fauna já está disponível para download**. ICMBio, MMA, 2019. https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/10195-livro-vermelho-da-fauna-ja-esta-disponivel-para-download. Acesso em 07 nov 2020.

ICMBIO (Instituto Chico Mendes da Biodiversidade). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. v. 1. ICMBio: Brasília, 2018. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol1.pdf. Acesso em 07 nov 2020.

IMC (Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais). **Programa para pioneiros em REDD+ (REM)**. IMC, 2020. Disponível em: http://imc.ac.gov.br/programa-para-pioneiros-em-redd-rem/. Acesso em 11 out 2020.

INCA (Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva). **Estimativa 2020**: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2019. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/estimativa-2020-incidencia-de-cancer-no-brasil.pdf. Acesso em 25 out 2020.

INDIA TODAY. **Bihar:** School principal sentenced to 17 years in prison for mid-day meal tragedy. [Reportagem de Rohit Kumar Singh]. 29 ago 2016. Disponível em: <https://www.indiatoday.in/india/story/chhapra-mid-day-meal-tragedy-principal-sentenced-to-imprisonment-337901-2016-08-29>. Acesso em 15 maio 2020.

INMA (Instituto Nacional da Mata Atlântica). **Você sabe o que é dimorfismo sexual?** INMA, 2016. Disponível em: http://inma.gov.br/voce-sabe-o-que-e-dimorfismo-sexual/#. Acesso em 10 nov 2020.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Explosão do Sol pode causar tempestade geomagnética**. 2013. Disponível em: http://www.dae.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3256. Acesso em 08 ago 2020.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **O que são as descargas atmosféricas**. 2020. Disponível em: http://www.inpe.br/webelat/rindat/menu/desc.atm/. Acesso em 07 ago 2020.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Pegada ecológica**: qual é a sua? São José dos Campos: INPE, 2012.

INPEV (Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias). **Sistema Campo Limpo em números**. 2020. Disponível em: <https://inpev.org.br/sistema-campo-limpo/em-numeros/>. Acesso em 16 maio 2020.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Perdas de água 2020 (SNIS 2018):** desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico. 2020. Disponível em: http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/Relat%C3%B3rio_Final_-_Estudo_de_Perdas_2020_-_JUNHO_2020.pdf. Acesso em 11 jul 2020.

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). **Fifth Assessment Report**. 2020. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/. Acesso em 09 jul 2020.

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). **Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.** 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/srocc/. Acesso em 10 jul 2020.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Arborização urbana:** Jornal da Record News. [Vídeo do Youtube]. IPT, 2016. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=65ZR9gaMY_0&feature=emb_logo. Acesso em 02 nov 2020.

IRWIN, A. **Não são necessários PhDs**: como a ciência cidadão está transformando a pesquisa. Nature Research News, 2018. Disponível em: https://www.nature.com/articles/d41586-018-07106-5. Acesso em 29 nov 2020.

ISAACSON, W. **Einstein**: sua vida, seu universo. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

ISO (*International Organizations for Standardization*). **Sobre nós**. 2020. Disponível em: https://www.iso.org/about-us.html#0. Acesso em 04 out 2020.

ITAIPU BINACIONAL. **Perguntas frequentes**. 2020b. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/perguntas-frequentes. Acesso em 10 ago 2020.

ITAIPU BINACIONAL. **Reservatório**. 2020a. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/reservatorio>. Acesso em 14 jul 2020.

ITAIPU. **Plantio direto**: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. (coord. edit.). Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/LIVRO_PLANTIO_DIRETO_WEB.pdf. Acesso em 21 nov 2020.

JAGGARD, V. **Os dinossauros que não morreram**. National Geographic Portugal, 2020. Disponível em: https://nationalgeographic.sapo.pt/historia/grandes-reportagens/1817-os-dinossauros-que-nao-morreram. Acesso em 10 nov 2020.

JANTSCH, A. P.; BIANCHETTI, L. (Org.). **Interdisciplinaridade para além da filosofia do sujeito**. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

JBR (Jornal de Brasília). **Após 60 anos, lixão da Estrutural é fechado definitivamente**. Jornal de Brasília: 2018. Disponível em: <https://jornaldebrasilia.com.br/cidades/apos-60-anos-lixao-da-estrutural-e-fechado-definitivamente/>. Acesso em 05 ago 2020.

KALAN, J. **Como iluminar um quarto por 40 dias só com uma batata?** BBC Future Brasil, 2014. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/10/141020_vert_fut_batatas_energia_dg. Acesso em 30 set 2020.

KAPP. K. **The gamification of learning and instruction:** game-based methods and strategies for training and education. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

KASTING, J. **How to find a habitable planet**. Princeton: Universidade de Princeton, 2010.

KCAW (*Raven Radio*). **Alaska bulk water given another chance**. 2015. Disponível em: < https://www.kcaw.org/2015/10/30/alaska-bulk-water-given-another-chance/>. Acesso em 14 jul 2020.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal.** 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019.

KING, S. L.; JANIK, V. M. Bottlenose dolphins can use learned vocal labels to address each other. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 332, p. 13216–13221, 2013. Disponível em: https://www.pnas.org/content/pnas/110/32/13216.full.pdf. Acesso em 08 nov 2020.

KIRYAKOVA, G., ANGELOVA, N.; YORDANOVA, L. Gamification in education. In: 9th International Balkan Education and Science Conference. **Anais do...** University of Bakirçay: Kusadasi (Turquia), 2014. Disponível em https://www.sun.ac.za/english/learning-teaching/ctl/Documents/Gamification%20in%20education.pdf. Acesso em 20 maio 2020.

KLAUS, G. **Soil**: a precious natural resource. Berna (Suíça): National Research Programme "Sustainable Use of Soil as a Resource", Federal Office for the Environment, Federal Office for Agriculture, Federal Office for Spatial Development, 2015.

KLAUTZ, D. J.; CARDOZO, F.; CAMPANINI, O. R.; PETRENTCHUK, L. W. Papel Semente e IFSC Sustentável: uma estratégia de cooperação ambiental e geração de oportunidades. In: 4º Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC (SEPEI). **Anais do...** Gaspar: IFSC, 2014. Disponível em: https://eventoscientificos.ifsc.edu.br/index.php/sepei/sepei2014/paper/view/748/577. Acesso em 03 nov 2020.

KLINK, C. OLIVEIRA, S. (org.). **O nível de referência de emissões florestais do Brasil para pagamentos por resultados de redução de emissões provenientes do desmatamento no bioma Amazônia.** Brasília: MMA, 2015. Disponível em: http://redd.mma.gov.br/images/central-de-midia/pdf/artigos/N-info-5I-FREL.pdf. Acesso em 11 out 2020.

KLINK, C. OLIVEIRA, S. (org.). **REDD+ na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** Brasília: MMA, 2014. Disponível em: http://redd.mma.gov.br/images/central-de-midia/pdf/artigos/Informativo-REDD-n-info-4.pdf. Acesso em 11 out 2020.

KNIPP, D. J.; FRASER, B. J.; SHEA, M. A.; SMART, D. F. On the little-known consequences of the 4 August 1972 ultra-fast coronal mass ejecta: facts, commentary, and call to action. **Space Weather**, n. 16, p. 1635-1643, 2018.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Organic Trading, 2008.

KOIZUMI, H. A practical approach to trans-disciplinary studies for the 21st century. **Journal of Seizon and Life Sciences**, n. 9, p. 5-24, 1999.

KREITH, F; MANGLIK, R. M.; BOHN, M. S. **Princípios de transferência de calor**. São Paulo: Cengage do Brasil, 2010.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. [E-book]. São Paulo: Perspectiva, 2020.

LACERDA, R. Metodologias ativas: Jon Bergmann explica o conceito de sala de aula invertida. 2018. **Desafios da Educação**. Disponível em: https://desafiosdaeducacao.grupoa.com.br/jon-bergmann-e-a-sala-de-aula-invertida/. Acesso em 01 set 2020.

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J. Peer instruction: from Harvard to the two-year college. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 11, p. 1066-1069, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237120340_Peer_instruction_From_Harvard_to_the_two-year_college. Acesso em 07 set 2020.

LEAL-QUIRÓS, E. Plasma processing of municipal solid waste. **Brazilian Journal of Physics**, v. 34, n. 4b, p. 1587-1593, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/bjp/v34n4b/a15v344b.pdf. Acesso em 21 nov 2020.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: http://www.faesb.edu.br/biblioteca/wp-content/uploads/2017/09/hidrologia1.pdf. Acesso em 12 nov 2020.

LIN, D.; HANSCOM, L.; MURTHY, A.; GALLI, A.; EVANS, M.; NEILL, E.; MANCINI, M.S.; MARTINDILL, J.; MEDOUAR, F.-Z.; HUANG, S.; WACKERNAGEL, M. Ecological footprint accounting for countries: updates and results of the National Footprint Accounts, 2012–2018. **Resources**, v. 3, n. 7, p. 1-22, 2018. Disponível em: https://www.mdpi.com/2079-9276/7/3/58. Acesso em 21 nov 2020.

