



# BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

---

Jean Carlos Miranda  
Mirna Quesado  
Roberta Flavia Ribeiro  
Rolando Vasconcellos  
Onofre Saback  
dos Anjos  
Daniel Fábio Salvador



## CAPACITA REDE

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO DE PROFESSORES  
DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

SECTI - SEEDUC



DIRETORIA DE EXTENSÃO DA FUNDAÇÃO CECIERJ

**GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

**Governador**  
Wilson Witzel

**Vice-Governador**  
Claudio Castro

**Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação**  
Leonardo Rodrigues

**FUNDAÇÃO CECIERJ**

**Presidente**  
Gilson Rodrigues

---

**PRODUÇÃO DO MATERIAL**

**Elaboração de conteúdo**

Jean Carlos Miranda  
Mirna Quesado  
Roberta Flavia Ribeiro Rolando Vasconcellos  
Onofre Saback dos Anjos  
Daniel Fábio Salvador

**Direção de Design Instrucional**  
Bruno Peixoto

**Editores(organizadores)**

Daniel Fábio Salvador  
Onofre Saback dos Anjos  
Roberta Flavia Ribeiro Rolando Vasconcellos

**Desenvolvimento Instrucional**

Aline Beatriz Alves  
Daniel Fábio Salvador

**Revisão de português**

Alexandre Rodrigues Alves

**Coordenação de Produção**

Ulisses Schnaider

**Ilustração e Capa**

Renan Alves

**Programação Visual**

Maria Fernanda de Novaes  
Núbia Roma

**Produção Gráfica**

Fábio Rapello Alencar

Copyright © 2019, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

C236b

Capacita Rede. Programa de Capacitação de Professores do Estado do Rio de Janeiro.

Biotecnologia ambiental e sustentabilidade / Jean Carlos Miranda...[et al]. – Rio de Janeiro : Fundação Cecierj, 2019.

p. 112

ISBN : 978-85-458-0231-0

1. Biotecnologia ambiental. 2. Combustíveis renováveis. 3. Transgênicos. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Genes. 6. Patentes. I. Quesado, Mirna. II. Ribeiro, Roberta Flavia. III. Vasconcellos, Rolando. IV. Anjos, Onofre Saback dos. V. Salvador, Daniel Fábio. Título.

CDD: 660.6

## Sumário

---

Uma palavra antes de começar	7
Biotecnologia ambiental	9
Combustíveis renováveis	17
Roteiro de ação 1 - Biocombustíveis	24
Roteiro de ação 2 - <i>Zugzwang</i>	30
Produção de alimentos e biotecnologia	33
Melhoramento vegetal	40
Modernas técnicas de melhoramento vegetal	48
Roteiro de ação 3 - Seleção artificial	57
Roteiro de ação 4 - Transgênicos	59
Roteiro de ação 5 - Genes e patentes	61
Roteiro de ação 6 - Biotecnologia na agricultura: benefícios ou malefícios	65
Roteiro de ação 7 - Industrialização e modernização da agricultura	70
A trajetória do desenvolvimento sustentável e outras alternativas	74
Desenvolvimento Sustentável – Reflexões	82
Roteiro de ação 8 - Saiu no jornal	92
Roteiro de ação 9 - <i>Webquest</i> : Biotecnologia Ambiental	103
Roteiro de ação 10 - A grande corrida	107
Amarrando as ideias	113

---



## Uma palavra antes de começar

Alguns dos assuntos mais importantes no currículo de Biologia são tratados neste material: o entrelaçamento entre biotecnologia e ambiente e entre biotecnologia e sociedade. Esse entrelaçamento é feito à medida que somos nós, seres humanos, que fazemos alterações nos seres vivos, atos que caracterizam a biotecnologia.

Vivemos em uma era sem precedentes na história da humanidade. Um mundo dominado pela tecnologia, desde as coisas mais simples até experimentos bastante complexos. Nesse novo cenário mundial, destaca-se a biotecnologia, um conjunto de conhecimentos técnicos e métodos de base científica ou prática que permitem a utilização direta ou indireta de organismos ou parte deles no processo de produção de bens e serviços nas áreas de saúde, produção de alimentos e meio ambiente, bem como a manipulação e transferência de genes entre organismos para obtenção de material industrial médico e farmacêutico.

A biotecnologia tem caráter multidisciplinar, englobando conceitos relacionados às Ciências Biológicas e da Saúde, às Engenharias e Química, dentre outras áreas, e atua em três campos principais: saúde humana, meio ambiente e agricultura. Cabe a nós, educadores, uma grande participação na formação de pessoas capazes de lidar com essas alterações e avaliar esse entrelaçamento. Precisamos preparar nossos estudantes para irem além do conhecimento do que é um organismo geneticamente modificado e estimulá-los a participar de forma consciente de uma sociedade em que os valores e a ética também se apliquem à biotecnologia.

Os biocombustíveis e toda modificação do panorama político mundial que está implicada em seu desenvolvimento, as leis que devem balizar os limites aplicados aos recursos da biotecnologia, as maneiras como podemos utilizar a biotecnologia para amenizar os estragos ambientais que infligimos ao planeta são somente alguns exemplos do que pode e deve ser discutido em sala de aula sobre esse tema. A Biologia está intimamente ligada a esses assuntos.

Como objetivo central deste material, queremos mostrar as relações entre a biotecnologia e o ambiente, estabelecer como um campo de conhecimento se encaixa no outro, formando um tecido que faz parte da roupagem que veste nossa sociedade atual. Ao longo dos textos, fizemos várias sugestões de leitura complementar e links, já que esse tema tem muitas ramificações e está em constante desenvolvimento.

Novamente, queremos destacar a importância e a responsabilidade do professor em abordar temas muitas vezes controversos, que envolvem aspectos éticos e morais. Mais uma vez, sugerimos que discussões em torno dessas questões devam ser tratadas em sala de aula, e é premente que o professor esteja preparado para lidar com as dúvidas e polêmicas associadas ao tema. A escola, a partir de situações problematizadoras e desafiantes, leva o aluno à busca de informações e possibilita, então, o desenvolvimento intelectual e as condições para que ele possa ser agente (de mudanças) em seu meio.

Debates são formas interessantes de abordagem para esse tema. Tal estratégia tem papel importante, uma vez que integra os diferentes pontos de vista dos indivíduos participantes. O sucesso das atividades depende, em parte, de uma base de conhecimento bem fundamentada. O ensino de biotecnologia deve trabalhar também de forma a apresentar vínculos com a realidade. O aluno deve encontrar na ciência as aplicações/relações com seu cotidiano. Assim, ele desenvolverá melhor um tema se este estiver ligado ao seu cotidiano ou se perceber a aplicação prática daquele conteúdo abordado. Por isso, optamos por destacar exemplos que aproximem nossos alunos da realidade encontrada em nosso país, o que desperta seu interesse e, assim, favorece o processo de ensino-aprendizagem, principalmente pelas sugestões apresentadas nos Roteiros de Ação, que trazem ótimas ideias sobre como trabalhar o tema biotecnologia ambiental e sustentabilidade em sala de aula. Então se prepare para avançarmos juntos na exploração das inúmeras possibilidades que o tema biotecnologia traz para o professor em sala de aula.

## Biotecnologia ambiental

Vivemos em uma era sem precedentes na história da humanidade. Um mundo dominado pela tecnologia, desde as coisas mais simples até experimentos bastante complexos. Nesse novo cenário mundial destaca-se a Biotecnologia, um conjunto de conhecimentos técnicos e métodos de base científica ou prática que permite a utilização direta ou indireta de organismos ou parte deles no processo de produção de bens e serviços, nas áreas de saúde, produção de alimentos e meio ambiente, bem como a manipulação e transferência de genes entre organismos para obtenção de material industrial médico e farmacêutico.

A Biotecnologia tem caráter multidisciplinar, englobando conceitos relacionados às Ciências Biológicas e da Saúde, Engenharias e Química, dentre outras áreas, e atua em três áreas principais: saúde humana, meio ambiente e agricultura.



**Figura 1:** Página do jornal O Globo, edição de 19 de novembro de 2011

Frequentemente, vemos manchetes como a da Figura 1, não é mesmo?

Você deve estar estranhando começarmos nossa conversa com uma notícia sobre desastre ambiental, já que o nosso foco é biotecnologia. Também pode estar se perguntando que relação há entre esses assuntos.

Desastres ambientais, como o citado na reportagem, contaminam e poluem ecossistemas costeiros, dizimando organismos marinhos e terrestres. A biotecnologia ambiental atua na busca por tecnologias que remedeiem tais situações.

**Tabela 1:** Alguns dos principais desastres ambientais envolvendo derramamento de óleo no Brasil e no mundo

Ano	Local	Causa/Origem	Quantidade
1975	Baía de Guanabara, RJ	Cargueiro Tarik IBN Ziyad	6 toneladas
1989	Alasca	Petroleiro Exxon Valdez	42.000 toneladas
1991	Golfo Pérsico	Guerra	1.300.000 toneladas
1991	Itália	Navio Haven	140.000 toneladas
	Ilhas Shetlan, Escócia	Petroleiro Braer	80.000 toneladas
1994	São Sebastião, SP	Rompimento de duto	2,7 milhões de litros
1997	Duque de Caxias, RJ	Rompimento de duto	2,8 milhões de litros
2000	Paraná	Rompimento de duto	4 milhões de litros
2001	Galápagos	Vazamento em petroleiro	700.000 litros
2011	Bacia de Campos, RJ	Vazamento de poço	3.700 barris

A biotecnologia é toda tecnologia que utiliza organismos ou partes deles para a produção de bens e serviços. Ela é resultado da integração de diferentes áreas do conhecimento, como a Biologia, a Química e Engenharia.

Não nos damos conta, mas nosso cotidiano é repleto de exemplos da aplicação do conhecimento produzido na área biotecnológica. Podemos destacar a produção de antibióticos, vacinas e hormônios (como a insulina) pela indústria farmacêutica; a produção de queijos, bebidas alcoólicas e iogurte pela indústria alimentícia; uso de fertilizantes e pesticidas na agricultura; construção de plásticos biodegradáveis, uso de biorremediação e produção de biocombustíveis.



Os três últimos exemplos citados estão inseridos em uma área denominada Biotecnologia Ambiental, multidisciplinar, que envolve aspectos científicos, tecnológicos, sociais, econômicos e legais. A Biotecnologia Ambiental se ocupa principalmente de:

- desenvolvimento e aplicação de técnicas e processos biológicos que envolvam tecnologias limpas e desenvolvimento sustentável, como, por exemplo, a produção de materiais biodegradáveis;
- resolução e/ou prevenção de problemas de contaminação ambiental (biorremediação);
- produção de combustíveis menos poluentes, alternativos aos derivados de petróleo (biocombustíveis).

Vamos falar um pouco melhor sobre esses três advenços.

## Plásticos biodegradáveis

O lixo é um dos grandes problemas ambientais urbanos. Só no Brasil, são produzidas 250 mil toneladas de lixo diariamente. Como apenas cerca de 13% são reciclados, esse problema toma proporções gigantescas.

Estudos apontam que cerca de 20% do lixo doméstico produzido no Brasil são compostos por plástico. Por suas características (praticidade, resistência, impermeabilidade e baixo custo, dentre outras), o plástico se tornou um material indispensável no dia a dia. Sacolinhas de mercado, garrafas de bebida, peças de equipamentos eletrônicos e brinquedos são apenas alguns exemplos de sua aplicação. Essa dependência, somada à dificuldade de degradação desse material, faz com que ele seja considerado um dos grandes vilões na questão ambiental.

Como tentativa de minimizar os problemas causados, foram criadas algumas variedades de plásticos **biodegradáveis**.

Plásticos biodegradáveis estão disponíveis comercialmente há mais de 20 anos. A primeira geração desses materiais recebia pequena quantidade de amido, que era misturado à resina plástica. Quando em presença de água, esse material se quebrava em pequenos pedaços e o amido era degradado.

### Biodegradável

material capaz de se decompor sob a ação de microrganismos em determinadas condições de luminosidade, umidade e oxigênio.



#### Para saber mais:

O artigo *Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos* discute a produção de plásticos biodegradáveis, sua viabilidade econômica e perspectivas quanto à sua utilização.

Disponível em:  
<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a03.pdf>

Diferentes tipos de plásticos biodegradáveis estão sendo desenvolvidos como alternativa ao plástico convencional. No Brasil, por exemplo, há estudos sobre a produção de plásticos biodegradáveis a partir de resinas de vegetais, como o milho, o trigo, a cana-de-açúcar e a batata. Talvez a grande dificuldade para a popularização desses materiais seja o alto preço.

A edição do Globo Repórter de 25/05/2007, disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=HCiCTLVJWps>, apresenta uma pesquisa desenvolvida por pesquisadores brasileiros na busca por um tipo de plástico 100% biodegradável com base em uma mistura com poliésteres. Os resultados encontrados apontam a possibilidade de degradação em apenas 45 dias.

## Biorremediação

### Autóctone

Que é natural do lugar onde ocorre.

### Alóctone

Que não tem suas origens no lugar onde ocorre.

A biotecnologia pode ser utilizada para amenizar os impactos oriundos da atividade humana, por meio da produção de linhagens de organismos capazes de metabolizar substâncias consideradas não biodegradáveis. Os organismos utilizados no processo de descontaminação podem ser **autóctones** ou **alóctones**.

A biorremediação é o processo pelo qual se utilizam seres vivos (em geral, microrganismos ou plantas) para reduzir ou remover poluentes do meio ambiente. É uma alternativa eficaz para o tratamento de ambientes contaminados com substâncias de difícil degradação, como derivados do petróleo, uma vez que alia segurança, eficiência, baixo custo e menor perturbação ambiental.

A biorremediação pode ser empregada também em situações como tratamento de água, esgoto e efluentes industriais. Nesses casos, os microrganismos utilizados nas estações de tratamento removem a maior parte dos poluentes antes que sejam lançados no ambiente.

As técnicas de biorremediação podem ser classificadas em dois grupos e sua aplicação dependerá do tipo de contaminante e das características da área impactada:

- biorremediação *in situ*: realizada no próprio local onde há contaminação, sem a necessidade de remoção do material;
- biorremediação *ex situ*: o material contaminado é retirado do local de origem e encaminhado para outro adequado.



### Para saber mais:

O vídeo *Biorremediação do solo*, produzido pela Universidade de Passo Fundo, discute o uso de biorremediação na atenuação de impactos ambientais oriundos da contaminação por combustíveis.

Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=HhAjr3EHxKk>

## Biocombustíveis

Este talvez seja o mais “popular” dos temas tratados pela Biotecnologia Ambiental. Porém, antes de começar a discussão sobre os biocombustíveis com os alunos, precisaremos recorrer a conceitos que já foram trabalhados ao longo da escolaridade deles, como combustão, combustível, a forma como se dá o fluxo de energia através dos ecossistemas e o que são fontes de energia renováveis ou não.

- **A combustão é uma reação que libera energia.** Esse tipo de reação, conhecida como exotérmica, disponibiliza energia para o meio. Ela é definida pela grande velocidade de liberação de energia, sendo extremamente exotérmica.
- **A combustão é uma reação entre combustível e comburente.** Praticamente todos os combustíveis são orgânicos, ou seja, são substâncias formadas por cadeias carbônicas ligadas a hidrogênios e, às vezes, a oxigênio. A gasolina, o álcool etílico, o acetileno e o metano são alguns exemplos de **combustíveis**. O **comburente** mais comum é o oxigênio, porém outras substâncias podem exercer esse papel, como o flúor.
- **A energia está presente no combustível na forma de energia potencial química.** Trata-se do tipo de energia presente nas ligações entre os átomos. Se utilizarmos uma perspectiva mais aprofundada, podemos perceber que essa energia é, na verdade, energia solar que foi armazenada nos compostos orgânicos pelo processo de fotossíntese. Nesse processo e nas cadeias alimentares, a energia flui pela matéria viva e não viva nos ecossistemas.
- **As fontes de energia podem ser renováveis ou não.** Podemos obter energia de fontes que podem ser repostas na natureza em um curto período de tempo e de fontes que não podem ser repostas. As primeiras, chamadas de renováveis, são, por exemplo, a energia da queda da água, a energia solar e da biomassa. As fontes não renováveis se originaram de processos que não podem ser repetidos, como a decomposição parcial que transforma a matéria orgânica oriunda de vegetais e microrganismos em carvão mineral e petróleo.

Agora que resgatamos esses conceitos, podemos qualificar melhor os biocombustíveis.

Biocombustíveis são fontes renováveis de energia. Trata-se de um conjunto de substâncias orgânicas que pode sofrer combustão e liberar



### Para saber mais:

O artigo *Biorremediação como ferramenta para a descontaminação de ambientes terrestres e aquáticos* traz uma descrição detalhada dessas técnicas com exemplos de sua aplicação.

Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/276859728\\_A-Biorremediacao\\_como\\_Ferramenta\\_para\\_a\\_Descontaminacao\\_de\\_Ambientes\\_Terrestres\\_e\\_Aquaticos](https://www.researchgate.net/publication/276859728_A-Biorremediacao_como_Ferramenta_para_a_Descontaminacao_de_Ambientes_Terrestres_e_Aquaticos)



### Para saber mais:

O vídeo abaixo mostra como o biodiesel é produzido e a importância de algumas iniciativas para a implementação de seu uso no Brasil. Veja-o e, se dispuser de tempo e do equipamento necessário, mostre-o para seus alunos!

Disponível em:  
<http://www.youtube.com/watch?v=AQ0T8SXWk0g>

a energia potencial química na forma de calor. Biocombustíveis fazem parte do que chamamos de biomassa: provêm principalmente de fontes animais e vegetais, como a cana-de-açúcar, o milho, a soja e os óleos retirados de outros vegetais, como girassol e babaçu. A partir dessas fontes se pode produzir biocombustíveis como álcool, etanol e biodiesel. Como são produtos biodegradáveis, apresentam menor impacto à natureza.

O Brasil foi pioneiro no desenvolvimento de biocombustíveis. Já em 1905 se iniciavam os testes para utilização do etanol. Em 1931, o Governo Federal decretou a obrigatoriedade da mistura de 5% de álcool na gasolina.

A descoberta de novas jazidas de petróleo no Oriente Médio, na década de 1960, colocou um freio no desenvolvimento dos biocombustíveis, mas esse desinteresse durou pouco: já na década de 70 as crises mundiais do petróleo impulsionaram a procura por novas fontes de energia.

O Brasil lançou em 1975 o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), o maior programa comercial de uso de biomassa para fins energéticos no mundo; apenas dois anos depois, um professor da Universidade Federal do Ceará desenvolveu biodiesel a partir do óleo de algodão. Esse professor registrou, em 1980, a primeira patente mundial de biodiesel.



### Roteiro de ação - Biocombustíveis

Este roteiro tem por objetivo estabelecer conceitos relativos aos biocombustíveis. Os diferentes tipos de combustível liberam quantidades diferentes de energia. Essa informação precisa ser levada em conta quando se escolhe que combustível usar na realização de algum trabalho. Você já deve ter ouvido falar que o álcool não “rende” o mesmo que a gasolina no motor do carro.

A **Tabela 2** apresenta dados que mostram essa diferença entre o rendimento dos combustíveis.

Combustível	Fórmula molecular	Quantidade de energia liberada (kJ/mol)
Carbono (carvão)	C(s)	- 393,5
Metano (gás natural)	CH <sub>4</sub> (g)	- 802
Etino (acetileno, usado em maçarico)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)	- 1.300
Etanol (álcool)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (l)	- 1.368
Glicose - açúcar utilizado na respiração celular	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (s)	-2.805
Butano (componente do gás de cozinha)	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (g)	-2.878
Octano (componente da gasolina)	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> (l)	-5.471

Fonte: [http://www.usp.br/qambiental/combustao\\_energia.html](http://www.usp.br/qambiental/combustao_energia.html) (modificado)

Se considerarmos o óleo de soja como exemplo de componente do biodiesel, podemos incluí-lo nesta comparação: a obtenção de energia a partir da queima de biodiesel seria algo em torno de 1.072,5 kJ/mol. Portanto, trata-se de um combustível de grande poder calorífico e que contribui para absorção de gás carbônico da atmosfera, participando da fixação desse gás. O biodiesel é um combustível oleaginoso, obtido comumente a partir da reação química de lipídios (óleos ou gorduras) de origem animal ou vegetal, formado por ésteres de ácidos graxos ou ácidos carboxílicos de cadeia longa.

As **Figuras 2 e 3** são modelos tridimensionais desses tipos de substâncias.



**Figura 2**



**Figura 3**

**Figura 2:** Modelo tridimensional do linoleato de metila ( $C_{19}H_{34}O_2$ ), um éster de metila comum produzido do óleo de soja ou canola e metanol

Fonte: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Methyl\\_Linoleate.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Methyl_Linoleate.png)

**Figura 3:** Modelo tridimensional do estearato de etila ( $C_{20}H_{40}O_2$ ), um éster de etila produzido do óleo de soja ou canola e etanol

Fonte: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Ethyl\\_Stearate.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Ethyl_Stearate.png)

Todos os biocombustíveis, independente de serem de origem vegetal (como o etanol de cana-de-açúcar) ou de origem animal (como o biodiesel de sebo), apresentam muitas vantagens frente aos combustíveis fósseis. Algumas são econômicas e de segurança energética; outras são ambientais; e outras ainda trazem vantagens sociais. Observe na Tabela 3 algumas dessas vantagens.

**Tabela 3:** Algumas vantagens do uso de biocombustíveis

Tipo de vantagem	
Econômicas e de segurança	Produção controlada pela nação
	Independência de outros países
	Preço pode ser subsidiado e controlado
Energética	
Ambientais	As plantas que os originam absorvem gás carbônico do ar (diminui o efeito estufa)
	Compensam a emissão de gás carbônico da queima do combustível
	Não emite poluentes particulados e derivados de enxofre
Sociais	Proporciona a geração de grande quantidade de empregos no campo
	Fortalece a tecnologia e a indústria nacionais

## Combustíveis renováveis

O consumo mundial de petróleo no ano 2000 já era de 76 milhões de barris; nosso país consumia cerca de 2,2 milhões.

Os combustíveis fósseis constituem a maior contribuição para a emissão de CO<sub>2</sub> (gás carbônico) na atmosfera causada pelo homem, o que agrava fortemente o efeito estufa. Além disso, o petróleo não é um recurso renovável.

Além das questões ambientais, as crises mundiais associadas às reservas de petróleo, bem como o aumento do preço dos barris, serviram para estimular as pesquisas, visando desenvolver alternativas para seu uso. Nesta aula, vamos abordar a utilização de **biocombustíveis** como alternativa ao uso de petróleo.

É preciso lembrar que o efeito estufa é um fenômeno natural que permite a existência de vida na Terra e que, sem ele, o planeta estaria coberto de gelo. A questão é o agravamento dessa tendência natural com o aumento da liberação de CO<sub>2</sub> pela queima de combustíveis fósseis e pelas queimadas. Dentre as fontes naturais de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera estão os vulcões. Segundo o Instituto de Estudos Avançados do Centro Técnico Aeroespacial do Brasil, a taxa atual de emissão por vulcões está em torno de 500 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, enquanto a emissão por combustíveis fósseis é de 22 bilhões de toneladas anuais.

---

### Biocombustíveis

Combustíveis naturais, biodegradáveis e renováveis.

---

## Álcool, o combustível verde

O álcool é um combustível produzido a partir da cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*). Por muito tempo, representou para nós, brasileiros, a não dependência do mercado externo de combustíveis à base de petróleo.

Não custa lembrar que álcool é o nome genérico de várias substâncias que possuem grupos hidroxila ( $-OH$ ) ligados a um átomo de carbono. O álcool que produzimos como combustível é o etanol, proveniente da cana-de-açúcar. O combustível é composto de 96% de etanol e 4% de água. É também adicionado à gasolina (25%) como substituto do chumbo, utilizado em outros países. A mistura de gasolina com álcool garante a diminuição dos níveis de poluição.

## A cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) foi introduzida na América, a princípio, como planta ornamental. No Brasil, inicialmente foi utilizada para fazer garapa (quem nunca experimentou um caldo de cana geladinho?) e, posteriormente, açúcar e aguardente.

Durante o processamento da cana para a obtenção de açúcar e álcool, são geradas toneladas de bagaço, que é utilizado como combustível em caldeiras geradoras de energia elétrica.

O calor é necessário para o processamento da cana, e as caldeiras das unidades industriais podem ser alimentadas com o bagaço da cana que é produzido durante o processamento. Assim, as unidades industriais tornam-se autossuficientes na produção de energia.

### Por que o álcool é chamado de combustível verde?

Porque o carro a álcool polui apenas 30% do total provocado por um carro a gasolina. Além disso, a cana-de-açúcar é um recurso renovável e, como os demais vegetais, absorve gás carbônico da atmosfera para seu crescimento, desenvolvimento e manutenção da vida.

## O Programa Nacional do Álcool (Proálcool)

Henry Ford já dizia, em 1925, que o álcool era o combustível do futuro. Em 1975, após uma crise do petróleo, o governo brasileiro, financeiramente incapaz de importar petróleo pelos preços altíssimos estabelecidos pelo cartel da Organização dos Países Exportadores de Petróleo



(OPEP), criou programas visando à substituição do diesel e da gasolina por outras fontes de energia. O álcool foi considerado, então, um substituto ideal para a gasolina. Os dirigentes do país ofereceram subsídios e isenção de impostos aos usineiros para que eles transformassem cana em etanol.

Foram financiadas estradas, destilarias e postos compatíveis com o combustível verde. Os fabricantes de veículos foram estimulados a produzir carros movidos a etanol.

Assim, em 1979, foram lançados no mercado automobilístico modelos especialmente criados para utilizar o álcool como combustível. Esses carros chegaram a constituir mais de 90% da produção das montadoras em 1984.

No entanto, no final da década de 1980, o preço do petróleo caiu e o do açúcar aumentou, de forma que a sua exportação passou a ser mais lucrativa do que a produção de etanol. O governo, então, reduziu os subsídios.

Os motoristas passaram a ter dificuldade para encontrar álcool nos postos e voltaram a usar carros movidos a gasolina. A participação dos carros a álcool no mercado começou a cair vertiginosamente.

Atualmente, os preços do barril de petróleo não param de aumentar. Além disso, existem no país milhões de hectares plantados com cana-de-açúcar. O nosso país é o maior produtor mundial de açúcar, e o preço do álcool é, aproximadamente, a metade do preço da gasolina.

Como você já deve ter visto nos jornais e na TV, o álcool continuou a ser produzido após o baque inicial da retirada dos estímulos governamentais e, após duas décadas, a indústria se reestruturou.

O álcool pode ser obtido a partir de outras culturas, além da cana-de-açúcar. Por exemplo, nos Estados Unidos, ele é derivado do milho, pois essa cultura tem grande importância naquele país. No início do Proálcool, buscou-se contemplar o setor produtor de cana ao mesmo tempo que se procurou substituir a gasolina. Com isso, desenvolvemos uma tecnologia mais barata que a americana para produção de álcool. Porém, para que o Brasil possa assumir importância mundial na produção de álcool para combustíveis, é preciso aumentar muito nossa produção atual.

Para você ter uma idéia, para a substituição de 10% da gasolina por álcool no mundo será preciso produzir cerca de 150 bilhões de litros. Se o Brasil quiser atender dois terços dessa demanda e liderar o mercado

mundial, nossa produção terá de ser cerca de cinco a seis vezes maior. Em termos de área agrícola dedicada ao plantio da cana, isso equivaleria a um incremento semelhante. Porém, isso não seria indicado, já que o impacto ambiental com tamanha devastação é enorme.

É fundamental avaliar as consequências ambientais de grandes planos nacionais como esse e, a exemplo do que vem ocorrendo com o plantio de soja em detrimento de vastas áreas de cerrado e floresta, evitar que um novo Proálcool represente um custo ambiental demasiadamente alto.

Mais áreas agrícolas dedicadas ao plantio da cana podem ser criadas, substituindo outras culturas menos rentáveis, inclusive as pastagens, e até utilizando áreas com solos degradados a partir do desenvolvimento de novas variedades de cana.

Além da perda da biodiversidade por causa da monocultura da cana-de-açúcar, existem outros riscos ambientais, como a poluição do curso dos rios, uma vez que as usinas lançam vários produtos poluentes no solo (solução cáustica usada na lavagem da cana, detergentes e anticorrosivos usados na manutenção dos equipamentos), e o aumento do uso de agrotóxicos.