LINHART, V (dir.). **Environment:** disasters that changed the world. Elzévir Films, En Compagine des Lamas, Black Moon, RTBF, 2009. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=RnVp8rnLEIQ. Acesso em 06 out 2020.

LIU, W.; CHEN, W.; PENG, C. Assessing the effectiveness of green infrastructures on urban flooding reduction: a community scale study. **Ecological Modelling**, v. 291, p. 6-14, 2014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380014003391. Acesso em 21 nov 2020.

LOBODA, C. R.; DE ANGELIS, B. L. D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 1, n. 1, 2005.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. Amazon tipping point. **Science Advances**, v. 4, n. 2, 2018. Disponível em: https://advances.sciencemag.org/content/4/2/eaat2340. Acesso em 02 ago 2020.

LOVELOCK, J. **A vingança de Gaia**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006.

LOVELOCK, J. **Gaia**: a new look at life on Earth. Oxford: Oxford University Press, 1979.

LOVELOCK, J. **Gaia**: medicine for an ailing planet. Londres: Gaia Books, 1991.

LTS (Let's Talk Science). **How do trees survive in winter?** Canadá, 2020. Disponível em: https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-in-context/how-do-trees-survive-in-winter. Acesso em 02 nov 2020.

LUPO, A. **Global warming is natural, not man-made**. 2001. Disponível em: http://www.napsnet.com/pdf_archive/34/50144.pdf. Acesso em 11 nov. 2015.

LUZURIAGA, L. (trad.). **História da educação e da pedagogia**. 19. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2001.

MACHADO, R. L.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; MENEZES, C. E. G.; SOUZA, C. M.; FRANCO, A. A. **Recuperação de voçorocas em áreas rurais**. (Embrapa Agrobiologia. Sistemas de Produção, 4). Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006.

MADURO-ABREU, A.; NASCIMENTO, D. T.; MACHADO, L. O. R.; COSTA, H. A. Os limites da Pegada Ecológica. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 19, p. 73-87, 2009.

MAGENTA, M. **Por que até hoje a humanidade não 'solucionou' as pragas de gafanhotos**. BBC News Brasil, 2020. Disponível em: https://economia.uol.com.br/noticias/bbc/2020/07/05/por-que-ate-hoje-humanidade-nao-solucionou-as-pragas-de-gafanhotos.htm. Acesso em 03 out 2020.

MAIA, A. B. **O potencial terapêutico da apitoxia**. Mensagem Doce. n. 66, 2002. Disponível em: https://www.apacame.org.br/mensagemdoce/66/apitoxina.htm. Acesso em 27 jun 2020.

MAIDAME, G. F. **Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino fundamental II**: aplicabilidade, potencial e reflexões de uma adaptação sob perspectivas geocientíficas. [Tese de Doutorado]. Campinas: Unicamp, 2018.

MARINEINSIGHT. **Suez canal ship crossing video**: Suez canal history: Suez canal facts. [Vídeo do Youtube]. Marine Insight, 2019. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=v9yAi2Jibu8&feature=emb_logo. Acesso em 13 nov 2020.

MARQUES FILHO, J.; HOSSNE, W. S. Albert Schweitzer e a filosofia da "ética de respeito à vida". **Revista Bioethikos**, v. 7, n. 2, p. 206-210, 2013. Disponível em: https://saocamilo-sp.br/bioethikos/bioethikosdetalhes/103. Acesso em 07 nov 2020.

MARQUES, L. **Consequências da elevação do nível do mar no século XXI**. Jornal de Unicamp, 2017a. Disponível em: https://www.unicamp.br/unicamp/ju/artigos/luiz-marques/consequencias-da-elevacao-do-nivel-do-mar-no-seculo-xxi. Acesso em 09 jul 2020.

MARQUES, L. **O agronegócio e o declínio dos insetos**. Jornal de Unicamp, 2017b. Disponível em: https://www.unicamp.br/unicamp/index.php/ju/artigos/luiz-marques/o-agronegocio-e-o-declinio-dos-insetos#14. Acesso em 27 jun 2020.

MARR, B. **How Artificial Intelligence, IoT and Big Data can save the bees**. IPBES, 2020. Disponível em: https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2020/04/22/how-artificial-intelligence-iot-and-big-data-can-save-the-bees/#6313ce931d9e. Acesso em 27 jun 2020.

MARTINEZ, J. **The search for method in STEAM education**. New York: Palgrave Macmillan, 2017.

MARTINS, G.; ROSA, A. S.; SETZER, A.; ROSA, W.; MORELLI, F.; BASSANELLI, A. Dinâmica Espaço-Temporal das Queimadas no Brasil no Período de 2003 a 2018. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 4, p. 1558-1569, 2020. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/243584. Acesso em 10 out 2020.

MATURANA, H. R.; VARELA, F. J. **El arbol del conocimiento**. Santiago del Chile: Editorial Universitaria, 1984.

MAY, P. H.; VEIGA NETO, F. C.; POZO, O. V. C. **Valoração econômica da biodiversidade**: estudos de casos no Brasil. Brasília: MMA, 2000. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/valbiod.pdf. Acesso em 01 out 2020.

MAZUR, E. **Peer instruction:** a revolução da aprendizagem ativa. Porto Alegre: Penso, 2015.

MCARTHUR, S. **McArthur's universal corrective world map**. 1979. Disponível em: https://www.amazon.com/McArthurs-Universal-Corrective-folded-version/dp/1931057583/ref=sr_1_2?dchild=1&qid=1595249076&refinements=p_27%3AStuart+McArthur&s=books&sr=1-2&text=Stuart+McArthur. Acesso em 20 jul 2020.

MCCOMAS, W. F.; BURGIN, S. A critique of "STEM" education: revolution-in-the-making, passing fad, or instructional imperative? **Science & Education**, v. 29, n. 4, p. 805-829, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-020-00138-2. Acesso em 23 set 2020.

MCGONIGAL, J. **Jogando por um mundo melhor**. [Palestra no Youtube]. 2010. Disponível em: https://www.ted.com/talks/jane_mcgonigal_gaming_can_make_a_better_world?language=pt-br. Acesso em 17 set 2020.

MCGONIGAL, J. **Realidade em jogo**: por que os games nos tornam melhores e como eles podem mudar o mundo? Rio de Janeiro: Best Seller, 2012.

MCMILLAN, F. **De focas a escaravelhos, esses animais se orientam pelas estrelas**. National Geographic, 2019. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/2019/11/de-focas-escaravelhos-esses-animais-se-orientam-pelas-estrelas. Acesso em 09 nov 2020.

MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação). **Obter carta de aprovação para projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. 2020. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/paginas/Obter-carta-de-aprovacao-para-projetos-do-Mecanismo-de-Desenvolvimento-Limpo-MDL.html?searchRef=gee&tipoBusca=expressaoExata>. Acesso em 17 jul 2020.

MDR (Ministério do Desenvolvimento Regional). **Plansab**: Plano Nacional de Saneamento Básico. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento, 2019. Disponível em: http://www.agersa.ba.gov.br/wp-content/uploads/2019/03/Versaoatualizada07mar2019_consultapublica.pdf. Acesso em 14 nov 2020.

MEA (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT). **Ecosystems and human well-being**: synthesis. Washington: Island Press, 2005.

MEC (Ministério da Educação). **Base Nacional Comum Curricular:** educação é a base. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 10 maio 2020.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advances**, vol. 2, n. 2, 2016. Disponível em: https://advances.sciencemag.org/content/2/2/e1500323. Acesso em 21 nov 2020.

MELHORAMENTOS. **Michaelis**: dicionário escolar: língua portuguesa. São Paulo: Melhoramentos, 2016.

MELO NETO, J. C. **O rio**. São Paulo: Alfaguara, 2012.

MENEZES, C. **Mel e produtos das abelhas fazem bem para a saúde?** [Vídeo]. A.B.E.L.H.A., 2020. Disponível em: https://abelha.org.br/mel-e-produtos-das-abelhas-fazem-bem-para-a-saude/. Acesso em 27 jun 2020.

MIN (Ministério da Integração Nacional). **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. MIN, 2012. Disponível em: http://www.defesacivil.pr.gov.br/sites/defesa-civil/arquivos_restritos/files/documento/2018-12/Cobrade_comsimbologia.pdf. Acesso em 14 nov 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria MS n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011:** dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: MInistério da Saúde, 2011. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em 147 out 2020.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PLANSAB (Plano Nacional de Saneamento Básico):** relatório de avaliação anual - ano 2016. Brasília: 2018. Disponível em: https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PlanSaB/Relatorio_avaliacao_anual_2016_versao-final_site.pdf. Acesso em 04 ago 2020.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR-15**: atividades e operações insalubres. Brasília: Ministério do Trabalho, 1978. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-15-atualizada-2019.pd. Acesso em 18 out 2020.