Outro fator importante é a matéria-prima para obtenção de álcool. As principais fontes são o açúcar da cana e o amido do milho. Mas a matéria-prima mais abundante para isso são os resíduos de culturas como cana, milho, arroz e soja. Uma tecnologia que converta, por exemplo, a fibra da cana ou a casca do arroz em álcool contribuirá enormemente para o aumento da produção sem aumento da área plantada. Esse é um panorama favorável para o Brasil, já que o mundo precisa encontrar alternativas para os combustíveis fósseis. Entretanto, não sabemos quanto tempo essa oportunidade vai durar. Por isso, temos de fazer um esforço para desenvolver tecnologia própria e aumentar a produção de álcool, viabilizando sua exportação em larga escala.

## O biodiesel

O motor a diesel foi criado em 1895 pelo Dr. Rudolf Diesel e desenvolvido para que pudesse rodar com vários tipos de óleo, incluindo os de origem vegetal. O chamado óleo diesel, como o conhecemos, foi produzido pela indústria petrolífera. Era mais barato que os outros combustíveis e passou a ser amplamente empregado. Como o petróleo era abundante e seus derivados, baratos, a utilização de óleos vegetais como combustível foi relegada a segundo plano.

Biodiesel é o produto da reação química entre um óleo vegetal e um álcool, como etílico ou metílico, na proporção de 1:3. Durante a reação, conhecida por transesterificação ou alcoólise, os triglicerídeos que compõem o óleo são convertidos em ácidos graxos e depois em ésteres de ácidos graxos.

## O Pró-óleo

Após as sucessivas crises do petróleo, o mundo começou a buscar combustíveis alternativos. No Brasil, além do Proálcool, foi criado o Programa de Óleos Vegetais (pró-óleo) no final da década de 1970. O Brasil iniciava estudos para desenvolver combustíveis a partir de óleos vegetais. Porém o programa não teve o mesmo sucesso e repercussão do Proálcool.

A Comunidade Econômica Europeia obteve sucesso na pesquisa de combustíveis alternativos vegetais, como o biodiesel de óleo de canola, que é a matéria-prima mais utilizada naquele continente. Na Malásia, o biodiesel foi produzido a partir de palma e nos Estados Unidos, com soja.

O biodiesel pode ser produzido a partir de uma série de óleos extraídos de vegetais, como girassol, nabo-forrageiro, algodão, mamona, soja, canola, babaçu, dendê e pinhão-mansão. Pode ser utilizado como combustível puro ou misturado ao diesel de petróleo em diferentes concentrações.

Benefícios proporcionados pela produção e utilização do biodiesel

- Algumas plantas com sementes oleaginosas podem ser cultivadas em solos menos produtivos e com baixo custo por meio de modelos de agricultura familiar.
- Para a produção de óleo de babaçu, não é necessário derrubar a floresta para fins agrícolas. Basta retirar os frutos das plantas que já existem. Os babaçuais também podem ser plantados em solos pouco férteis, condenados muitas vezes à desertificação.
- As plantas utilizam o  $\text{CO}_2$  atmosférico; assim, o  $\text{CO}_2$  produzido pela queima do biodiesel é aproveitado e não causa aumento da concentração atmosférica.
- A produção de biodiesel favorece a geração de empregos no setor primário, contribuindo, assim, para estabilizar o crescimento populacional nas grandes cidades.

- O biodiesel é mais fácil de transportar e armazenar que o diesel de petróleo, por apresentar baixo risco de explosão.
- Não é necessária a adaptação de motores para a utilização do biodiesel.
- A utilização de biodiesel reduz a emissão de partículas e de enxofre dos escapes dos motores a diesel.

## Desafios para o uso de biodiesel

Embora já existam veículos que utilizam biodiesel no Brasil e no exterior, ainda há algumas limitações técnicas para seu uso direto ou em mistura com o diesel, pois os resultados práticos não são considerados inteiramente satisfatórios. Dentre os principais problemas estão a alta viscosidade, acidez, presença de gomas formadas por oxidação e polimerização durante a estocagem. Em função disso, diversos estudos estão sendo realizados e inúmeros resultados promissores já foram obtidos.

## O babaçu, uma planta nativa

*Orbignya speciosa* é uma palmeira que ocorre espontaneamente na região amazônica e na Mata Atlântica na Bahia, enquanto a *Attalea* apoda ocorre na Zona da Mata de Minas Gerais. Seus frutos possuem sementes oleaginosas. A palmeira apresenta grande velocidade e capacidade de regeneração, sendo a primeira a surgir após as queimadas. Além disso, multiplica-se por sementes, as quais são extremamente resistentes aos predadores devido à dureza do fruto.

Cada fruto possui de três a cinco sementes, que são extraídas manualmente em um sistema tradicional. A extração e a comercialização de sementes, nas regiões onde o babaçu ocorre, constituem o sustento de grande parte da população interiorana que não possui terras, geralmente envolvendo o trabalho de mulheres, as quebradeiras, acompanhadas de suas crianças.

Como o dendê e o buriti, as sementes de babaçu apresentam alta concentração de gorduras com aplicação alimentícia ou industrial. Os principais destinatários das sementes do babaçu são as indústrias locais que produzem óleo cru a partir do esmagamento das sementes. O óleo é utilizado na fabricação de sabão e glicerina, além de óleo comestível, parte do qual é transformado em margarina. É utilizado, ainda, para a produção de ração animal.

### Outros usos do babaçu

Além do óleo, as populações regionais utilizam inteiramente a planta do babaçu.

- As folhas são a matéria-prima para a fabricação de cestos, abanos, peneiras esteiras etc., além de telhados;
- durante a seca, servem de alimento para a criação de animais;
- o estipe (caule) do babaçu é usado em marcenaria e, quando podre, serve de adubo;
- as palmeiras jovens fornecem palmito;
- o vinho de babaçu é apreciado regionalmente;
- as amêndoas verdes raladas e espremidas com um pouco de água em um pano fino fornecem um líquido com propriedades nutritivas. Esse produto leitoso é muito usado na culinária regional do Maranhão como tempero em substituição ao leite de coco e como mistura para empapar o cuscuz de milho, de arroz e de farinha de mandioca; pode até ser bebido ao natural, substituindo o leite de vaca;
- da casca do coco é produzido um carvão que é fonte exclusiva de combustível em várias regiões do Nordeste do Brasil.

### Roteiro de ação: *Zugzwang*

Nesse roteiro de ação propomos que os alunos assistam ao documentário *Zugzwang*, dirigido por Duto Sperry; esse documentário debate como se constitui a planta energética dos países e a forma como as fontes de energia renováveis contribuem no enfrentamento da crise energética atual.





## Roteiro de ação 1 Biocombustíveis

### Informações básicas:

<b>Roteiro de ação:</b>	Biocombustíveis
<b>Área de conhecimento:</b>	Biologia
<b>Assuntos:</b>	Biotecnologia - biocombustíveis
<b>Objetivos:</b>	Estabelecer, a partir da leitura de um texto, conceitos relativos aos biocombustíveis.
<b>Material necessário:</b>	Estudo dirigido
<b>Organização da classe:</b>	Grupos de dois a quatro alunos
<b>Descritores associados:</b>	<p><b>H2</b> – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.</p> <p><b>H8</b> – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos envolvidos neles.</p> <p><b>H9</b> – Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.</p> <p><b>H11</b> – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.</p> <p><b>H26</b> – Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.</p>

Professor, professora, o texto é um pouco grande e precisará de mediação para que os alunos não dispersem. Sugerimos que você leia o texto junto com eles, aproveitando para resolver as dúvidas de vocabulário que aparecerem.

## Biocombustíveis

O Brasil está na fronteira do desenvolvimento e do conhecimento tecnológico quando o assunto refere-se aos biocombustíveis. O país é exportador de tecnologia e de matéria-prima para as mais diversas nações. Mas, afinal, o que são biocombustíveis e por que o Brasil faz parte da vanguarda dessa produção?

Os biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural usados em motores de ciclo diesel automotivos (caminhões, tratores, camionetas, automóveis etc.) ou estacionários (geradores de eletricidade, calor etc.). Há dezenas de espécies vegetais no Brasil das quais se pode produzir o biodiesel, como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras.

Este tipo de combustível renovável é pesquisado desde o início do século 20, principalmente na Europa. Eles estão presentes no cotidiano do brasileiro há mais de 80 anos. Entretanto, foi na década de 1970, após a primeira crise do petróleo, que sua produção e seu uso ganharam grande dimensão. Na época, foi criado o programa Pro-Álcool, que introduziu o etanol de cana-de-açúcar em larga escala na matriz de combustíveis brasileira.

## Biodiesel

Os dois principais biocombustíveis líquidos utilizados no país são o etanol (extraído de cana-de-açúcar e utilizado nos veículos leves) e, mais recentemente, o biodiesel (produzido a partir de óleos vegetais ou gorduras animais e utilizados principalmente em ônibus e caminhões).

Foi a partir do lançamento do Programa Nacional de Produção e Usos do Biodiesel (PNPB), em dezembro de 2004, feito pelo Governo Federal, que o biodiesel avançou significativamente no país. Hoje, o Brasil conta com indústria de biodiesel consolidada, com mais de 50 usinas aptas a produzi-lo e comercializá-lo, e com capacidade instalada superior a seis milhões de metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

Atualmente, a Alemanha, os Estados Unidos e o Brasil são os maiores mercados mundiais de biodiesel. Outros importantes mercados são a França, a Espanha, a Itália e a Argentina.

No Brasil, o biodiesel, regularmente, é vendido misturado ao diesel de petróleo em mais de 30 mil postos de abastecimento espalhados pelo país. Sua produção saltou de 69 milhões de litros, em 2006, para 2,8 bilhões de litros, em 2012, de acordo com dados do PNPB. A mistura de biodiesel ao diesel teve início em dezembro de 2004. Em janeiro de 2008, entrou em vigor a mistura obrigatória de 2% em todo o país. Esse percentual foi ampliado sucessivamente até atingir 5% em janeiro de 2010, antecipando em três anos a meta estabelecida pela Lei nº 11.097/05.

Em relação à capacidade industrial da produção do biodiesel, no final de 2011, pelos dados do Governo Federal, 56 unidades estavam autorizadas a produzir e a comercializar o biocombustível, com uma capacidade nominal total de seis bilhões de litros ao ano. Dessa capacidade produtiva, aproximadamente 78% (4,7 bilhões de litros/ano) são provenientes de usinas detentoras do Selo Combustível Social, um certificado fornecido pelo governo às unidades produtoras que atendam aos requisitos de inclusão da agricultura familiar na cadeia produtiva do biodiesel.

Desde o lançamento do PNPB até o final de 2011, o Brasil produziu 8,3 bilhões de litros de biodiesel, que reduziram as importações de diesel em um montante de US\$ 5,3 bilhões, contribuindo positivamente para a balança comercial brasileira.

## Etanol

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais e o maior exportador de etanol. Atualmente, o etanol brasileiro representa a melhor e mais avançada opção para a produção sustentável de biocombustíveis em larga escala no mundo. O país é o candidato natural a liderar a produção economicamente competitiva e a exportação mundial porque tem o menor custo de produção e o maior rendimento em litros por hectare.

Em relação ao meio ambiente, o etanol reduz as emissões de gases de efeito estufa em cerca de 90% e a poluição atmosférica nos centros urbanos. Além disso, a produção tem baixo consumo de fertilizantes e defensivos e apresenta níveis relativamente baixos de perdas do solo.

O Brasil utiliza o etanol como aditivo da gasolina desde a década de 1920. Oficialmente, o combustível produzido a partir da cana-de-açúcar foi adicionado à gasolina a partir de um decreto assinado em 1931.



Entretanto, somente com a criação do Pro-Álcool, em 1975, é que o Brasil estabeleceu definitivamente a indústria do etanol combustível.

Os investimentos nos veículos flex-fuel e o fortalecimento da cadeia produtiva levaram a um grande crescimento no mercado doméstico de etanol, invertendo a tendência de queda do consumo de etanol ainda na safra 2003/2004. Atualmente, cerca de 90% dos veículos leves licenciados no Brasil são flex-fuel. Esse ritmo fez com que, no todo, metade da frota nacional circulante seja formada por veículos flex.

O etanol é produzido nas regiões Nordeste e Centro-Sul; esta é responsável por aproximadamente 90% da produção nacional, e o Estado de São Paulo por 60% do biocombustível. Os outros 10% são produzidos na região litorânea do Nordeste.

## Lenha e carvão vegetal

Atualmente, as economias menos desenvolvidas no mundo ainda apresentam em suas matrizes energéticas mais de 90% de participação da lenha como fonte de energia, situação que o Brasil reverteu a partir da década de 1930.

No início da década de 1940, o país apresentava mais de 80% de participação da lenha em sua matriz energética. Em 2011, esse indicador já era de menos de 10%, substituído principalmente pelo gás liquefeito de petróleo.

Boa parte da lenha extraída no país é transformada em carvão vegetal, um produto mais nobre e com maior concentração de carbono. O Brasil é a única nação no mundo que faz uso extensivo do carvão vegetal na indústria siderúrgica. Atualmente, 34% da lenha são convertidos em carvão vegetal e 28% têm uso direto na indústria para produzir calor de processo. Outros 27% são ainda utilizados para cozinhar alimentos.

## Carvão vegetal na siderurgia

O carvão vegetal é usado na siderurgia como fonte de calor e como redutor do minério de ferro. O Brasil é o maior produtor mundial de gusa via carvão vegetal; cerca de 60% desse gusa produzido é exportado.

Devido às características do carvão vegetal, de baixos teores de enxofre e cinza, o gusa produzido é de melhor qualidade do que aquele

produzido via carvão mineral. Para a produção de uma tonelada de gusa, são necessários cerca de três metros cúbicos de carvão - 3 mdc.

Boa parte do carvão é proveniente de desmatamentos, legais ou ilegais. Para atender a demanda de carvão até 2020, seria necessário um reflorestamento de 1,5 a 2 milhões de hectares.

Disponível em: <https://www.amambainoticias.com.br/meio-ambiente-e-tecnologia/biodiesel-pode-ser-feito-a-base-de-plantas-como-soja-girassol-e-mamona>

## Questões para discutir

### ***1) O que têm em comum as fontes de biodiesel citadas no texto?***

Elas provêm de sementes oleaginosas, fontes de óleos e gorduras, substâncias utilizadas na fabricação do biodiesel.