MIRANDA, C. O. **Descentralização e gestão participativa dos recursos hídricos:** dois estudos de caso em bacias hidrográficas do Médio Tietê. [Dissertação de Mestrado]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2004. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1474/1851.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 10 out 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Acordo de Paris**. 2020b. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html. Acesso em 16 jul 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). Água. MMA, 2020g. Disponível em: http://antigo.mma.gov.br/agua. Acesso em 11 nov 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Biomas**. 2020f. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/biomas.html. Acesso em 20 jul 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Caderno da Região Hidrográfica Amazônica.** Brasília: MMA, 2006. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011024915.pdf. Acesso em 12 nov 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Calendário de eventos**. 2018. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/component/jevents/ano/2018/-.html?Itemid=1. Acesso em 27 set 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Ciclo hidrológico**. 2020c. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informma/item/420-ciclo-hidrol%C3%B3gico.html#:~:text=O%20ciclo%20hidrol%C3%B3gico%2C%20ou%20ciclo,dos%20oceanos%20e%20dos%20continentes>. Acesso em 10 jul 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Cidades sustentáveis**. 2020d. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/aguas-urbanas/parques-fluviais>. Acesso em 05 ago 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Controle de inundações**. MMA, 2020h. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/8046-controle-de-inunda%C3%A7%C3%B5es.html. Acesso em: 14 nov 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Convenção de Basileia**. 2020e. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/convencao-de-basileia.html. Acesso em 05 ago 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Convenção sobre Diversidade Biológica.** Brasília. MMA, 2000. Disponível em: https://antigo.gov.br/mma/pt-br/textoconvenoportugus.pdf. Acesso em 20 nov 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Datas comemorativas.** 2020a. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/comunicacao/datas-comemorativas. Acesso em 27 set 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **ENREDD+**: estratégia nacional para redução das emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal, conservação dos estoques de carbono florestal, manejo sustentável de florestas e aumento de estoques de carbono florestal. Brasília: MMA, 2016b. Disponível em: http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/enredd_documento_web.pdf. Acesso em 11 out 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Histórico consumo SDOs no Brasil (em toneladas PDO)**. 2019b. Disponível em: https://www.antigo.gov.br/images/arquivo/80179/Grafico%20SDOs%20e%20HCFCs%20-%202019%20pdf.pdf. Acesso em 27 out 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **O que é REDD+**. MMA, REDD+ Brasil, 2016a. Disponível em: http://redd.mma.gov.br/pt/pub-apresentacoes/item/82-o-que-e-redd#:~:text=REDD%2B%20%C3%A9%20um%20incentivo%20desenvolvido,Degrada%C3%A7%C3%A3o%20florestal%2C%20considerando%20o%20papel. Acesso em 11 out 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **PNIA 2012 - Painel Nacional de Indicadores Ambientais**: AMC 1.1 Emissão líquida de Gases de Efeito Estufa (GEE) por fontes antrópicas: Metadado. 2012. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/pnia/Arquivos/Temas/Atmosfera_e_Mudancas_Climaticas_AMC/1_Mudancas_Climaticas/AMC_1_1/Metadado_AMC_1_1.pdf>. Acesso em 16 jul 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Preservação das abelhas**. 2013. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/informma/item/9471-preserva%C3%A7%C3%A3o-das-abelhas. Acesso em 27 jun 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Programa de Ação Nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca:** PAN-Brasil. Brasília: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2005. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf. Acesso em 07 out 2020.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal.** 2019a. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/substancias-controladas-pelo-protocolo-de-montreal.html. Acesso em 27 out 2020.

MOGLI: o menino lobo. Direção Wolfgang Reitherman. Los Angeles: Disney, 1968. color., 78 min.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global: uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, p. 7-24 2008. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25404/17024. Acesso em 21 nov 2020.

MORAIS, J. L. M.; FADUL, E.; CERQUEIRA, L. S. Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por Comitês de Bacias Hidrográficas: um estudo nos Estados do Nordeste do Brasil. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 24, n. 1, p. 238-264, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-23112018000100238&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em 10 out 2020.

MORAN, J. Educação híbrida: um conceito-chave para a educação, hoje. In: BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. (org.). **Ensino híbrido:** personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

MORAN, J. Metodologias ativas e modelos híbridos na educação. In: YAEGASHI, S. e outros (orgs). **Novas tecnologias digitais:** reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento. Curitiba: CRV, 2017, p.23-35.

MOREIRA, D. R. Apiterapia no tratamento de patologias. **Revista F@pciência,** v.9, n. 4, p. 21-29. Apucarana, 2012.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. 17. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 5. ed. Porto Alegre: Sulina, 2015.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2011.

MORIN, E.; KERN, A. B. **Terra-Pátria**. Porto Alegre: Sulina, 2003.

MUMFORD, L. **A cidade na história: suas origens, desenvolvimento e perspectivas**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1982.

MUNDO ESTRANHO. **Por que a cor do mar varia entre o azul e o verde?** Superinteressante, 2018. Disponível em: https://super.abril.com.br/mundo-estranho/por-que-a-cor-do-mar-varia-entre-o-azul-e-o-verde/#:~:text=A%20cor%20normal%20do%20mar,azul%2C%20anil%20e%20violeta). Acesso em 04 out 2020.

MUNZ, T. **The dancing bees**. Chicago: University of Chicago Press, 2016.

NAESS, A. The shallow and the deep, long-range ecology movement: a summary. **Inquiry**, v. 16, p. 95-100. London: Taylor & Francis Group, 1973.

NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). **Aurora**. 2020c. Disponível em: https://pwg.gsfc.nasa.gov/polar/EPO/auroral_poster/aurora_all.pdf. Acesso em 27 jul 2020.

NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). **Disappearing ice**. 2020a. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=AAm8X_MHilM. Acesso em 09 jul 2020.

NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). **How much water is on Earth?** 2020b. Disponível em: https://spaceplace.nasa.gov/water/en/. Acesso em 11 jul 2020.

NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). **Nosso sol**: em profundidade. 2020d. Disponível em: https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/sun/in-depth/. Acesso em 07 ago 2020.

NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). **Radiação eletromagnética**: radiação do Sol. 2020e. Disponível em: http://www.ces.fau.edu/nasa/module-2/radiation-sun.php. Acesso em 08 ago 2020.

NASA OZONE WACHT. **Annual records**. NASA, 2020c. Disponível em: https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/statistics/annual_data.html. Acesso em 26 out 2020.

NASA OZONE WACHT. **Northern atmosfere**. NASA, 2020d. Disponível em:https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/NH.html. Acesso em 27 out 2020.

NASA OZONE WACHT. **Ozone facts**. NASA, 2020a. Disponível em: https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/SH.html. Acesso em 26 out 2020.

NASA OZONE WACHT. **Southern atmosfere**. NASA, 2020b. Disponível em: https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/SH.html. Acesso em 26 out 2020.

NASA SCIENCE. **Citizen science projects**, 2020. Disponível em: https://science.nasa.gov/citizenscience. Acesso em 29 nov 2020.

NASCIMENTO, V. M; VAN BELLEN, H. M; COELHO, C; NASCIMENTO, M. **O ICMS ecológico no Brasil: um instrumento econômico de política ambiental aplicado aos municípios**. Santa Catarina, 2011. Disponível em: <https://congressousp.fipecafi.org/anais/artigos112011/186.pdf>. Acesso em 13 jul 2020.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Great Pacific Garbage Patch**. 2020. Disponível em: https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/great-pacific-garbage-patch/. Acesso em 06 out 2020.

NETTO, F. D.; DAEMME, L. C.; PENTEADO, R.; BELTRÃO, V. C.; SILVA, V. C. B.; CORRÊA, S. M. Formação de ozônio troposférico: uma revisão da literatura. **Blucher Engineering Proceedings: XXV Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva**, v. 4, n. 1, 2017. Disponível em: https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/formao-de-oznio-troposfrico-uma-reviso-da-literatura-26558. Acesso em 29 out 2020.

NEUMANN, J. The Universal Declaration of Animal Rights or the creations of a new equilibrium between species. **Animal Law**, v. 19, n. 1, p. 91-109, 2012. Disponível em: https://www.animallaw.info/article/universal-declaration-animal-rights-or-creation-new-equilibrium-between-species. Acesso em 05 nov 2020.

NICOLESCU, B. **O manifesto da transdisciplinaridade**. São Paulo: Triom, 1999.

NISHIDA, S. M.; IUEDA, V. S. **Que bichos moram no Jardim Botânico do I.B?** Série Aves. Botucatu: UNESP, 2011. Disponível em: https://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/Ensino_Fundamental/Animais_JD_Botanico/aves/documentos/anexos/GUIA_de%20Aves_JB(out-2011).pdf. Acesso em 10 nov 2020.

NISSENBAUM, A., 1975. The microbiology and biogeochemistry of the Dead Sea. **Microbial Ecology**, vol. 2, pp 139-161. Disponível em: http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02010435. Acesso em 27 out 2012.

NOBRE, A. D. **Dança da chuva**: parte 1 - rios voadores. [Vídeo do Youtube]. Pesquisa Fapesp, 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=uxgRHmeGHMs. Acesso em 10 out 2020.

NSTC (National Science & Technology Council). **Charting a course for success**: America's strategy for STEM education. Washington DC: Committee on STEM Education/ White House, 2018.