---

### ***2) A busca por novas fontes de energia sempre foi uma atividade importante para nossa sociedade. Qual a principal motivação para o desenvolvimento dos biocombustíveis nos anos 1970?***

A resposta tem que relacionar essa época com a crise mundial do petróleo e a diminuição da dependência do combustível. É possível que a questão ambiental surja, mas é preciso ressaltar que, em um primeiro momento, a questão ambiental não era valorizada.

---

### ***3) O biodiesel teve grande incentivo do Governo Federal e representa, nos dias de hoje, um combustível muito vantajoso. Cite duas vantagens do uso do biodiesel como substituto do diesel de petróleo.***

Várias vantagens podem ser apontadas pelos alunos, dentre elas a independência energética de mercados internacionais, maior controle sobre os preços, melhora na balança comercial, incentivo às agriculturas familiares, maior vínculo da população rural com a terra...

---

#### ***4) Por que o etanol brasileiro é mais vantajoso do que o de outras nações?***

Nesse momento vale ressaltar, professor, que o etanol pode ser produzido a partir da fermentação dos açúcares de muitos tipos de vegetais e que o do Brasil, feito a partir da cana-de-açúcar, apresenta maior rendimento em relação aos custos de produção e à área plantada.

---

#### ***5) Por que as economias menos desenvolvidas utilizam mais a lenha como fonte de energia?***

Trata-se de uma fonte de energia “bruta” que pode ser utilizada in natura, praticamente sem alteração. Economias menos desenvolvidas apresentam, em termos gerais, baixa produção industrial. Aqui se pode discutir com os alunos a questão de considerar lenha biocombustível ou não.

---

#### ***6) Explique por que o uso de carvão vegetal traz poucas vantagens do ponto de vista ambiental.***

É preciso ressaltar que a lenha ou seu derivado, o carvão vegetal, apesar de trazer vantagens no que diz respeito à ciclagem de carbono, incentiva o desmatamento, o que prejudica o ambiente de diversas formas.

---



## Roteiro de ação 2

### Zugzwang

### Informações básicas:

<b>Roteiro de ação:</b>	<i>Zugzwang</i>
<b>Duração prevista:</b>	100 minutos
<b>Área de conhecimento:</b>	Biologia
<b>Assunto:</b>	Biocombustíveis e energia
<b>Objetivos:</b>	Discutir os argumentos a favor e contra o uso de biocombustíveis, suas implicações éticas e sociais.
<b>Material necessário:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• trechos do documentário Zugzwang;</li> <li>• datashow e notebook (ou televisor e aparelho de DVD).</li> </ul>
<b>Organização da classe:</b>	Disposta em semicírculo para assistir ao documentário e discutir as questões.
<b>Descritores associados:</b>	<p><b>H8</b> – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.</p> <p><b>H9</b> – Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo energia para a vida ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.</p> <p><b>H10</b> – Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e (ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.</p> <p><b>H11</b> – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.</p> <p><b>H12</b> – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.</p>

Esse documentário brasileiro, dirigido por Duto Sperry, mostra como se constitui a planta energética dos países e a forma como as fontes de energia renováveis contribuem no enfrentamento da crise energética atual. Com entrevistas de pessoas envolvidas nas áreas agrícola,

de produção dos combustíveis renováveis e de bioenergia, o documentário abrange as vertentes ambiental, social e econômica.

O documentário está disponível em sete partes. Para esta atividade, sugerimos a exibição das quatro primeiras.

Parte 1 - <http://www.youtube.com/watch?v=vj5TdIda034>

Parte 2 - [http://www.youtube.com/watch?v=IGu\\_UGQEgNo](http://www.youtube.com/watch?v=IGu_UGQEgNo)

Parte 3 - <http://www.youtube.com/watch?v=YuBDtaLmMyc>

Parte 4 - <http://www.youtube.com/watch?v=n0jcvqtqKcxI>

Parte 5 - <http://www.youtube.com/watch?v=hZV2c7Fj3qk>

Parte 6 - <http://www.youtube.com/watch?v=xrl0lPO38rw>

Parte 7 - [http://www.youtube.com/watch?v=pzf\\_9t7ekAM](http://www.youtube.com/watch?v=pzf_9t7ekAM)

Após a exibição do vídeo, proceda a um debate sobre argumentos favoráveis e contrários ao uso de biocombustíveis. Para tal, sugerimos algumas questões. Você deve ficar à vontade para incluir tantas quantas achar necessário.

### Zugzwang

Questões para nortear o debate sobre o documentário:

*1. Qual a importância da busca por energia em nossa sociedade?*

*2. Por que é preciso substituir os combustíveis derivados do petróleo?*

*3. Baseado no que já foi discutido sobre os recursos ambientais do nosso planeta, explique a afirmação da ambientalista Vandana Shiva (parte 1, 4:28 min): “em um planeta limitado, o consumo deve ser limitado”. Qual o papel de cada um de nós na limitação desse consumo?*

*4. Por que os combustíveis fósseis são muito utilizados em regiões em processo de desenvolvimento?*

*5. Por que os biocombustíveis podem ser uma transição entre os combustíveis fósseis e a energia solar?*

*Qual a relação daqueles com a “biocivilização”, citada no primeiro minuto da parte 3 do vídeo?*

*6. Por que o Brasil desempenha papel importante na implantação dos biocombustíveis na planta energética mundial?*

*7. Do ponto de vista histórico, o cultivo da cana-de-açúcar, uma das primeiras atividades econômicas do Brasil, mudou de finalidade. Explique a importância dessa mudança e o seu impacto ambiental e social.*

*8. Como se poderia solucionar o problema social decorrente da mecanização da colheita da cana-de-açúcar?*

*9. Qual a diferença existente, em termos de custo social, entre o etanol fabricado no Brasil e aquele fabricado nos Estados Unidos?*

*10. No vídeo é estabelecido um debate sobre a relação entre a produção de etanol e o aumento do preço dos alimentos e o desmatamento da Amazônia. Opiniões diferentes são mostradas... Qual a sua opinião sobre isso?*

Professor, Professora, essas questões podem ser trabalhadas de modo informal com a turma – por exemplo, em um debate. Também podem ser utilizadas como um roteiro para ser respondido em dupla. De qualquer modo, é preciso reforçar alguns pontos, como a grande necessidade de energia na sociedade atual; as questões políticas que ultrapassam as fronteiras nacionais no que diz respeito à obtenção de fontes de energia; os custos sociais e ambientais refletidos nas escolhas dessas fontes.

A maior parte dos alunos tem dificuldade em relacionar o gasto de energia com a produção de bens industriais, mas fazem associação com a utilização de energia nas tarefas do dia a dia. Procure expandir esse ponto de vista! Outra habilidade que pode ser trabalhada é a capacidade de opinar com base em argumentos. Não deixe de cobrar o embasamento das opiniões dos alunos.

## Produção de alimentos e biotecnologia

Toda vez que falamos de biotecnologia, ou mesmo de qualquer tecnologia, pensamos em algo dos tempos atuais, não é, professor? Mas tecnologia pode ser entendida como qualquer maneira de modificar nossa relação com o meio em que vivemos. E nós fazemos isso há muito tempo!

A proposta deste texto é retomar esse conceito simples de tecnologia e aplicá-lo ao universo biológico. Para isso, vamos começar com uma perspectiva histórica, enfocando uma grande alteração que fizemos no planeta Terra e que marcou de forma definitiva nossa relação com a natureza: o surgimento da **agricultura**.

### Origens da agricultura

Consideramos que essa foi a primeira grande utilização da biotecnologia, pois pela agricultura, e pela pecuária domesticamos seres vivos, colocando-os a serviço da alimentação humana. Controlamos e incrementamos a oferta de nutrientes para as populações humanas de tal maneira que alteramos definitivamente a quantidade de pessoas no mundo.

O surgimento da agricultura marca a transição da Idade da Pedra para o Neolítico; antes se pensava que esse surgimento tinha ocorrido em uma região do mundo habitada e se espalhado para outras, mas os historiadores hoje em dia admitem que esse surgimento pode ter acontecido em vários lugares de forma independente. A região conhecida como Crescente Fértil (**Figura 1**), nos vales dos rios Nilo (no Egito) e Tigre e Eufrates (Mesopotâmia, atualmente região do Iraque) foi um desses berços da agricultura.



#### Para saber mais:

Professor, o artigo a seguir traz uma reflexão aprofundada do que seria a tecnologia e suas diferentes abordagens. Vale a leitura!

Disponível em:

<http://www.tecmundo.com.br/tecnologia/42523-o-que-e-tecnologia-.htm>



**Figura 1:** O Crescente Fértil

Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Mapa\\_do\\_Crescente\\_Fertil\\_en\\_galego.png](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Mapa_do_Crescente_Fertil_en_galego.png)

A época precisa desse fato não pode ser determinada, pois ainda não havia sistemas de registro e formas de escrita conhecidos, mas se admite que a agricultura tenha surgido entre 10 e 12 mil anos atrás. Essa época também é conhecida como Revolução do Neolítico ou Revolução Agrícola. Essa denominação é bem fácil de entender, pois o início da domesticação das plantas em cultivos alterou profundamente o modo de vida de nossos antepassados.

## A agricultura e o homem

Com a domesticação de plantas e animais (agricultura e pecuária), o homem alcançou um novo e decisivo patamar na história evolutiva. À medida que deixou de ser apenas coletor e caçador, a qualidade nutricional e a quantidade disponível de alimentos permitiram que crescêssemos em número e reduzíssemos o deslocamento em busca de alimento. Adicionalmente, a necessidade de entender os ciclos da natureza para obter boas colheitas e de interferir nela para favorecer, por exemplo, a irrigação foram forças propulsoras para que evoluíssem nossos conhecimentos de Astronomia, Engenharia e Biologia. Assim, não há como separar nossa história de sucesso como espécie do advento da agricultura. Veja a seguir um quadro que lista alguns fatos marcantes dessa história.



**Tabela 1:** A biotecnologia e o homem

<b>5000 a.C.</b>	Fabricação de cerveja em larga escala por sumérios, babilônios e egípcios.
<b>4000 a.C.</b>	Primeiros agricultores no Egito e nas Américas já selecionavam e guardavam as melhores sementes para serem plantadas na estação seguinte.
<b>1750 a.C.</b>	Registros de fabricação de bebidas fermentadas, como os vinhos.
<b>500 a.C.</b>	Uso de um tipo de queijo de soja mofado no tratamento de erupções cutâneas por chineses.
<b>100 d.C.</b>	Os chineses já usavam a flor de crisântemo em pó como inseticida.
<b>1866</b>	O monge austríaco Gregor Mendel publica seus estudos sobre hereditariedade de caracteres de uma geração a outra, utilizando ervilhas.
<b>1870-1890</b>	Pesquisadores realizam diversos cruzamentos com variedades de algodão para desenvolver outras centenas de variedades de qualidade superior.
<b>1900</b>	O instituto de pesquisa Luther Burbank desenvolve várias novas frutas híbridas, como pêssego e ameixa.
<b>1908</b>	G. H. Shull, do instituto norte-americano Carnegie, desenvolve o primeiro milho híbrido por meio de autopolinização.
<b>1953</b>	Watson e Crick revelam a estrutura tridimensional na forma de hélice dupla, ou dúplex, da molécula de DNA.
<b>1956</b>	O processo de fermentação é otimizado no Japão. Kornberg descobre a enzima DNA polimerase I, que catalisa a síntese de DNA em bactéria, levando ao entendimento de como o DNA é replicado.
<b>1960</b>	É publicada a constituição de um meio de cultura de plantas <i>in vitro</i> por Murashigue e Skoog.
<b>1960</b>	É descoberto o RNA mensageiro.
<b>1960</b>	Após décadas de trabalho, Norman Borlaug cria uma variedade de milho anão com 70% de aumento de produção do grão.
<b>1970</b>	Enzimas de restrição, denominadas nucleases específicas, são identificadas, abrindo caminho para a clonagem de genes.
<b>1982</b>	A primeira planta de tabaco geneticamente modificada é criada, com resistência a antibiótico.
<b>1983</b>	É desenvolvida a técnica PCR ( <b>polymerase chain reaction</b> ), que usa ciclos de síntese de DNA para produzir inúmeras cópias de genes ou fragmentos de genes.



**Para saber mais:**

Professor, professora, o artigo a seguir apresenta uma descoberta que modificou o entendimento de como se deu o surgimento da agricultura.

Disponível em:

<http://noticias.terra.com.br/ciencia/pesquisa/graos-de-12-mil-anos-podem-mudar-historia-do-surgimento-da-agricultura,68dbaebc62baf310VgnVCM3000009acceb0aRCD.html>

<b>1983</b>	A primeira transformação de plantas por <i>Agrobacterium</i> (plasmídeos Ti) é realizada.
<b>1994</b>	É aprovada para plantio e comercialização nos Estados Unidos uma variedade de tomate geneticamente modificado para resistir ao apodrecimento (Flavr Savr, da Calgene).
<b>2000</b>	Cientistas de São Paulo revelam pela primeira vez o código genético completo de uma bactéria fitopatogênica, a <i>Xylella fastidiosa</i> .
<b>2000</b>	É obtida uma variedade de arroz geneticamente modificado que produz betacaroteno, precursor de vitamina A.
<b>2001</b>	Cientistas canadenses e norte-americanos desenvolvem uma variedade de tomate que resiste a altos níveis de salinidade no solo.
<b>2002</b>	O uso anual de pesticidas nos EUA é reduzido em cerca de 210.000 toneladas.

Os grupos humanos exploravam o que a natureza podia lhes propiciar e saíam em busca de novas regiões, quando a que os alojava já não tinha mais o que oferecer. Esse modo de vida nômade pressupunha uma relação entre os membros do grupo muito diferente daquela que se impôs com a fixação em uma região, possibilitada pela agricultura. Estabeleceram-se relações de trabalho, novas relações de poder e a possibilidade de novos ofícios e desenvolvimento em termos de construção de moradias e desenvolvimento de novos materiais. Uma completa revolução!

A maior oferta de alimentos e a consequente queda da mortalidade possibilitaram aumento da população e tudo o mais que isso implica: controle de doenças infecciosas, poluição, desmatamento...

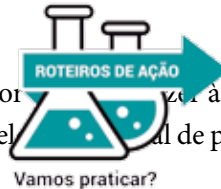
A observação da natureza possibilitou muito provavelmente a conclusão de que as sementes produziam novos vegetais se fossem colocadas no solo; assim se desenvolveram as técnicas de semeadura, plantio, colheita e os instrumentos que caracterizam o período Neolítico.

As plantas foram sendo escolhidas de acordo com as características que apresentavam, assim como os animais: alguns deles se prestavam ao fornecimento de peles, ou leite, ou carne; outros para ajudar na proteção das moradias... É a chamada seleção artificial. Enfim, nós selecionamos os seres vivos que usamos na agropecuária há muitos milhares de anos. O conceito de domesticação que usamos em relação a plantas e animais

consiste em um processo pelo qual tornamos esses seres vivos domésticos. Ele está ligado a essa seleção, pois, quando escolhemos as sementes das plantas que produzem mais frutos ou cujos frutos são mais agradáveis ou o tipo de animal que produz mais leite, influímos de forma sistemática na evolução dessas espécies.

### Roteiro de ação: Seleção artificial

Apresentamos um roteiro de ação que tem por objetivo à discussão os benefícios e prejuízos decorrentes da seleção artificial de plantas e animais de interesse humano.



O desenvolvimento das culturas de milho é um excelente exemplo de como a domesticação influenciou a evolução da espécie. A **Figura 2** mostra uma espiga de teosinto, variedade selvagem do milho, um híbrido (ao centro) e uma espiga de milho comumente cultivada nos dias de hoje. A escolha de espigas contendo grãos mais suculentos e adequados ao consumo foi modificando a espécie *Zea mays* de modo definitivo.



**Figura 2:** Do teosinto ao milho

Fonte: <https://teosinte.wisc.edu/images.html>



#### Para saber mais:

Sobre o processo de domesticação de plantas, sugerimos a leitura do artigo *Domesticação das plantas cultivadas*.

Disponível em:  
<http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/capitulo%202.pdf>

Com o advento das técnicas de recombinação gênica, o melhoramento genético entrou em uma nova era: a dos transgênicos. Com a



**Para saber mais:**

Os animais presentes em nosso dia a dia também sofreram longo processo de domesticação. O artigo *A longa (e incompleta) domesticação do gato* conta detalhadamente como foi o processo de domesticação do gato, indicando as pesquisas feitas para a determinação desse processo.

Disponível em:  
<http://sciam.uol.com.br/a-longa-e-incompleta-domesticacao-do-gato/>

transferência de genes entre espécies distintas, a biotecnologia possibilita a criação de “novas espécies”.

A primeira geração de transgênicos na agricultura surgiu na década de 1980; foi criada com o objetivo de gerar plantas e sementes mais resistentes a insetos, bactérias, vírus e herbicidas. Os benefícios oriundos dessa tecnologia ficavam restritos ao produtor, uma vez que visava à diminuição das perdas e, consequentemente, dos custos de produção.

O tomate Flavr Savr, desenvolvido pela empresa americana Calgene, foi a primeira variedade de uma espécie vegetal produzida por técnicas de engenharia genética. Sua comercialização se deu a partir de 1994.

No Brasil, o primeiro transgênico liberado pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) foi a soja *Roundup Ready*. Essa variedade é preparada para resistir ao super-herbicida *Roundup Ready*, que, além de matar plantas daninhas, mata também a soja natural. A soja *Roundup Ready* é obtida pela introdução, na soja natural, de um gene encontrado em certas algas e bactérias capazes de resistir ao herbicida. Uma vez aplicado na plantação de soja modificada, o *Roundup Ready* afeta as plantas daninhas, mas não a soja.

O Brasil possui a segunda maior área de cultivo do mundo, atrás somente dos Estados Unidos. Cerca de 80% da soja produzida no Brasil são modificados. O país tem cerca de 25 milhões de hectares de culturas geneticamente modificadas.

Se, por um lado, há avanços notáveis no campo da manipulação e transferência de genes, por outro, os estudos sobre os efeitos dos transgênicos sobre a saúde humana e o impacto no meio ambiente ainda são incipientes. Apesar disso, a área de plantio de culturas geneticamente modificadas tem crescido em todo o mundo desde a década de 1990. Essas condições têm suscitado discussões sobre possíveis problemas, como:

- possibilidade de poluição genética, o que remete à necessidade de estudos prévios de impacto ambiental;
- insegurança quanto às possíveis reações alérgicas após o consumo prolongado desse tipo de alimento;
- uso abusivo de venenos agrícolas, uma vez que muitas plantas são manipuladas geneticamente para se tornarem mais resistentes a agrotóxicos. Tal condição é preocupante, uma vez que o Brasil ocupa o primeiro lugar no *ranking* mundial de consumo desses produtos;

- resistência de empresas quanto ao fornecimento de informações sobre as características dos alimentos comercializados.

Uma segunda geração de transgênicos surgiu com outro objetivo, que não aquele relacionado à resistência aos herbicidas e patógenos: a melhoria da qualidade e quantidade de nutrientes em vegetais.

O cenário atual aponta para o surgimento de uma terceira geração de transgênicos: a dos vegetais como fonte de ingredientes com efeito direto em tratamentos de saúde ou passíveis de serem usados em diagnóstico para determinadas doenças. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) trabalha no desenvolvimento de uma variedade de alface com propriedades que permitem diagnósticos mais precisos e baratos para a dengue.

Além dos benefícios trazidos, esses avanços poderão servir para a popularização dos alimentos geneticamente modificados, uma vez que no imaginário popular os alimentos geneticamente modificados são artificiais. Contudo, são necessários estudos acerca dos seus efeitos no ambiente e, sobretudo, no organismo humano. Dessa forma, talvez os organismos geneticamente modificados possam ter sua imagem alterada.

### **Roteiro de ação – Transgênicos**

Este roteiro de ação tem por objetivo discutir os argumentos favoráveis e contrários ao cultivo e uso de transgênicos e suas implicações para a saúde e o meio ambiente.

### **Roteiro de ação – Gênese e patentes**

Este roteiro de ação tem por objetivo o entendimento de como são estabelecidas patentes relativas à biotecnologia.



#### **Para saber mais:**

O Greenpeace disponibiliza em seu *site* uma cartilha com todos os alimentos transgênicos comercializados no Brasil.

Disponível em:  
[https://greenpeace.org.br/transgenicos/pdf/guia\\_consumidor\\_4.pdf](https://greenpeace.org.br/transgenicos/pdf/guia_consumidor_4.pdf)



## Melhoramento vegetal

O homem vem tirando proveito de processos biológicos há milhares de anos. Os registros arqueológicos indicam que sumérios, babilônios e egípcios realizavam plantio de cevada em larga escala e produziam diversos tipos de cerveja há mais de 5.000 anos. A lista de produtos e processos **biotecnológicos** desenvolvidos ao longo da história da humanidade é bastante longa. Vamos nos deter aqui a alguns produtos e processos no campo da agricultura. Quando o homem seleciona determinadas plantas em detrimento de outras da mesma espécie porque elas apresentam, por exemplo, crescimento mais rápido, maior rendimento ou paladar mais agradável, ele vai progressivamente alterando as espécies. Essa alteração pode chegar a ponto de não mais reconhecermos a parente selvagem que deu origem à variedade selecionada de determinada planta.

Um dos mais notáveis feitos de melhoramento foi o do Prêmio Nobel da Paz em 1970. Norman Borlaug desenvolveu, na década de 1950, variedades de trigo semianãs com altas taxas de produção, obtidas principalmente pela alta taxa fotossintética em presença de nitrogênio em abundância.

## Programas de melhoramento vegetal

Um bom programa de melhoramento começa com um planejamento detalhado e com a definição clara dos objetivos a médio e longo prazos. Acompanhe, a seguir, um resumo das principais etapas do planejamento.

- **Objetivos:** definir, por exemplo, se o melhoramento será para aumentar a adaptação de uma espécie à seca ou para a resistência a determinada praga.
- **Avaliação:** a nova variedade deve ter boa aceitação pelos consumidores ou deve possuir níveis equivalentes de produção.
- **Flexibilidade:** o programa deve permitir ajustes de objetivos em função, por exemplo, de mudanças na demanda do mercado, já que o desenvolvimento de variedades novas pode durar cerca de dez anos.
- **Revisão bibliográfica:** uma extensa revisão, inclusive em bancos de dados de depósitos de patentes, deve ser realizada de forma a poupar esforços e duplicidade de experimentos.
- **Conhecimento de campo:** o melhorista deve conhecer a realidade da espécie-alvo do ponto de vista do produtor e dos órgãos dedicados a programas de melhoramento, como os bancos de **germoplasma** mantidos em centros de pesquisa, como universidades e Embrapa.
- **Escolha da matriz:** o melhorista deve escolher cuidadosamente o germoplasma que será sujeito ao programa de melhoramento

### Germoplasma

Refere-se ao material genético de uma espécie, incluindo seus tipos silvestres e domesticados. Alguns autores preferem o termo "introdução *in vitro* de germoplasma" ao termo "introdução *in vitro* de plantas", porque o primeiro é mais amplo, visto que inclui introdução de sementes, grãos de pólen e células.

(germoplasma elite) e outro, secundário, que também possua as características que se quer aprimorar para que sirvam de variabilidade genética suplementar ao programa.

- **Centro de origem:** o conhecimento sobre o(s) local(is) de origem de determinada espécie é importante como fonte de variabilidade genética. É fundamental garantir a preservação desses centros, já muito reduzidos pela expansão das fronteiras agrícolas e dos centros urbanos, e a substituição gradativa das variedades nativas pelas modificadas.
- **Área de teste:** é importante escolher campos experimentais semelhantes àqueles de destino da nova variedade.
- **Escolha da metodologia:** existem diversos métodos de melhoramento, como veremos adiante, e a escolha deve passar pela cuidadosa análise dos pontos listados até aqui.

O geneticista russo Nicolai Vavilov realizou os primeiros trabalhos, na década de 1920, sobre a distribuição de espécies no mundo. Ele identificou regiões de grande diversidade isoladas por barreiras naturais (como montanhas ou desertos), as quais foram denominadas “centros de origem”.

W. L. Johansen, em 1903, estabeleceu importantes princípios que nortearam o processo de seleção e melhoramento vegetal. Trabalhando com feijões que produziam sementes de diferentes tamanhos (espécie autógama e, portanto, homozigótica para genes que controlam essa característica), Johansen observou que as progênie obtidas a partir de sementes grandes e aquelas obtidas a partir de sementes pequenas produziam sementes grandes e pequenas em proporções semelhantes. Assim, ele percebeu que essa característica (tamanho da semente) era controlada também por fatores abióticos; desse modo, a seleção não é eficiente. O termo “linha pura” foi definido como todos os descendentes de um único indivíduo (autofecundação). Com isso, uma vez selecionada uma linha pura, não adianta separar a progênie em função de determinada característica com o objetivo de continuar selecionando plantas com essa característica que está em homozigose, pois a variação restante em cada progênie não é de origem genética.

## Principais métodos de melhoramentos

Existem diversas técnicas que podem ser utilizadas para construir um programa de melhoramento. Algumas vão além do método convencional, que envolve apenas o cruzamento entre as espécies, e requerem o uso de laboratórios de pesquisa sofisticados.

- **Seleção de linha pura:** o melhorista escolhe, em geral numa população de espécie autógama (exemplo: alface, arroz e tomate), as plantas que apresentam o fenótipo desejado; depois, seleciona algumas gerações da progênie; a próxima etapa inclui os ensaios comparativos

O termo *variedade* é definido para um grupo de plantas com características distintas, uniformes e estáveis (por exemplo, resistência a determinada praga, cor das sementes e produção de grão). É usado como sinônimo de *cultivar*.

com outras variedades já existentes; finalmente, se a variedade selecionada cumprir os critérios desejados, é feita a multiplicação (não é criado um genótipo novo, apenas isolam-se os melhores já existentes).

- **Hibridação:** o melhorista realiza o cruzamento entre indivíduos geneticamente diferentes, tanto de espécies autógamas como de alógamas, ou seja, espécies com prevenção à autofecundação (exemplo: cacau, mandioca e milho).
- **Hibridação somática:** o objetivo é obter híbridos quando não for possível obter sementes viáveis pela hibridação sexual. O melhorista realiza cruzamentos interespecíficos e intergenéticos por meio da fusão de protoplastos (células vegetais que tiveram sua parede removida e são envoltas apenas pela membrana plasmática) de células somáticas.

Existem ainda diversos outros métodos de melhoramento, como o da população, o genealógico e o de geração precoce. Em cada um desses métodos, a seleção dos indivíduos ou populações que fornecerão as sementes é distinta; entretanto, a descrição desses métodos é complexa e foge ao escopo desta aula.

O melhorista pode ainda utilizar agentes mutagênicos físicos (como raios ultravioleta e radiação ionizante) e químicos (como gás mostarda e dimetilsulfato) em toda a planta ou em partes a fim de causar mutações aleatórias que podem ser benéficas ao programa de melhoramento.

## Biodiversidade e agricultura

O homem modificou drasticamente as espécies selvagens de acordo com nossas necessidades e paladar. Assim, a ideia poética de que comemos somente o que a natureza nos oferece é inapropriada e pode ofuscar nosso senso crítico. É fundamental que conheçamos plenamente a extensão das atividades humanas para que possamos continuar a aperfeiçoar técnicas agrícolas que garantam nossa sobrevivência e minimizar suas consequências para a biodiversidade do planeta.

Não é possível pensar que podemos estagnar nas atuais formas de manejo agrícola. Dependemos inteiramente da agricultura, pois, embora a taxa de crescimento populacional tenha caído substancialmente em muitas partes do globo, em termos absolutos a população total da América Latina, por exemplo, dobrou da década de 1960 para a de 1990 (de 210 para 430 milhões), e a previsão é de chegar a 650 milhões até o



ano 2020. Por essa razão, não podemos continuar nos descuidando dos ecossistemas naturais.

A preservação da biodiversidade não deve depender de atitudes altruístas para com outras espécies, embora esse seja um sentimento nobre. Quanto mais conseguirmos preservar os diversos ecossistemas com suas espécies, maiores serão nossas chances de sobrevivência, já que a manutenção da variabilidade genética é de grande valor estratégico em vários campos (relembre a Aula 1), incluindo a agricultura.