NUNES, A. S.; HAMACHI, L.; BAENA, M. S.; PEREIRA, P. N.; MIOTO, P. T.; CRUZ, R. Folha: desenvolvimento, estrutura e função. In: RIGHI, A. A. (org.). **Botânica no inverno**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2012.

O GLOBO. **Desastre de Minamata, crime ecológico que deixou marcas por décadas no Japão**. 2013. Disponível em: https://acervo.oglobo.globo.com/fatos-historicos/desastre-de-minamata-crime-ecologico-que-deixou-marcas-por-decadas-no-japao-10102255. Acesso em 05 out 2020.

ODEYINGBO, O; NNOROM, I.; DEUBZER, O. **Person in the port project**: assessing import of used electrical and electronic equipment into Nigeria. Universidade das Nações Unidas, Centro de Coordenação da Convenção da Basiléia África, 2018. Disponível em: https://collections.unu.edu/eserv/UNU:6349/PiP_Report.pd. Acesso em 05 ago 2020.

ODPO/NASA (*Orbital Debris Program Office - Nasa*). **Frequently asked questions.** 2019. Disponível em: https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/faq/. Acesso em 24 out 2020.

ODUM, E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

OGAMI. **REPAP**: la rivoluzione della carta. Ogamicollection, 2011. [Vídeo do Youtube]. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=GyJrWfobBqI. Acesso em 03 nov 2020.

OLIVEIRA, E. M. **Desafios e perspectivas para recuperação da qualidade das águas do rio Tietê na Região Metropolitana de São Paulo**. [Tese de Doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015.

OLIVEIRA, G. S. **Consequências climáticas da substituição gradual da Floresta Tropical Amazônica por pastagem degradada ou por plantação de soja**: um estudo de modelagem. [Tese de Doutorado]. São José dos Campos: INPE, 2008.

OLIVEIRA, J. A. **Impactos socioambientais provocados pelo rompimento de barragens de contenção de rejeitos de mineração no Estado de Minas Gerais**. [Monografia]. Três Rio: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: https://itr.ufrrj.br/portal/wp-content/uploads/2020/03/Julia-Azevedo-monografia_FINAL.pdf. Acesso em 14 nov 2020.

OLIVEIRA, V. **Juiz liberta lavrador preso por raspar árvore no DF.** Folha de São Paulo Online, 2000. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u3083.shtml. Acesso em 04 out 2020.

OMS (Organização Mundial da Saúde). **Environmental noise guideline for the European region**: executive summary. World Health Organization, 2018. Disponível em: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/383922/noise-guidelines-exec-sum-eng.pdf. Acesso em 18 out 2020.

ONU (Organização das Nações Unidas). **1 milhão de espécies estão em risco de extinção, revela relatório da ONU.** 2019. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2019/05/1670971. Acesso em 01 out 2020.

ONU (Organização das Nações Unidas). **International days**. 2020a. Disponível em: https://www.un.org/en/sections/observances/international-days/. Acesso em 27 set 2020.

ONU (Organização das Nações Unidas). **World soil day**: 5 december. 2020b. Disponível em: < https://www.un.org/en/observances/world-soil-day>. Acesso em 02 ago 2020.

ONU BRASIL. **A ONU e a água**. 2020c. Disponível em: https://nacoesunidas.org/acao/agua/. Acesso em: 10 jul 2020.

ONU BRASIL. **A ONU e a mudança climática**. 2020b Disponível em: https://nacoesunidas.org/acao/mudanca-climatica/. Acesso em 09 jul 2020.

ONU BRASIL. **A ONU e o meio ambiente**. 2020d. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente. Acesso em 18 jul 2020.

ONU BRASIL. **Transformando nosso mundo**: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2020a. Disponível em: https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/#. Acesso em: 09 maio 2020.

ONU NEWS. **Dia Internacional da Biodiversidade destaca natureza como fonte de soluções.** ONU Brasil, 2020a. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2020/05/1714502. Acesso em 30 set 2020.

ONU NEWS. **Dia Mundial dos Oceanos realça inovação e sustentabilidade.** 2020b. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2020/06/1715812. Acesso em 05 out 2020.

ONU NEWS. **Em Dia Mundial dos Oceanos, ONU pede atenção ao impacto das ações humanas.** 2019a. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2019/06/1675231. Acesso em 05 out 2020.

ONU NEWS. **OMM alerta sobre "incêndios sem precedentes" no Ártico.** 2019d. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2019/07/1679891. Acesso em 09 out 2020.

ONU NEWS. **ONU lança novo fundo para promover o desenvolvimento sustentável na região do Mar de Aral.** 2018. Disponível em: https://news.un.org/en/story/2018/11/1026701. Acesso em 07 out 2020.

ONU NEWS. **ONU pede investimentos na restauração de solos para salvar planeta e estimular economia.** 2019b. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2019/09/1686052. Acesso em 07 out 2020.

ONU NEWS. **Planeta perde 24 bilhões de toneladas de solo fértil todos os anos.** 2019c. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2019/06/1676501. Acesso em 07 out 2020.

PACHECO FILHO, E. F.; MAGALHÃES, F. M. B.; MACHADO, A. V.; COSTA, R. O. Apitoxina e sua atividade anti-inflamatória e anti-nociceptiva. **Acta Apicola Brasilica**, v. 2, n. 2., p. 12-16. Pombal, 2014.

PADILHA, M. Perspectivas e desafios na expansão da proteção aos direitos humanos e animais. **Revista Diversitas**, v. 4, n. 5, p. 211-228, 2016. Disponível em: http://diversitas.fflch.usp.br/sites/diversitas.fflch.usp.br/files/inline-files/revista_diversitas_5_1.pdf. Acesso em 08 nov 2020.

PALUMBO, H. N. **Nossas brasileirinhas:** as abelhas nativas. Curitiba: Itaipu Binacional, 2015.

PANDEY, D.; AGRAWAL, M.; PANDEY, J. S. Carbon footprint: current methods of estimation. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 178, p. 135-160, 2011.

PARANÁ (Estado). **Decreto nº 4.626, de 07 de maio de 2020**: decreta situação de emergência hídrica no Estado do Paraná pelo período de 180 dias. Curitiba: Diário Oficial Estadual. 2020.

PARANÁ (Estado). **Manual de drenagem urbana**: Região Metropolitana de Curitiba - PR. SUDERHSA, 2002. Disponível em: http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu_versao01.pdf. Acesso em 14 nov 2020.

PARDINI, V. **Bip-bip**. VeVET, 2013. Disponível em: http://www.vevet.com.br/2013/06/bip-bip.html. Acesso em 11 nov 2020.

PAULA, Z. C. de. A formulação e expansão da cidade-jardim. In: **Anais do XVII Encontro Regional de História – O lugar da História**. Campinas: UNICAMP, 2004.

PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; CAMARGO, R. C. R.; VILELA, S. L. O. Aspectos morfológicos das abelhas *Apis mellifera*. **Revista Sistema de Produção** (Embrapa Meio-Norte, online), Embrapa, jul. 2003.

PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; PINHEIRO JUMIOR, C. R.; PINTO, L. A. S. R.; SILVA NETO, E. C.; FONTANA, A. Formação e caracterização de solos. In: TULLIO, L. (org.). **Formação, classificação e cartografia de solos.** Ponta Grossa: Atena, 2019.

PEREIRA, M. T. Aplicação da metodologia STEAM no ensino e aprendizagem de Química e Gestão Ambiental. In: PURIFICAÇÃO, M. M.; OLIVEIRA, E. S. A.; LIMA NETTO, A. M. (org.) **Processos de organicidade e integração da educação brasileira 5**. Ponta Grossa: Atena, 2020. Disponível em: https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/34996. Acesso em 15 nov 2020.

PESQUISA FAPESP. **O que desmatamento tem a ver com novas pandemias?** [Vídeo do Youtube]. Pesquisa Fapesp, 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=nodoQt9DsHI. Acesso em 10 out 2020.

PIAGET, J. **Aprendizagem e conhecimento**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979.

PIANARO, A. **Ecologia química de abelhas brasileiras**: *Melipona rufiventris, Melipona scutellaris, Plebeia droryana, Nannotrigona testaceicornis, Tetragonisca angustula e Centris trigonoides.* [Dissertação de Mestrado]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2007.

PINHEIRO, T. M. M. **A importância clínica da vitamina D**. [Dissertação de Mestrado]. Porto: Universidade Fernando Pessoa, 2015. Disponível em: https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/5301/1/PPG_27959.pdf. Acesso em 25 out 2020.

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em ecologia.** Porto Alegre: Artmed, 2000.

PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O.; PEIITS, J. S.; TEIXEIRA, E. W. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 51, n. 5, p. 422-442. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v51n5/1678-3921-pab-51-05-00422.pdf>. Acesso em 27 jun 2020.

PIVETTA, M. **Austrália em chamas**. Pesquisa Fapesp, 2020. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/australia-em-chamas/. Acesso em 09 out 2020.

PLEASANTS, J. Inquiring into the nature of STEM problems: implications for pre-college education. **Science & Education**, v. 29, n. 4, p. 831-855, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-020-00135-5. Acesso em 23 set 2020.