Não conhecemos o limite no qual a natureza perde sua capacidade de recuperação. E, na verdade, no momento em que conhecermos esse limite, é provável que tenhamos ido longe demais. As relações ecológicas são complexas e profundamente interdependentes. Ao removermos elementos de uma cadeia biológica, desencadeamos muitas vezes o rompimento dessa cadeia, que por sua vez pode causar o rompimento de outras, na forma de uma avalanche e com consequências similares. Nosso sucesso como espécie, portanto, depende de nossa possível capacidade de conscientização sobre essas questões em âmbito mundial. O registro fóssil, por exemplo, indica que temos cerca de 2.000.000 de anos e os crocodilos têm mais de 200.000.000 anos no planeta, o que nos leva a concluir que temos muito a fazer para favorecer nossa permanência aqui.

A atividade agrícola acarreta importantes impactos que precisam ser considerados e avaliados. A FAO (Food and Agriculture Organization) estima que 40% da superfície de terra do planeta sejam usados para agricultura. Por exemplo, a ampliação das áreas aráveis causa diretamente grande perda de diversidade biológica pela redução de ecossistemas naturais e indiretamente pelas atividades agregadas à agricultura:

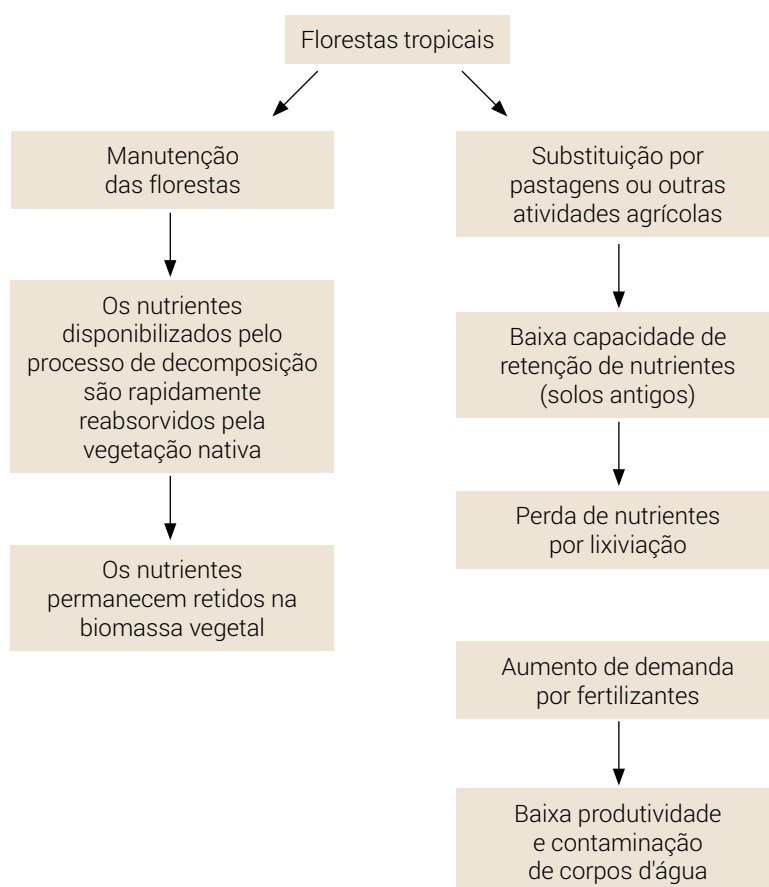
- grande consumo de água potável para irrigação (cerca de 70% dos gastos com água potável são com irrigação);
- contaminação de reservatórios de água doce por pesticidas e adubos;
- erosão;
- construção de estradas.

Cientistas do International Food Policy Research Institute (dos EUA) estimam que 75% das terras utilizadas pela agricultura na América Central, 20% das africanas e 10% das asiáticas estão degradados, o que causa a redução progressiva de áreas de vegetação nativa, à medida que novas áreas vão sendo destinadas à agricultura, e queda geral da

produção de alimentos, pois solos degradados demandam tempo e esforços para sua recuperação.

Entretanto, não podemos olhar a atividade agrícola como algo inerentemente nocivo, porém necessário à nossa sobrevivência, e que, como tal, não é passível de sofrer melhorias. Muito pelo contrário! A atividade agrícola é indispensável para o sucesso da humanidade e pode, e deve, ser mais bem manejada, numa busca crescente de sustentabilidade econômica e ambiental.

Veja, no fluxograma a seguir, o que ocorre com a ciclagem de nutrientes no solo de floresta com ou sem sua vegetação original.



**Figura 1:** Ciclagem de nutrientes em sistemas agrícolas e florestas tropicais.

Por que um solo antigo tende a perder mais nutrientes por lixiviação?

À medida que o solo vai sofrendo a ação do tempo, ele perde sítios de retenção e de troca de nutrientes, por exemplo, partículas de argila.

E são essas partículas que retêm eletricamente os nutrientes no solo. Do contrário, eles vão sendo perdidos pela ação da gravidade com as chuvas ou irrigação.

O fluxograma dá uma ideia da sequência de eventos decorrentes da substituição de floresta tropical – que possui solo antigo e, portanto, já passou por longo intemperismo – por agricultura, principalmente, a convencional. O mesmo impacto não ocorre quando da substituição das florestas temperadas, que, em geral, possuem solo menos antigo; sendo assim, mais nutrientes ficam retidos aí.

Não iremos abordar questões sociais relativas à agricultura, tampouco conseguiremos abordar todos os aspectos biológicos envolvidos na prática agrícola, pois são inúmeros, de grande complexidade e profundamente inter-relacionados. Apontaremos somente alguns elementos chave que foram repetidamente negligenciados nas práticas agrícolas. O primeiro, e que mais nos chama a atenção, é a devastação de áreas imensas para agricultura, sem o cuidado de manter áreas de vegetação nativa adjacente como reserva e refúgio para a biodiversidade.

Entretanto, o impacto da agricultura vai além; é mais sutil, lento e progressivo. Veja a **Tabela 1**.

#### **Agricultura convencional**

Refere-se às técnicas de plantio da chamada revolução verde, iniciada na década de 1960. Essas técnicas incluem aração e gradagem do solo. O plantio direto não revolve o solo e mantém sua estrutura e uma camada de restos vegetais sobre ele.

**Tabela 1:** Agricultura e manejo ambiental

Atividade agrícola	Conflitos dentro do setor agrícola	Conflitos com outros setores	Soluções
<p>Utilização de grandes quantidades de fertilizantes e pesticidas, principalmente para agricultura intensiva.</p> <p>Aumento do cultivo em áreas marginais (periferia de cidades, ao longo de rodovias)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda do equilíbrio predador-presa.</li> <li>• Problemas fitossanitários (insetos resistentes e mais gastos com o controle de pragas).</li> <li>• Erosão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efeitos diretos e indiretos sobre a biota selvagem por causa dos níveis crescentes de biocidas nas águas.</li> <li>• Redução da pesca (contaminação de reservatórios de água e assoreamento).</li> <li>• Potencial contaminação da água potável (perigo para a população humana e os rebanhos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensificação da pesquisa de manejo utilizando controle biológico integrado.</li> <li>• Estabelecimento e fiscalização do uso de pesticidas (treinamento para uso adequado).</li> <li>• Aumento dos sistemas agro florestais. Análise das características do solo e das culturas agrícolas, otimizando a aplicação de fertilizantes.</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favorecimento das relações microrganismos-plantas que facilitam captação de nutrientes (FBN e micorrizas).</li> <li>• Apoio à criação e atuação de cooperativas agrícolas entre pequenos produtores que promovam o uso adequado da terra.</li> <li>• Recuperação de áreas degradadas, com ênfase nas matas ciliares.</li> </ul>

Depois do que vimos até agora, nós nos damos conta de que a atividade agrícola, como qualquer outra que destrói os ecossistemas naturais, acarreta forte impacto. Além disso, o aumento da população mundial e do nível de exigência das pessoas por produtos de qualidade demanda o aprimoramento crescente das técnicas agrícolas. Dessa forma, todo e qualquer aprimoramento é necessário e deve estar sujeito à avaliação de riscos e benefícios que norteiem sua utilização.

## Modernas técnicas de melhoramento vegetal

O melhoramento convencional tem, ao longo da história, modificado geneticamente as plantas cultivadas por meio de cruzamentos com plantas que apresentem as características desejadas. Você sabe, porém, que cruzamentos só podem ser realizados entre indivíduos da mesma espécie ou entre espécies próximas filogeneticamente e que as hibridizações somáticas fundem genomas inteiros. De que forma você imagina que o homem ampliou sua capacidade de melhorar plantas para servir melhor a suas necessidades? Se você pensou em transgênicos, acertou. Vamos debater um pouco mais esse tipo de melhoramento, para que você seja capaz de acompanhar criticamente a evolução da agricultura e possa contribuir para que seus futuros alunos também tenham essa capacidade.

Os organismos geneticamente modificados podem ser também transgênicos, caso a modificação genética tenha sido a inclusão de um gene exótico àquela espécie. Alguns OGM foram obtidos por meio da duplicação de genes da própria planta modificada; então, nesses casos, não cabe usar o termo “transgênico”.

## Métodos de transformação genética de plantas

As modernas técnicas da engenharia genética permitem driblar as limitações do melhoramento convencional. Podemos modificar o genoma de uma planta de forma controlada e independente da reprodução, a fim de obter variedades com características desejáveis. Essas plantas estão incluídas entre os chamados organismos geneticamente modificados (OGM), sobre os quais você certamente ouve com frequência.

Para a obtenção de uma planta geneticamente modificada, podemos introduzir um **transgene** em seu genoma. Esse transgene é incorporado, passando assim a fazer parte do material genético da planta. É importante frisar que esse processo não altera a constituição genética global do vegetal receptor; assim, um feijão transgênico continua sendo um feijão.

Para que se possa obter uma planta transgênica, são necessárias três etapas: obtenção do gene a ser incorporado, introdução do gene de interesse na planta receptora e regeneração da célula transformada.

### Transgene

Gene exógeno incorporado artificialmente ao genoma de um organismo por meio de técnicas de Engenharia Genética.

## 1 - Obtenção do gene a ser incorporado

As sequências de DNA que correspondem aos genes responsáveis por conferir os fenótipos desejados ocorrem naturalmente e deverão ser isoladas dos demais genes dos organismos doadores. Esse isolamento é efetuado com a utilização de técnicas de **clonagem molecular**.

## 2 - Introdução do gene de interesse na planta receptora

A introdução pode se dar por diferentes métodos, dependendo da espécie vegetal e do objetivo da transformação. Os métodos atualmente utilizados são: transformação mediada pelas espécies bacterianas *Agrobacterium rhizogenes* e *A. tumefaciens* e por métodos diretos – a bio-balística, a eletroporação, a microinjeção e a cultura de plasmídeos com protoplastos.

A seguir, você verá como são efetuadas algumas dessas transformações.

### Transformação mediada por *Agrobacterium tumefaciens*

As agrobactérias são microrganismos que vivem no solo e têm naturalmente capacidade de penetrar em algumas espécies vegetais, principalmente dicotiledôneas, causando doenças que na maioria das vezes não geram danos severos às plantas nem constituem problemas econômicos sérios à agricultura.

*Agrobacterium tumefaciens* é o agente etiológico da galha-da-coroa, uma doença de plantas nas quais células vegetais infectadas adquirem a propriedade de se multiplicar de maneira autônoma, sem a necessidade de estímulos externos.

Estudos visando à elucidação das causas da galha-da-coroa concluíram que o surgimento da galha é, na realidade, o resultado de um processo natural de transferência de genes da bactéria para a célula vegetal, a qual passa a sintetizar substâncias que estimulam a divisão celular no sítio de infecção.

Foi descoberto também que a capacidade de infectar células vegetais está associada à presença, nas agrobactérias, de um **plasmídeo** conhecido como plasmídeo Ti (do inglês *tumor-inducing*).

Moléculas de sinalização liberadas pela planta ativam genes que estão localizados na região de virulência (região *vir*) do plasmídeo Ti. Proteínas codificadas pelos genes da região *vir* promoverão a transferência de outra região do plasmídeo Ti, T-DNA, para o núcleo da célula vegetal. Uma vez no núcleo da célula, o T-DNA é integrado ao genoma vegetal, onde é expresso de forma estável.

A demonstração de que a causa da proliferação celular da galha é a transferência de informação genética da bactéria para a célula vegetal, feita por Chilton e sua equipe em 1977, foi o ponto de partida para pesquisas

---

#### Plasmídeos

São moléculas de DNA circulares, extracromossômicas, que possuem capacidade de replicação autônoma, independente do cromossomo da bactéria.

---

intensivas visando à utilização desse sistema natural de transferência de genes para a obtenção de plantas geneticamente modificadas.

Na transformação mediada por *Agrobacterium*, as bactérias contendo o gene de interesse são cultivadas juntamente com explantes com potencial regenerativo, como segmentos de folhas jovens, embriões zigóticos, entrenós, cotilédones etc. Assim, as bactérias infectam o tecido vegetal, iniciando o processo de transferência e transformação do genoma da planta. A seguir, o tecido é cultivado em meio de regeneração contendo antibiótico para eliminação da *Agrobacterium* e um agente seletivo para identificar as células transformadas.

### Transformação por biobalística

Esta técnica, desenvolvida por Sanford e colaboradores em 1992, consiste no uso de partículas diminutas (1,0 a 1,5mm) de tungstênio ou ouro que são revestidas com DNA a ser transferido.

As partículas podem ser aceleradas por agentes, como uma onda de choque elétrico; esses agentes imprimem força suficiente para que elas penetrem na camada exterior das paredes das células de um tecido alvo; assim, se certa quantidade de DNA das partículas é levada até o núcleo das células do tecido alvo, o núcleo pode incorporar o novo DNA.

O aparelho responsável por gerar a onda de choque é denominado acelerador de micropartículas. Todo o processo ocorre no interior de uma câmara sob vácuo, para evitar a desaceleração das partículas causada pelo ar.

Uma das principais vantagens da biobalística é a eficiência na transformação de Gymnospermas e Angiospermas monocotiledôneas, o que não é observado na transformação por meio de *Agrobacterium sp.*

### Transformação por eletroporação de protoplastos

Consiste na indução de poros na membrana celular de protoplastos por meio de pulsos elétricos de alta voltagem. Os poros permitem a entrada do vetor de transformação contendo o gene de interesse para o interior da célula e fecham-se novamente terminada a aplicação do pulso elétrico. A grande vantagem desse método é que o tecido é regenerado a partir de uma única célula; a maior dificuldade é a obtenção de uma nova planta a partir de um protoplasto. Essa técnica tem sido altamente



utilizada na observação da expressão transiente, que é a expressão do gene exógeno sem que ele tenha sido incorporado ao genoma, permitindo, assim, testar a funcionalidade de uma construção gênica sem a necessidade de obter uma planta transgênica (BRASILEIRO; CANÇADO, 2000).

### 3 - Regeneração da célula transformada

Nessa etapa do processo, as plantas transformadas são regeneradas *in vitro*, por meio da cultura de tecido. As plantas regeneradas são posteriormente aclimatadas. O resultado da transformação, conforme descrevemos até agora, é um organismo geneticamente modificado cuja característica adquirida passa a ser hereditária.

### Plantas geneticamente modificadas na agricultura

A comercialização de plantas geneticamente modificadas começou em meados da década de 1990, com o tomate de maturação lenta e a soja resistente ao herbicida glifosato. Atualmente, as lavouras transgênicas mais plantadas no mundo são as de soja, algodão, milho e canola resistentes ao glifosato. Esse herbicida é conhecido como *Roundup*, e as plantas são denominadas *Roundup Ready* (RR).

Outras plantas transgênicas atualmente no mercado são o milho *Bt* e o algodão *Bt*. Essas plantas receberam gene de uma bactéria que produz substâncias tóxicas para insetos e se tornaram letais para essas criaturas que se alimentam delas. A sigla *Bt* vem de *Bacillus thuringiensis*, bactéria da qual se extraiu o gene de interesse. Além delas, existem também as plantas transformadas para resistir a vírus e fungos. Características que aumentam a qualidade nutricional dos alimentos tornaram-se progressivamente mais importantes e deverão prevalecer nas próximas gerações de OGM. Como exemplos, podemos citar a canola e a soja, cuja composição lipídica foi alterada para diminuir o possível efeito do óleo no nível de colesterol no organismo humano. Além dessas, há também o arroz rico em caroteno (*golden rice*) para prevenir a avitaminose A, deficiência que causa cegueira noturna. Não podemos nos esquecer das plantas que podem ser usadas como vacinas – por exemplo, contra as diarreias virais.

## Principais pesquisas com transgênicos no Brasil

A Embrapa começou a investir em biotecnologia na década de 1980 e continua a desenvolver a maior parte das pesquisas no país. Em Brasília, na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, foi montada a primeira equipe de pesquisadores trabalhando com clonagem de genes e desenvolvimento de tecnologias para a obtenção de plantas geneticamente modificadas. Atualmente, além da Embrapa, diversos laboratórios em universidades federais e estaduais e empresas privadas trabalham no país com plantas geneticamente modificadas.

Veja, a seguir, alguns exemplos de pesquisas que estão sendo efetuadas.

### Alface

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia está investindo na produção de alface transgênica com as seguintes propriedades:

- gene para resistência ao fungo do gênero *Sclerotinia*, causador da podridão da alface. Esse fungo é responsável também pelo mofo branco, doença que ataca de forma bastante nociva o feijão e a soja, entre outras 60 culturas agrícolas;
- planta-vacina transgênica para combater a leishmaniose (em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG). Essa tecnologia consiste na introdução do gene da proteína Lack (antígeno da leishmaniose) em plantas de alface e tem como objetivo fazer com que as pessoas se tornem imunes à enfermidade com a simples ingestão de cápsulas contendo a hortaliça seca e pulverizada;
- alface contra a diarreia infantil.

### Feijão

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão, já possui, desde 2000, plantas transgênicas de feijão com resistência ao vírus do mosaico dourado. Essa doença pode causar perda de até 100% da produção quando atinge a plantação na fase inicial. Os experimentos de campo se iniciaram em abril de 2004 e foram retomados em 2005.

### Batata

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em parceria com a Embrapa Hortaliça, a Universidade Federal de Pelotas, o Instituto de Ingeniería Genética Y Biotecnología (Ingeb, da Argentina) e o Centro Brasileiro-Argentino de Biotecnología, desenvolveu variedades

geneticamente modificadas de batatas resistentes aos vírus Y e PLRV. O primeiro causa mosaico e enrugamento de folhas; o segundo provoca o enrolamento. Juntos, esses vírus podem causar 100% de perda da produção.

### **Mamão**

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em parceria com a Embrapa Mandioca e Fruticultura, desenvolveu um tipo de mamão resistente ao vírus da mancha anelar, que prejudica seriamente a produção dessa fruta no Brasil, pois reduz o tamanho das folhas, diminuindo, portanto, a capacidade fotossintética das plantas; a consequente redução de seu crescimento causa perda significativa na produção. As plantas transformadas de mamão estão prontas para ser testadas no campo.

### **Tomate**

Estão sendo implementadas pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia pesquisas visando à transformação genética que tornaria o tomate resistente ao grupo dos geminivírus. Essa praga vem inviabilizando o cultivo do tomate em várias regiões brasileiras. O gene já foi isolado, e a pesquisa encontra-se na fase de construção de vetores.

### **Soja**

Variedades de soja geneticamente modificada para resistência a herbicidas já estão desenvolvidas e prontas para serem testadas no campo. A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em parceria com a Embrapa Soja, vem desenvolvendo pesquisas para a produção de soja modificada, a fim de expressar o hormônio do crescimento. Esse estudo visa baratear a produção desse hormônio, o qual é inacessível à maioria da população por ser muito caro.

A Embrapa desenvolveu uma variedade de soja contendo o gene de um anticorpo que pode ser eficaz na prevenção de vários tipos de câncer. Os genes já foram inseridos e já existem sementes transformadas.

A retirada do fitato, um composto orgânico que, entre outros fatores, imobiliza o fósforo, fazendo com que não seja aproveitado na alimentação, cria uma variedade de soja que, além do benefício nutricional, contribui para a redução do teor de fósforo encontrado nas fezes de frangos e suínos, um dos fatores de contaminação do meio ambiente. As plantas transgênicas de soja sem o fitato já estão sendo geradas, e a ideia é estender essa tecnologia para as plantas de feijão, que também contêm esse fator.

Estão sendo realizadas também pesquisas para desenvolver plantas de soja resistentes a cerca de seis doenças causadas por fungos e bactérias que atacam essa cultura. As plantas já foram transformadas e estão sendo encaminhadas para a Embrapa Soja para testar sua resistência em laboratório.

Estão sendo implementadas pesquisas para o desenvolvimento de soja tolerante à seca a partir de um gene isolado na Universidade Federal de Viçosa (UFV). O objetivo é produzir plantas que resistam ao período de duração da chamada “seca verde”, entre três e quatro meses. O gene já foi testado em tabaco e permitiu que a planta se desenvolvesse normalmente durante quatro meses sem água.

A Embrapa está firmando parceria com a Universidade Federal do Ceará para realizar a introdução desse gene em outras espécies, como o feijão-de-corda. Se for viável, a tecnologia será estendida a outras culturas agrícolas que sofrem com o fenômeno da seca e com os veranicos que atingem várias regiões do Brasil.

### Algodão

Estão sendo desenvolvidas pela Embrapa plantas de algodão modificadas para que tenham resistência a herbicidas, insetos, doenças fúngicas e bacterianas.

### Eucalipto

Pesquisadores da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP) estão estudando uma variedade geneticamente modificada de eucalipto. Essa variedade teve um gene de ervilha inserido em seu código genético e, como consequência, poderá produzir mais biomassa, levando à maior produção de celulose.

## Segurança de alimentos geneticamente modificados

Para que plantas ou outros organismos geneticamente modificados possam ser comercializados para emprego na alimentação, são necessários diversos estudos prévios para atestar sua segurança. Deve ser analisado o risco que essa planta pode oferecer e, quando necessário, devem ser selecionadas opções apropriadas de prevenção e controle.

Os procedimentos para avaliação de segurança de alimentos devem ser discutidos de forma consistente e consensual entre os especialistas mundiais por meio do **Codex Alimentarius**.

### O Codex Alimentarius

É um programa conjunto da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) e da Organização Mundial da Saúde (OMS). Trata-se de um fórum internacional de normalização sobre alimentos que tem a finalidade de proteger a saúde da população.

A segurança de um alimento é determinada pela garantia de que ele não causará nenhum dano à saúde do consumidor quando preparado e/ou consumido de acordo com seu uso intencional.

A avaliação da segurança alimentar deverá ser efetuada sempre que mudanças forem introduzidas no processo pelo qual um alimento é obtido ou um novo processo for introduzido.

No caso de organismos geneticamente modificados, a avaliação de segurança é efetuada por meio de comparação do produto final com um produto que tenha padrão de segurança já determinado, geralmente o análogo convencional, quando existir.

O parágrafo anterior baseia-se no conceito da equivalência substancial, o qual prega que, se um alimento ou ingrediente alimentar derivado dos recentes avanços em biotecnologia for considerado substancialmente equivalente a um alimento ou ingrediente alimentar convencional, poderá ser considerado tão seguro quanto este.

A equivalência substancial entre uma planta geneticamente modificada e sua análoga convencional é estabelecida por meio da comparação genética, morfológica, agrônômica (plantá-la em diferentes locais por diversas gerações e submetê-la a diferentes estresses) e química entre as duas.

Quando o OGM e/ou seu derivado não são substancialmente equivalentes ao análogo convencional, não existem características bem determinadas para focar a avaliação de segurança alimentar. Nesse caso, é necessária uma avaliação extensiva de segurança, que depende da natureza do OGM e/ou derivado.

## Os OGM e o meio ambiente

Os organismos geneticamente modificados podem representar uma importante opção no combate à poluição e ao desmatamento. Como vimos na aula anterior, a agricultura representa um forte agente de impacto ao meio ambiente, tanto pela redução dos ecossistemas por desmatamento quanto por poluição e eutrofização, sem falar no alto consumo das reservas de água potável do planeta.

Ao pensar nesses fatores de impacto, você provavelmente já está pensando de que forma a tecnologia do DNA recombinante pode ajudar a mitigar esses impactos. Veja a seguir:

- A inclusão de genes resistentes à seca poderá diminuir a demanda por irrigação.
- A inclusão de genes que favoreçam as associações planta-microrganismo, a exemplo das micorrizas e rizóbios, de forma a diminuir a demanda por adubação.
- O desenvolvimento de plantas mais eficientes na descontaminação do solo por agrotóxicos, metais pesados e derivados de petróleo.

Entretanto, devemos refletir também sobre alguns dos possíveis riscos ao meio ambiente, como:

- transferência gênica vertical e horizontal entre os microrganismos;
- impacto sobre os microrganismos no solo responsáveis pela ciclagem de carbono, nitrogênio e nutrientes, em razão de mudanças nas relações ecológicas entre os microrganismos;
- efeito sobre a saúde de vertebrados: a ação dos OGM no ambiente é pouco conhecida; portanto, é fundamental para que sejam aumentados os esforços da pesquisa na área, incluindo o monitoramento ambiental.

### **Roteiro de ação: Biotecnologia na agricultura: benefícios ou malefícios**

Nesse roteiro de ação propomos uma atividade em grupo em que os alunos deverão refletir sobre os malefícios ou benefícios do uso de biotecnologia no campo, por meio da análise e debates de vídeos, pesquisas e apresentações.





## Roteiro de ação 3

### Seleção Artificial

#### Informações básicas:

<b>Roteiro de ação:</b>	Seleção artificial
<b>Duração prevista:</b>	100 minutos
<b>Área de conhecimento:</b>	Biologia
<b>Assunto:</b>	Seleção artificial
<b>Objetivos:</b>	Apontar benefícios e prejuízos da adaptação de espécies animais e vegetais aos interesses humanos.
<b>Pré-requisitos:</b>	nenhum
<b>Organização da classe:</b>	Grupos de cinco a sete alunos
<b>Descritores associados:</b>	<p><b>H8</b> – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.</p> <p><b>H11</b> – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.</p> <p><b>H12</b> – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.</p> <p><b>H29</b> – Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.</p>

Esse roteiro é uma adaptação do roteiro disponível no site do Centro de Referência Virtual do Professor, em: [http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv/index.aspx?id\\_projeto=27&id\\_objeto=42942&tipo=ob](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.aspx?id_projeto=27&id_objeto=42942&tipo=ob)

### Seleção artificial

A atividade consiste na discussão, em pequenos grupos, de questões relacionadas à seleção artificial de organismos de interesse humano. Após a discussão nos grupos, sugerimos a realização de um debate com toda a turma.

A prática de melhoramento genético é utilizada há muito tempo. Inicialmente, o homem realizava cruzamentos entre variedades animais e vegetais que apresentavam características que interessavam a ele. Essa seleção artificial originou variedades de interesse alimentar, comercial e industrial. Veja alguns exemplos:

- Aprimoramento de gado de corte ou leiteiro, muito mais produtivo que antigamente.
- Cruzamento de cavalos e jumentos para produção de híbridos utilizados para serviços de tração.
- Produção de frutas sem sementes.

Esses e outros exemplos levantam a possibilidade de discussão sobre questões polêmicas que envolvem o tema:

1. De que forma a seleção artificial e a prática de melhoramento genético de espécies úteis contribuem para o bem-estar da espécie humana?
2. A seleção artificial pode levar ao surgimento de organismos com pouca variabilidade genética. Populações de indivíduos com menor variabilidade genética têm menores chances de sobreviver a alterações ambientais? Por quê?
3. Há limites para a manipulação genética?
4. De que modo a biotecnologia pode contribuir para amenizar a fome no mundo?

Professor, professora, os avanços produzidos no campo da biotecnologia apontam para a necessidade de discussões sobre suas implicações éticas, morais e sociais. Para tal, são sugeridas algumas questões. Contudo, elas não esgotam o tema. Fique à vontade para incluir outros exemplos e questões que podem ser interessantes para a realização da atividade.