PND (Plano de Nacional de Desenvolvimento). 1974. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/anexo/ANL6151-74.PDF. Acesso em 15 out 2020.

PRADO, A. **O que é rio?**: os cursos d'água brasileiros sob a ótica do domínio: aspectos hidrológicos, cartográficos e legais. [Monografia]. Brasília: Universidade de Brasília, 2008. Disponível em: https://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Alexandre%20Prado/Monografia_AlexandreDoPrado.pdf. Acesso em 12 nov 2020.

PRADO, Z. A. **Mitos da criação**. São Paulo: Callis, 2005.

PRENSKY, M. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. São Paulo: Senac São Paulo, 2012.

PRIMAVESI, A. **Agricultura sustentável**: manual do produtor rural. São Paulo: Nobel, 1992.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** São Paulo: Nobel, 2002.

PUC-SP (Pontifícia Universidade Católica de São Paulo). **Experimentos**: Espectrofotômetro remoto automatizado (ERA). Webduino: Laboratório de Experimentos Remotos, 2020. Disponível em: https://www.pucsp.br/webduino/experimentos/espectrofotometro-remoto-automatizado/teoria.html. Acesso em 08 nov 2020.

PUPPI, I. C. **Estruturação sanitária das cidades.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná; São Paulo: CETESB, 1981.

QUINN, C. M.; REID, J. W.; GARDNER, G. E. S+T+M=E as a convergent model for the nature of STEM. **Science & Education**, v. 29, n. 4, p. 881-898, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-020-00130-w. Acesso em 20 set 2020.

RAMOS, J. J. **Os exercícios físicos na história e na arte**: do homem primitivo aos nossos dias. São Paulo: IBRASA, 1982.

RAMOS, J. M.; CARVALHO, N. C. Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano VI, n. 10. Garça: Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, 2007.

RATO, J.; CALDAS, A. Neurociências e educação: realidade ou ficção? In: VII Simpósio Nacional de Investigação em Psicologia Universidade do Minho. **Anais do...** Portugal: Universidade do Minho, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267698780_Neurociencias_e_educacao_Realidade_ou_ficcao. Acesso 01 set 2020.

RECH, A. R.; SCHWADE, M. A.; SCHWADE, M. R. M. Abelhas-sem-ferrão amazônicas defendem meliponários contra saques de outras abelhas. **Acta Amazonica,** v. 43, n.3. Manaus, 2013.

REDDY, K. (coord.) **General knowledge manual**: 2007. Nova Delhi: Tata McGraw Hill, 2007.

REDE FAB LAB BRASIL. **Organizations**: rede fab lab Brasil. Disponível em: https://www.fablabs.io/organizations/rede-fab-lab-brasil. Acesso em 19 set 2020.

REICH, H.; REICH, A.; REICH, P.; EVELETH, R.; ELERT, E.; SALAZAR, E. **MinuteEarth**: the biggest organism on Earth. 2020. [Canal do Youtube]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vWAA-SrrFUQ>. Acesso em 19 jul 2020.

REICH, H.; SOUZA, L. G. (trad.). **Como as árvores sobrevivem ao inverno?** [Vídeo do Youtube]. Minuto da Terra, 2016. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=-fBb1911stc. Acesso em 02 nov 2020.

REIS, L. F.; SILVA, R. L. M. Decadência e renascimento do Córrego Cheong-Gye em Seul, Coreia do Sul: as circunstâncias socioeconômicas de seu abandono e a motivação política por detrás do projeto de restauração. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, n. 1, p. 113-139, 2016.

REUTERS. **Contaminated school meal kills 25 Indian children.** [Reportagem de Annie Banerji, Mayank Bhardwaj and Anurag Kotoky. Edição de Andrew Roche]. 17 jul 2013. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/us-india-chidren-poison/contaminated-school-meal-kills-25-indian-children-idUSBRE96G0AY20130717>. Acesso em 15 maio 2020.

REVISTA PLANETA, 2010. **A agonia do Mar Morto**. Edição 451, abril, 2010. Disponível em: http://www.terra.com.br/revistaplaneta/edicoes/451/artigo170365-2.htm. Acesso em: 6 set 2012.

RIBEIRO, A. **Partes de um rio**. Brasil Escola, 2020. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/geografia/partes-um-rio.htm. Acesso em 21 nov 2020.

RIBEIRO, G. A. **Análise da sustentabilidade ambiental na agroindústria canavieira utilizando a pegada hídrica.** [Tese de Doutorado]. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2019.

RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)**: uma experiência no ensino superior. 1. Reimpressão. São Carlos: EduFSCar, 2010.

RIBEIRO, R. **Um dia para refletir sobre a qualidade do ar**. Ministério do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: https://www.mma.gov.br/informma/item/12893-noticia-acom-2015-08-1065.html. Acesso em 16 out 2020.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

RILEY, S. M. **No permission required**. Westminster: Visionyst Press, 2014.

ROBBINS, S. I.; COTRAN, R. S. **Patologia**: bases patológicas das doenças. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

ROBINSON, A.; ROBINSON, Z. Science has spoken: global warming is a myth. **The Wall Street Journal**, 1997. Disponível em: https://www.wsj.com/articles/SB881189526293285000. Acesso em 21 nov 2020.

ROCHA, E. C.; CANTO, J. L.; PEREIRA, P. C. Avaliação de impactos ambientais nos países do Mercosul. **Ambiente & Sociedade**, v. 8, n. 2, p. 147-160, 2005.

ROCHA-FILHO, R. C. Camada de ozônio dá Nobel. **Química Nova na Escola**, n. 2, 1995. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/atual1.pdf. Acesso em 27 out 2020.

RODRIGUES M. L. V.; FIGUEIREDO J. L. C. Aprendizado centrado em problemas. **Medicina**, v. 29, p. 396-402, out./dez. 1996.

ROHDEN, H. **Educação do homem integral**. São Paulo: Martin Claret, 2005.

ROMA, J. C. Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 1. São Paulo, 2019. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252019000100011. Acesso em: 9 maio 2020.

ROMA, J. C.; CORADIN, L. A governança da Convenção sobre Diversidade Biológica e sua implementação no Brasil. In: MOURA, A. M. M. (org.). **Governança ambiental no Brasil:** instituições, atores e políticas públicas. Brasília: IPEA, 2016. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9288/1/A%20Governan%C3%A7a%20da%20conven%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em 01 out 2020.

ROSA, T. S. Os direitos fundamentais dos animais como seres sencientes. **Justiça & Sociedade**, v. 2, n. 1, p. 395-433, 2017. Disponível em: https://www.metodista.br/revistas/revistas-ipa/index.php/direito/article/view/620. Acesso em 05 nov 2020.

ROSÁRIO, M.; FARIAS, A. **Projeto quer enterrar 52 quilômetros de fios, 0,08% do total**. Veja São Paulo, 2017. Disponível em: https://vejasp.abril.com.br/cidades/projeto-prefeitura-enterrar-fios/. Acesso em 02 nov 2020.

ROSSI, C. **3/10**: Dia Nacional das Abelhas. WWF, 2014. Disponível em: https://www.wwf.org.br/informacoes/noticias_meio_ambiente_e_natureza/?41662. Acesso em 27 jun 2020.

RUPRECHT, T. **Enchente aumenta risco de várias doenças:** como se proteger? Veja Saúde, 2020. Disponível em: https://saude.abril.com.br/medicina/agua-de-enchente-doencas/. Acesso em 14 nov 2020.

SABESP (Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo). **Projeto Tietê**. Sabesp, 2020. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=115. Acesso em 15 nov 2020.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento**: crescer sem destruir. São Paulo: Vértice, 1986.

SACHS, J., SCHMIDT-TRAUB, G., KROLL, C., LAFORTUNE, G., FULLER, G., WOELM, F. **The Sustainable Development Goals and Covid-19:** sustainable development report 2020. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.

SAES, R. V. S. T.; VALENTIM, S. S.; BUCHMANN, F. S.; MORAIS, P. C. V.; BEZERRA, M. F.; PIEDRAS, F. R.; GAETA, J. C.; MOREIRA, L. B.; SAHM, B. D. D.; DAMASCENO, E. P. **Princípios de oceanografia**. Teresina: EDUFPI, 2018 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327581943_Principios_de_Oceanografia. Acesso em 20 nov 2020.

SÄFSTRÖM, M. **The illustrated compendium of amazing animal facts**. Berkeley: Ten Speed Press, 2016.

SAHTOURIS, E. **Gaia**: do caos ao cosmos. São Paulo: Interação, 1991.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Regras do jogo**: fundamentos do design de jogos. v. 1, v. 2, v. 3, v. 4. São Paulo: Blucher, 2012.

SALES, M. C. L. Evolução dos estudos de desertificação no Nordeste Brasileiro. **GEOUSP Espaço e Tempo**, v.11, p. 115-126, 2002.

SALLES, A. C. R. **A aurora boreal como atrativo turístico**: o processo de apropriação turística de fenômenos naturais. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2017.

SALLES, L. F. de M. **Processo de fabricação de papel-semente**: Patente BR PI0902406-9 A2, 2011.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANDERS, M. STEM, STEM education, STEMmania. **The Tecnology Teacher**, v. 68, n. 4, p. 20-26, 2008. Disponível em: https://www.questia.com/read/1G1-190941545/stem-stem-education-stemmania-a-series-of-circumstances. Acesso em 20 nov 2020.

SANTOS, L. G. **Politizar as novas tecnologias**. São Paulo: Ed. 34, 2003.

SANTOS, L.; TEIXEIRA, R. A. Interdisciplinaridade como campo de diversidade. **Enciclopedia Biosfera**, v. 11, n. 20, p. 470-480, 2015.

SANTOS, M. **Espaço do cidadão**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1997.

SANTOS, T. **Divindade egípcia considerada rei dos vivos.** Educa Mais Brasil, 2020. Disponível em: https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/religiao/deus-horus. Acesso em 10 nov 2020.

SANTOS, V. S. **Animais**. Brasil Escola UOL, 2020. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/animais. Acesso em 04 nov 2020.

SARTRE, J. P. **O existencialismo é um humanismo**. Coleção Os Pensadores, v. 45. São Paulo: Abril Cultural, 1973.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. Campinas: Autores Associados, 2012.

SCHLINDWEIN, M. **Qual é a maior estrela do universo?** Superinteressante, 2018. Disponível em: https://super.abril.com.br/mundo-estranho/qual-e-a-maior-estrela-do-universo. Acesso em 07 ago 2020.

SCHLOSBERG, D. **The story of plastic**. The Story of Stuff Project. Documentário, 95 min., color., 2019.

SCHROEDER, D. **Solos**: fatos e conceitos. Tradução de Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: ANDA, 2017.

SCOTTISH CANALS. **How it works**. Scottish Canals, 2020. Disponível em: https://www.scottishcanals.co.uk/falkirk-wheel/about-the-wheel/how-it-works/. Acesso em 13 nov 2020.

SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas). **Conheça o histórico da apicultura no Brasil**. Disponível em: https://m.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/conheca-o-historico-da-apicultura-no-brasil,c078fa2da4c72410VgnVCM100000b272010aRCRD. Acesso em 26 jun 2020.

SEGURA, W. A. Experiencias STEAM para profesores de enseñanza media. In: XVI Virtual Educa. **Anais do...** Colombia, 2016. Disponível em: <http://recursos.portaleducoas.org/sites/default/files/5033.pdf>. Acesso em 10 fev 2020.

SENADO FEDERAL. **Atividade legislativa**: Projeto de Lei da Câmara nº 27, de 2018. Senado Federal, 2020. Disponível em: https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/133167. Acesso em 05 nov 2020.

SETO, K. C. Exploring the dynamics of migration to mega-delta cities in Asia and Africa: contemporary drivers and future scenarios. **Global Environmental Change**, p. 94-107, 2011.

SHALDERS, A. **Ambientalistas explicam por que 'boi bombeiro' e 'reservas incendiárias' no Pantanal, citados por Salles, são mito**. BBC NEWS, UOL, 2020. Disponível em: https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/bbc/2020/09/17/ambientalistas-explicam-por-que-boi-bombeiro-e-reservas-incendiarias-no-pantanal-citados-por-ricardo-salles-sao-mito.htm. Acesso em 10 out 2020.

SILVA JUNIOR, C. H. L.; ANDERSON, L. O.; SILVA, A. L.; ALMEIDA, C. T.; DALAGNOL, R.; PLETSCH, M. A. J. S.; PENHA, T. V.; PALOSCHI, R. A.; ARAGÃO, L. E. O. C. Fire responses to the 2010 and 2015/2016 Amazonian droughts. **Frontiers in Earth Science**, v. 7, n. 97, 2019. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2019.00097/full. Acesso em 10 out 2020.

SILVA, A. A.; BRAGA, M. Q.; FERREIRA, J.; SANTOS, V. J.; ALVES, S. C.; OLIVEIRA, J. C.; CALIJURI, M. L. Anthropic activities and the Legal Amazon: estimative of impacts on forest and regional climate for 2030. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 18, 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352938520300409. Acesso em 10 out 2020.

SILVA, A. D. P.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, L. M. Índices de área verde e cobertura vegetal das praças públicas da cidade de Gurupi, TO. **Revista Floresta**, v. 46, n. 3, p. 353-361, 2016. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/40052/29329. Acesso em 02 nov 2020.

SILVA, D. J. **O paradigma transdisciplinar**: uma perspectiva metodológica para a pesquisa ambiental. In: Workshop sobre interdisciplinaridade. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1999. Disponível em: http://www.gthidro.ufsc.br/arquivos/transdisciplinaridade.pdf. Acesso em 04 set 2020.

SILVA, E. M. F.; BENDER, F.; MONACO, M. L. S.; SMITH, A. K.; SILVA, P.; BUCKERIDGE, M. S.; ELBL, M. P.; LOCOSSELLI, G. M. Um novo ecossistema: florestas urbanas construídas pelo Estado e pelos ativistas. **Estudos avançados**, v. 33, n. 97, p. 81-101, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/ea/v33n97/0103-4014-ea-33-97-81.pdf. Acessro em 31 out 2020.

SILVA, F. L.; MUZARDO, F. T. Pirâmides e cones de aprendizagem: da abstração à hierarquização de estratégias de aprendizagem. **Dialogia**, São Paulo, n. 29, p. 169-179, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.5585/Dialogia.n29.7883. Acesso em 30 ago 2020.

SILVA, I. A. S. Conexões entre clima e desertificação: trajetórias e suscetibilidade no nordeste brasileiro. **Equador**, v. 8, n. 2, p. 468-488, 2019. Disponível em: https://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador/article/view/9265. Acesso em 07 out 2020.

SILVA, I. C.; MESSAGE, D.; CRUZ, C. D.; SILVA, M. V. G. B. Aplicação de análises multivariadas para determinação da casta de abelhas *Apis mellifera L.* (Africanizadas), obtidas em laboratório. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 34, n. 2. Viçosa, 2005.

SILVA, I. O.; ROSA, J. E. B., HARDOIM, E. L.; GUARIM NETO, G. Educação Científica empregando o método STEAM e um makerspace a partir de uma aula-passeio. **Latin American Journal of Science Education**. Ciudad del Mexico, v. 4, n. 2, 2017.

SILVA, R. P.; SOUSA, C. A. S.; AMARAL, M. R. M.; CARNEIRO, V. M. C.; BARROS, P. C.; MARRA, D. M.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Árvore: crescimento, desenvolvimento e identificação. In: HIGUCHI, M. I. G.; HIGUCHI, N. (Ed.) **A Floresta Amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental.** Manaus, INPA, 2004.

SILVA, T. K. B.; ROSSI, F. **Energia de ondas no Brasil**. Portal Biossistemas, USP, 2018. Disponível em: http://www.usp.br/portalbiossistemas/?p=7953. Acesso em 18 nov 2020.

SILVA, V. P. R.; OLIVEIRA, S. D.de; HOEKSTRA, A. Y.; DANTAS NETO, J.; CAMPOS, J. H. B. C.; BRAGA, C. C.; ARAÚJO, L. E.; ALEIXO, D. O.; BRITO, J. I. B.; SOUZA, M. D.; HOLANDA, R. M. Water Footprint and Virtual Water Trade of Brazil. **Water**, v. 8, n. 517, p. 1-12, 2016. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4441/8/11/517. Acesso em 21 nov 2020.

SILVER, K. **Poluição mata mais de 100 mil pessoas por ano no Brasil, diz relatório.** BBC, 2017. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-41692503. Acesso em 20 out 2020.

SIMARD, S. **Como as árvores conversam entre si**. [Vídeo do Youtube]. TED, 2016. Disponível em: https://www.ted.com/talks/suzanne_simard_how_trees_talk_to_each_other?language=pt-br#t-521376. Acesso em 10 out 2020.

SIQUEIRA, M. I. Considerações sobre ordem em colônias: as legislações na exploração do pau-brasil. **Clio: Revista de Pesquisa Histórica**, v. 29, n. 1, 2011. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistaclio/article/view/24300. Acesso em 10 out 2020.

SLADEN, W., MENZIE, C., REICHEL, W. DDT Residues in Adelie penguins and a crabeater seal from Antarctica. **Nature.** n. 210, p. 670-673. Londres: 1966. https://doi.org/10.1038/210670a0.

SNIF (Sistema Nacional de Informações Florestais). **Definição de floresta.** Serviço Florestal Brasileiro, 2019. Disponível em: http://snif.florestal.gov.br/pt-br/florestas-e-recursos-florestais/167-definicao-de-floresta. Acesso em 08 out 2020.

SOARES, J. **Os 9 animais supervelozes recordistas do mundo selvagem**. Superinteressante, 2018. Disponível em: https://super.abril.com.br/blog/superlistas/9-animais-super-velozes/. Acesso em 10 nov 2020.

SOARES, S. R.; MORA, E. A., SANTOS, E. H., SOARES, S. R., PEREIRA, M. T. O impacto da fome, insegurança alimentar e desperdício de alimentos na américa do sul. In: IV Congresso Internacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Anais do...** Umuarama: UNIPAR, 2019. Disponível em: <https://sisweb02.unipar.br/eventos/anais/4354/html/18739.html>. Acesso em 15 maio 2020.

SON, J. **Tempos melhores**: CD Pra que outros possam ver: Livres para Adorar. [Vídeo do Youtube]. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_WpLhbXcLQQ&list=OLAK5uy_nvgglUOwhWwxMnIW6ITXPWni0U84NVsk0&index=1. Acesso em 21 nov 2020.

SOUZA, D. C. G.; MATOS, L. L.; ARAUJO, M. K.; LIMA, E. V. A importância da reciclagem do papel na melhoria da qualidade do meio ambiente. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais do...** João Pessoa: ENEGEP, 2016. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/tn_sto_234_366_30516.pdf. Acesso em 03 nov 2020.

SOUZA, J. R. C. **Estudo sobre o mar territorial, zona contígua e zona econômica exclusiva**. Brasília: Consultoria Jurídica da Câmara dos Deputados, 2001.

SOUZA, P. M.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C. Apitoxina: utilização do veneno da abelha *Apis mellifera*. **Pubvet,** v. 13, n. 8, p. 1-8. Maringá, 2019.

SOUZA, R. **As aves e seus bicos**: alguns tipos de bicos e suas respectivas funções. Revista Uru: ornitologia e observação de aves, 2017. Disponível em: http://www.revistauru.com/bicos-das-aves-e-suas-respectivas-funcoes/. Acesso em 11 nov 2020.

SOUZA, S. C., DOURADO, L. Aprendizagem baseada em problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. **Holos**, v. 5, n. 31. p. 182-200. Natal: IFRN, 2015. Disponível em: http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2880. Acesso em 30 ago 2020.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos:** princípios e recomendações. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

STEIN, W. E.; BERRY, C. M.; HERNICK, L. V.; MANNOLINI, F. Surprisingly complex community discovered in the mid-Devonian fossil forest at Gilboa. **Nature**, v. 483, p. 78–81, 2012. Disponível em: https://www.nature.com/articles/nature10819. Acesso em 01 nov 2020.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

STIPP, M. E. F. **A ocupação do solo e a problemática da arenização e do voçorocamento no município de Paranavaí/PR**. [Tese de Doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

STRAUCH, M.; BERWIG, J. A. (org.) **Gestão de bacias hidrográficas**: bases legais. São Paulo: Perse, 2017.

STRUGHOLD, H. **The Green and Red Planet**: a physiological study of the possibility of life on Mars. Albuquerque: Universidade do Novo México, 1953.

SUGUIO, K., SUZUKI, U. **A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

SUPERINTERESSANTE. **Como e onde surgiu a lenda de que as cegonhas trazem os bebês?** Redação Mundo Estranho, 2015. Disponível em: https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-e-onde-surgiu-a-lenda-de-que-as-cegonhas-trazem-os-bebes/. Acesso em 11 nov 2020.

____. **Onde surgiu e o que representa a mitológica ave fênix?** Redação Mundo Estranho, 2011. Disponível em: https://super.abril.com.br/mundo-estranho/onde-surgiu-e-o-que-representa-a-mitologica-ave-fenix/. Acesso em 10 nov 2020.

SVOBODOVA, A.; WALTEROVA, D.; VOLTALOVA, J. Ultraviolet light induced alteration to the skin. **Biomedical Papers of the Medical Faculty of the University Palacky Olomouc Czesch Republic**, v. 150, n. 1, p. 25-38, 2006. Disponível em: http://biomed.papers.upol.cz/pdfs/bio/2006/01/04.pdf. Acesso em 25 out 2020.

TAS, M. **Cultura Maker**: que bicho é esse? [Vídeo do Youtube]. 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=A9uI0UrViqg. Acesso em 18 set 2020.

TASKER, K. A.; ARIMA, E. Y. T. Fire Regimes in Amazonia: the Relative Roles of Policy and Precipitation. **Anthropocene**, v. 14, p. 46-57, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.ancene.2016.06.001. Acesso em 09 out 2020.

TED. **Ideias worth spreading**. 2020. Disponível em: https://www.ted.com/. Acesso em 17 set 2020.

TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; DECHEN, S. C. F. The costs of soil erosion. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 287-298, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n2/v35n2a01.pdf. Acesso em 21 nov 2020.

TERRA DA GENTE. **Conheça alguns ninhos diferentes construídos pelas aves**. G1, 2019. Disponível em: https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/terra-da-gente/noticia/2019/07/27/conheca-alguns-ninhos-diferentes-construidos-pelas-aves.ghtml. Acesso em 11 nov 2020.

THE GUARDIAN. **60 years since the great smog of London**: in pictures. 2012. Disponível em: https://www.theguardian.com/environment/gallery/2012/dec/05/60-years-great-smog-london-in-pictures. Acesso em 18 out 2020.

THE WHITE HOUSE. **The White House Maker Faire**: "Today's D.I.Y. Is Tomorrow's 'Made in America'". 2014. Disponível em: https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2014/06/18/president-obama-white-house-maker-faire-today-s-diy-tomorrow-s-made-america. Acesso em 18 set 2020.

THE WORLD BANK. **What a waste 2.0**: a global snapshot of solid waste management to 2050. The World Bank, IBRD, IDA, 2020. Disponível em: https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html#:~:text=The%20world%20generates%202.01%20billion,from%200.11%20to%204.54%20kilograms. Acesso em 24 out 2020.

THE WORLD BANK; IDA (*International Desalination Association*). **The role of desalination in an increasingly water-scarce world.** 2019. Disponível em: <https://idadesal.org/wp-content/uploads/2019/04/World-Bank-Report-2019.pdf>. Acesso em 12 jul 2020.

THOREAU, H. D. **Walden**. The Project Gutenberg Etext, 1995. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/gu000205.pdf. Acesso em 10 out 2020.

TISEO, I. **Plastic waste worldwide: statistics & facts.** Statista, 2020. Disponível em: https://www.statista.com/topics/5401/global-plastic-waste/. Acesso em 24 out 2020.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

TRECENTI, R. A remuneração do produtor pelos serviços ambientais. **A Granja**, n. 749, p. 65-67, 2011. Disponível em: https://febrapdp.org.br/download/publicacoes/Artigo_revista_Granja_plantio_direto.pdf. Acesso em 21 nov 2020.

TURCI, E. **Civilizações hidráulicas**: mesopotâmia. UOL Educação, 2020. Disponível em: https://educacao.uol.com.br/disciplinas/historia/civilizacoes-hidraulicas-mesopotamia.htm. Acesso em 12 nov 2020.

TYUKAVINA, A.; HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; STEHMAN, S. V.; SMITH-RPDRIGUEZ, K.; OKPA, C.; AGUILAR, R. Types and rates of forest disturbance in Brazilian Legal Amazon, 2000–2013. **Science Advances,** v. 3, n. 4, p. 1-15, 2017. Disponível em: https://advances.sciencemag.org/content/3/4/e1601047. Acesso em 05 out 2020.

U.S. GSA (*United States General Services Administration*). **Citizen Science**, 2020. Disponível em: https://www.citizenscience.gov/#. Acesso em 29 nov 2020.

UE (União Europeia). **Directiva 98/83/CE do Conselho relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano**. Conselho da União Europeia, 2015. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:01998L0083-20151027&from=EN. Acesso em 17 out 2020.

UN (*United Nations*). **Muito precioso para perder.** 2020. Disponível em: https://www.un.org/en/observances/forests-and-trees-day. Acesso em 08 out 2020.

UN (*United Nations*). **The millennium development goals report**. 2015. Disponível em: https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/07/MDG-2015-June-25.pdf. Acesso em: 11 maio 2020.

UN (*United Nations*). **Trail smelter case: United States, Canada**. UN, 2006. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/266494/mod_resource/content/1/Fundi%C3%A7%C3%A3o%20Trail.pdf. Acesso em 18 out 2020.

UN SDG (*United Nations Sustainable Development Goals*). **Goal 13**: take urgent action to combat climate change and its impacts. 2020. Disponível em: https://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change/. Acesso em 09 jul 2020.

UNCC (*United Nations Climat Change*). **Kyoto Protocol**: targets for the first commitment period. 2020. Disponível em: https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period. Acesso em 09 jul 2020.

UNCCD (*United Nations Convention to Combat Desertification*). **COP-14, New Delhi, India, 2019**. 2019. Disponível em: https://www.unccd.int/official-documents/cop-14-new-delhi-india-2019. Acesso em 21 nov 2020.

UNCCD (*United Nations Convention to Combat Desertification*). **United Nations Convention to Combat Desertification**. 1994. Disponível em: https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/UNCCD_Convention_ENG_0.pdf. Acesso em 06 out 2020.

UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*). **Dez propostas para os oceanos.** 2012. Disponível em: http://www.unesco.org/new/pt/natural-sciences/ioc-oceans/priority-areas/rio-20-ocean/10-proposals-for-the-ocean/#c319638. Acesso em: 2 ago 2012.

UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*). **Educação**: um tesouro a descobrir: relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. Brasília: UNESCO Brasil, 2010. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590_por. Acesso em 18 set 2020.

UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*). **World Heritage List.** 2020. Disponível em: https://whc.unesco.org/en/list/. Acesso em 27 jul 2020.

UNESCO BRASIL. **Educação e transdisciplinaridade**. Brasília: UNESCO Brasília, 2000. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000127511. Acesso em 06 set 2020.

UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*). **Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. 1998. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf#page=12>. Acesso em 17 jul 2020.

UOL. **De janeiro a setembro, Amazônia tem maior número de incêndios desde 2010**. 2020b. Disponível em: https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2020/10/09/de-janeiro-a-setembro-amazonia-tem-maior-numero-de-incendios-desde-2010.htm. Acesso em 10 out 2020.

UOL. **Dez anos após o derramamento de petróleo no Golfo do México, o perigo persiste**. 2020a, Disponível em: https://economia.uol.com.br/noticias/afp/2020/04/17/dez-anos-apos-o-derramamento-de-petroleo-no-golfo-do-mexico-o-perigo-persiste.htm. Acesso em 05 out 2020.

USDA (*United States Department of Agriculture*). **Census of agriculture**: 2017 census. v. 1, part 51. USDA, 2019. Disponível em: https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Full_Report/Volume_1,_Chapter_1_US/usv1.pdf. Acesso em 05 ago 2020.

USGS (*United States Geological Survey*). **The ecology, behavior, and conservation of migratory birds**. 2020. Disponível em: https://www.usgs.gov/centers/norock/science/ecology-behavior-and-conservation-migratory-birds?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects. Acesso em 08 nov 2020.

VALE. **Manual do Sistema de Gestão Integrado Vale**. 2017. Disponível em: http://www.vale.com/brasil/PT/suppliers/code_conduct/requisitos-atividades-criticas/Documents/Manual_Sistema_Gestao_Integrado_Vale.pdf. Acesso em 04 out 2020.

VALENTE, R.; SILVA, J. M. C.; STRAUBE, F. C.; NASCIMENTO, J. L. X. **Conservação de aves migratórias neárticas no Brasil**. Belém: Conservação Internacional, 2011. Disponível em: https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Livro_Aves_migratorias_nearticas_no_brasil_Conservation_International.pdf. Acesso em 09 nov 2020.

VASCONCELOS, E. M. **Complexidade e pesquisa interdisciplinar**: epistemologia e metodologia operativa. Petrópolis: Vozes, 2002.

VASCONCELOS, Y. **Como o joão-de-barro constrói sua casa?** Superinteressante, 2019. Disponível em: https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-o-joao-de-barro-constroi-sua-casa/. Acesso em 11 nov 2020.

VELASCO, C. **Brasil registra 40 mil internações por falta de saneamento nos primeiros três meses do ano; gastos chegam a R$16 milhões.** 2020. Disponível em: https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/06/05/brasil-registra-40-mil-internacoes-por-falta-de-saneamento-nos-primeiros-tres-meses-do-ano-gastos-chegam-a-r-16-milhoes.ghtml. Acesso em 14 nov 2020.

VELASCO, G. D. N.; LIMA, A. M. L. P.; COUTO, H. T. Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 679-686, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n4/31690. Acesso em 02 nov 2020.

VENTURINI, S. F.; SILVA, T. O. Uso e benefícios das metodologias ativas em uma disciplina de Engenharia de Produção. **Cippus**, v. 6, n. 1. Canoas: Unilasalle, 2018.

VIANA, J. P.; SILVA, A. P. M.; ROMA, J. C.; SACCARO JR, N. L.; SILVA, L. R.; SANO, E. E.; FREITAS, D. M. Avaliação do estado de conservação da biodiversidade brasileira: desigualdades entre regiões e unidades da federação. In: BOUERI, R.; COSTA, M. A. **Brasil em desenvolvimento 2013**: estado, planejamento e políticas públicas. v. 3. Brasília: IPEA, 2013.

VIANNA, Y.; VIANNA, M.; MEDINA, B.; TANAKA, S. **Gamification, Inc**.: como reinventar empresas a partir de jogos. Rio de Janeiro: MJV Press, 2013.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. v. 7, 2. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. E. **Our ecological foortprint**: reducing human impact on the Earth. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.

WALDEN GAME. **Walden, um jogo**. 2020. Disponível em: https://www.waldengame.com/. Acesso em 11 out 2020.

WALKER, L. **Lucy Walker**. 2020. Disponível em: https://www.lucywalkerfilm.com/about-lucy-walker. Acesso em 16 nov 2020.

WARNER, C. **Carl Warner Photographer.** 2020. Disponível em: http://www.carlwarner.com/photographer/. Acesso em 16 nov 2020.

WATER FOOTPRINT. **Product water footprint:** product gallery. 2020. Disponível em: https://www.waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/product-gallery/. Acesso em 15 jul 2020.

WEF (*World Economic Forum*). **The future of Jobs report 2020**. WEF, 2020. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf. Acesso em 17 nov 2020.

WELL, H. G. **A ilha do dr. Moreau.** Londrina: Principis, 2020.

WIEDMANN, T.; MINX, J. **A definition of 'Carbon Footprint'**. In: PERTSOVA C. C., Ecological Economics Research Trends, p. 1-11. Nova York: Nova Science Publishers, 2008.

WIKIAVES. **Ninhos, belas construções funcionais**. Wikiaves, 2018. Disponível em: https://www.wikiaves.com.br/wiki/ninhos. Acesso em 11 nov 2020.

WMO (*World Meteorological Organization*). **Oceans**. 2020. Disponível em: https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/oceans. Acesso em 06 out 2020.

WOHLLEBEN, P. **A vida secreta das árvores**. Rio de Janeiro: Sextante, 2017.

WORLD ANIMAL DAY. **The origin of World Animal Day.** 2020. Disponível em: https://www.worldanimalday.org.uk/img/resource/Origin%20of%20World%20Animal%20Day.pdf. Acesso em 03 nov 2020.

WORLD ATLAS. **The longest rivers in the world**. 2019. Disponível em: https://www.worldatlas.com/articles/which-are-the-longest-rivers-in-the-world.html. Acesso em 21 nov 2020.

WORLD BEE DAY. **20 May World Bee Day**. 2020. Disponível em: < https://www.worldbeeday.org/>. Acesso em 25 jun 2020.

WWAP (*Unesco World Water Assessment Programme*). **The United Nations world water development report 2019**: leaving no one behind. 2019. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306?posInSet=4&queryId=ac9e70e5-8039-4577-94a3-158548a1f5a0>. Acesso em 11 jul 2020.

WWF-BRASIL (*World Wildlife Fund Brasil*). **Este ano, a data chegou mais cedo**. 2016. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/overshootday2/. Acesso em 25 jul 2020.

YAKMAN, G. STΣ@M education: an overview of creating a model of integrative education. In: **Proceedings of Pupils' Attitude Towards Technology (PATT-19)**, p. 335-358. Salt Lake City: ITEEA, 2008. Disponível em: https://www.iteea.org/File.aspx?id=86752&v=75ab076a. Acesso em 20 set 2020.

ZANIN, R. P. O direito do mar e a legislação brasileira: a influência da Convenção de Montego Bay na Constituição Federal. In: **Revista Brasileira de Direito Constitucional.** n. 16, jul/dez. p. 83-97, 2010.

ZHOU, M.; DENG, Z.; LIN, Y.; ZHANG, L.; HE, S.; YANG, W. Evaluating combined effects of socio-economic development and ecological conservation policies on sediment retention service in the Qiantang River Basin, China. **Journal of Cleaner Production**, nov. 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620350058?casa_token=_bnYXkVTRjIAAAAA:A3cEoYIA8DVmOMO4alykKqjq9aaGWxMNOvzfqUi8f-oJXgelDWkDTtVekAUxRZEb4Khwio76JGADew. Acesso em 13 nov 2020.

Diante do paradigma da complexidade em que vivemos, o objetivo deste livro foi reunir informações ambientais tendo como base um calendário de datas comemorativas (ou como alertas) relacionadas ao meio ambiente e propor a utilização de metodologias [...]ativas de ensino e aprendizagem que possam promover a educação integral e holística do estudante de forma transdisciplinar. Por essa grafia "*[...]ativas*" proponho englobar outras palavras além da palavra *ativa*, como colabor*ativa*, particip*ativa*, cri*ativa*, integr*ativa*, signific*ativa*.

Pretende-se que esse material sirva para reflexões de professores e de estudantes sobre suas ações como seres humanos e habitantes conscientes do nosso planeta. É de extrema importância, e urgente, que a escola esteja à frente dessa revolução, posto que é o local certo para a indignação e a transformação; a independência e a libertação.

Além desse debate, no último capítulo também são apresentadas sugestões de material didático (livros, filmes e mídias) como suporte às discussões e práticas, bem como indicação de leitura para docentes e discentes de ensino fundamental e médio.

Com linguagem simples e acessível, o texto mostra que o tema ambiental é intrínseco à educação e à ética, e necessário ao altruísmo e à paz.

Realização:
EDITORA IFPR

Parceria:
EDITORA IFAC