## Roteiro de ação 4 Transgênicos

### Informações básicas:

<b>Roteiro de ação:</b>	Transgênicos
<b>Duração prevista:</b>	100 minutos
<b>Área de conhecimento:</b>	Biologia
<b>Assunto:</b>	Transgênicos
<b>Objetivos:</b>	Discutir os argumentos favoráveis e contrários ao cultivo e uso de transgênicos e suas implicações para a saúde e o meio ambiente.
<b>Material necessário:</b>	Programa Cidades e Soluções, da GloboNews (Episódios 1 e 2 - Série especial sobre transgênicos) e datashow.
<b>Organização da classe:</b>	Disposta em semicírculo para assistir ao documentário e discutir as questões.
<b>Descritores associados:</b>	<p><b>H3</b> – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum ao longo do tempo ou em diferentes culturas.</p> <p><b>H4</b> – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.</p> <p><b>H8</b> – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos envolvidos neles.</p> <p><b>H11</b> – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.</p> <p><b>H12</b> – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.</p> <p><b>H29</b> – Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.</p>

A série especial do programa Cidades e Soluções sobre transgênicos foi exibida pelo canal GloboNews e traz à discussão os prós e contras de sua utilização. Esse tema é excelente oportunidade para a realização de um trabalho multidisciplinar, uma vez que envolve questões relacionadas a saúde, meio ambiente, economia, legislação e segurança alimentar, dentre outros.

O vídeo está dividido em duas partes:

Parte 1 - <https://www.youtube.com/watch?v=Ro28L4sXk7s&t=140s>

Parte 2 - <https://www.youtube.com/watch?v=NrL-RZEbOZE>

Após a exibição do vídeo, proceda à realização de debate sobre argumentos favoráveis e contrários ao cultivo e uso de transgênicos e suas implicações para a saúde e o meio ambiente.

**Questões para nortear o debate sobre o documentário:**

*1) Quais são os principais argumentos dos cientistas em relação à defesa dos alimentos transgênicos?*

*2) Por que muitas pessoas ainda têm resistência a consumir alimentos transgênicos?*

*3) A introdução de genes de outros organismos em células de plantas abriu a possibilidade de mudar o modo como a agricultura é feita. Comente esse assunto.*

*4) Discuta a influência da indústria de alimentos na regulamentação de leis que versam sobre o uso de transgênicos.*

*5) Discuta a falta de acesso da população brasileira a informações sobre transgênicos.*



## Roteiro de ação 5

### Genes e patentes

#### Informações básicas:

<b>Roteiro de ação:</b>	Genes e patentes
<b>Duração prevista:</b>	100 minutos
<b>Área de conhecimento:</b>	Biologia
<b>Assunto:</b>	Biotecnologia: genes e patentes
<b>Objetivos:</b>	Estabelecer, a partir da leitura de um texto e de pesquisas em ambientes virtuais, conceitos relativos aos genes e a algumas doenças genéticas. Entender como são estabelecidas patentes relativas à biotecnologia.
<b>Pré-requisitos:</b>	Nenhum
<b>Material necessário:</b>	Estudo dirigido
<b>Organização da classe:</b>	Grupos de dois ou três alunos
<b>Descritores associados:</b>	<p><b>H2</b> – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.</p> <p><b>H3</b> – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.</p> <p><b>H11</b> – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.</p> <p><b>H19</b> – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.</p> <p><b>H29</b> – Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.</p>

**Comentários para o professor**

Professor, o texto é um pouco grande e precisará de mediação para que os alunos não dispersem. Sugerimos que você leia o texto junto com eles, aproveitando para resolver as dúvidas de vocabulário que aparecerem.

**Texto para os alunos:****Entenda como funciona o registro de patentes de genes no Brasil**

*Carolina Vilaverde - 21 de agosto de 2013*

Quando Angelina Jolie contou, meses atrás, que havia se submetido a uma mastectomia dupla – uma cirurgia que remove completamente a mama – para se prevenir de um provável câncer, os genes BRCA1 e BRCA2 viraram centro de discussão intensa nos Estados Unidos. A presença de mutação nesses dois genes aumenta o risco do câncer de mama e de ovário. Fazer um exame para descobrir se a mulher tem os genes alterados, então, é uma arma importante de prevenção. Mas, nos EUA, o BRCA1 e o BRCA2 foram patenteados pela Myriad Genetics, uma empresa de biotecnologia que explorava sozinha os exames que poderiam prever essa situação. Resultado: o acesso ao exame era dificultado pelo alto preço que a empresa cobrava, algo em torno de 3 mil dólares. Mas essa realidade deve mudar. A Suprema Corte dos Estados Unidos decidiu no meio do ano que empresas não podem mais patentear genes humanos, contrariando 30 anos de concessões de patentes genéticas no país.

“O que achei interessante dessa decisão é que a questão chegou à Suprema Corte norte-americana por ação de diversas organizações contra a empresa Myriad, porque não queriam a comercialização, não queriam que uma única farmacêutica tivesse a exploração dos genes. Entendo que o mercado de biotecnologia saiu ganhando por ter mais

possibilidade de pesquisa e inovação. A ideia é que, com essa decisão, o acesso para testes na área de genética aumente, assim como as pesquisas dos cientistas”, afirma Andreia de Andrade Gomes, especialista em propriedade intelectual e sócia da TozziniFreire Advogados do Rio de Janeiro.

Agora, você sabe o que a lei brasileira fala sobre esse tipo de patenteamento? Andreia explica que a Lei de Propriedade Industrial (LPI) parte da mesma interpretação que a Suprema Corte dos EUA. Ou seja, não admite o patenteamento de seres vivos ou de parte deles. “Genes naturais não são considerados uma invenção, são uma mera descoberta”, diz. Para algo ser considerado uma invenção no Brasil, é preciso atender a alguns pré-requisitos: novidade, atividade inventiva ou aplicação industrial.

Na prática, isso quer dizer que, mesmo que você consiga isolar um gene do DNA, é preciso processar essa descoberta, fazer alguma intervenção humana antes de pedir o patenteamento. Por esse motivo, genes sintéticos não estão submetidos às mesmas regras que os genes naturais e podem ser patenteados, porque são criados em laboratórios.

O direito de exclusividade da exploração dessa invenção também pode ser solicitado. No Brasil, esse período de exploração exclusiva é de 20 anos. “O direito de propriedade intelectual tem que ser, sim, preservado, porque existe um grande investimento. São anos de pesquisa e investimento. E isso dá segurança jurídica para que a empresa tenha retorno durante certo período. Depois está disponibilizado pra quem quiser”, afirma Andreia.

Texto disponível em: <https://super.abril.com.br/blog/supernovas/entenda-como-funciona-o-registro-de-patentes-de-genes-no-brasil/>

**Discuta essa temática com seus alunos! Motive-os a construir uma visão crítica dos processos tecnológicos que estão por trás da produção industrial, por exemplo.**

### Questões para discutir com os alunos

- 1) Discuta a relação entre preço do exame e a quebra das patentes.*
- 2) O que significa patentear? Discuta com seu grupo as questões éticas implicadas nas patentes de seres vivos.*
- 3) No Brasil tivemos a quebra das patentes dos remédios para tratamento de Aids em 2007. Pesquise a importância disso para a saúde pública brasileira.*
- 4) Como a tecnologia pode auxiliar a prevenção de doenças?*
- 5) Como os genes BRCA1 e BRCA2 estão envolvidos com o câncer de mama?*
- 6) Você conhece alguma mulher que tenha tido câncer de mama? Compartilhe a experiência com seus colegas.*



## Roteiro de ação 6

### Biotecnologia na agricultura

#### Informações básicas:

Roteiro de ação:	Biotecnologia na agricultura: benefícios ou malefícios
Duração prevista:	100 minutos
Área de conhecimento:	Biologia
Assunto:	Biotecnologia
Objetivos:	Debater o uso da biotecnologia na agricultura
Material necessário:	Datashow
Organização da classe:	Turma dividida em 4 grupos

## Biotecnologia na agricultura: benefícios ou malefícios?

### 1ª ETAPA: Introdução

Inicialmente, o professor fará uma introdução ao tema; para isso, ele:

1. Questionará os alunos da seguinte forma: “O que vocês entendem por alimentos transgênicos?”, “Vocês consomem algum tipo de alimento geneticamente modificado?” e “Qual(is)?”. As respostas deverão ser registradas na lousa, pois serão retomadas posteriormente.
2. Apresentação do vídeo Rotulagem dos transgênicos.  
Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/debaser/singlefile.php?id=13805>
3. Propor os mesmos questionamentos mencionados no item 1 após a exibição do vídeo e estimular os alunos a perceber as possíveis diferenças nas respostas.

### 2ª ETAPA: Desenvolvimento

Após a introdução, o professor irá dividir a turma em quatro grupos.

Cada um receberá um tema para pesquisar e preparar uma apresentação. Todas as equipes apresentarão suas pesquisas em seminários.

### Instruções para o seminário:

- O professor combinará o dia do seminário e o tempo que cada equipe terá para apresentar seu trabalho;
- Os trabalhos deverão conter introdução, desenvolvimento e conclusão;
- O tema deverá ser exposto por meio de slides;
- Os alunos deverão incluir notícias recentes sobre o tema em suas apresentações;
- Selecionar as principais informações a serem abordadas e não se limitar somente às fontes aqui apresentadas, buscando bibliografias confiáveis;
- Disponibilizar um momento para que os alunos da turma possam fazer perguntas e tirar possíveis dúvidas.

### Equipe 1: Desenvolvimento da biotecnologia vegetal

#### Sugestões para a pesquisa:

- Biotecnologia vegetal: introdução  
<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=30460>
- Biotecnologia e sustentabilidade  
<http://www.youtube.com/watch?v=DZUjekX-boc>
- Biotecnologia e agricultura  
<http://cib.org.br/biotecnologia/agricultura/>
- Biotecnologia sustentável  
[http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed\\_Biotecnologia\\_e\\_Deenvolvimento\\_Sustentavel\\_Marco\\_Reubes\\_Vitor.pdf](http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed_Biotecnologia_e_Deenvolvimento_Sustentavel_Marco_Reubes_Vitor.pdf)

#### Sugestões de aspectos a serem abordados pelos alunos:

- Como a biotecnologia influencia a agricultura?
- Como se deu o desenvolvimento da biotecnologia para a agricultura ao longo dos anos?



## Equipe 2: Benefícios da utilização da biotecnologia na agricultura para o meio ambiente

### Sugestões para a pesquisa:

- A biotecnologia na agricultura  
<http://www.docelimao.com.br/site/desintoxicante/cultura-organica/250-a-biotecnologia-na-agricultura.html>
- Análise funcional do genoma do arroz: o próximo desafio  
<https://cib.org.br/estudos-e-artigos/analise-funcional-do-genoma-de-arroz-o-proximo-desafio/>
- Biotecnologia promove sustentabilidade na agricultura  
<https://cib.org.br/biotecnologia-promove-sustentabilidade-na-agricultura/>
- Alguns benefícios da biotecnologia  
<https://cib.org.br/biotecnologia-contribui-para-reducao-da-emissao-de-gases-de-efeito-estufa/>

### Sugestões de aspectos a serem abordados pelos alunos:

- Onde podem ser encontrados os benefícios que a biotecnologia proporcionou à agricultura?
- Como a biotecnologia pode beneficiar a agricultura?

## Equipe 3: Críticas da biotecnologia na agricultura

### Sugestões para a pesquisa:

- Biotecnologia e agricultura no Brasil contemporâneo  
<https://pt.scribd.com/document/94583680/BIOTECNOLOGIA-E-AGRICULTURA-NO-BRASIL-CONTEMPORANEO>
- Críticas à biotecnologia agrícola  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-88392005000200009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392005000200009)
- Conheça as razões de quem é contra os transgênicos  
<http://www.terra.com.br/reporterterra/transgenicos/contrarios.htm>

**Sugestão de aspectos a serem abordados pelos alunos:**

- Apresentar as principais críticas à biotecnologia, apresentando argumentos fundamentados no estudo dos sites sugeridos.

**Equipe 4: Produção de transgênicos no Brasil****Sugestões para a pesquisa:**

- Brasil é um dos líderes na produção de transgênicos  
<http://noticias.terra.com.br/ciencia/interna/0,,OI436600-EI1434,00.html>
- Brasil é 2º no ranking na produção de transgênicos  
<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2014/02/brasil-e-o-2-pais-que-mais-cultiva-transgenicos-diz-estudo.html>
- Cresce a produção de transgênicos no Brasil  
<http://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/24127/cresce-a-producao-de-transgenicos-no-brasil.htm>

**Sugestão de aspectos a serem abordados pelos alunos:**

- Apresentar dados da produção de transgênicos no Brasil, utilizando texto e principalmente gráficos.

**Discussão**

Os alunos irão apresentar os seminários. Em seguida, com o intuito de estimular uma tomada de posição crítica por parte dos alunos, o professor deverá iniciar um debate com os seguintes questionamentos:

- Para vocês, a biotecnologia traz benefícios ou malefícios?;
- Somos devidamente informados sobre as implicações da ingestão de alimentos transgênicos?; e
- Como essa informação deveria ser passada para os consumidores?

**Sistematização**

Nesse momento, o conteúdo abordado deverá ser formalizado. Para isso, os alunos, juntamente com o professor, deverão elaborar uma cartilha com os principais benefícios e malefícios causados pela

biotecnologia e as ideias construídas no momento anterior quanto às informações sobre o assunto repassadas à população. Com a divulgação desse material na rede social, os alunos deverão convidar outros membros da comunidade escolar e fazer uma enquete a respeito do conhecimento deles a respeito das informações contidas na cartilha e quais ideias podem ser acrescentadas quanto à devida comunicação quando o assunto é alimento transgênico.



## Roteiro de ação 7

### Industrialização e modernização da agricultura

#### Informações básicas:

<b>Roteiro de ação:</b>	Industrialização e modernização da agricultura
<b>Duração prevista:</b>	200 minutos
<b>Área de conhecimento:</b>	Biologia
<b>Assunto:</b>	Biotecnologia
<b>Objetivos:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conhecer como o processo de industrialização interferiu na modernização da agricultura;</li><li>• Verificar como essa modernização interferiu na economia</li></ul>
<b>Material necessário:</b>	Datashow; laboratório de informática ou celulares com acesso à internet, material impresso.
<b>Organização da classe:</b>	Grupos de seis alunos

## A industrialização e a modernização da agricultura

### Atividade 1 – Uma abordagem sobre o tema

Para iniciar a discussão sobre a aula e tendo como objetivo despertar o interesse da turma para o tema proposto, o professor deverá passar o clipe de uma música.

Em seguida, ele irá ouvir o que a turma tem a dizer a respeito da música; após todos terem contribuído com suas ideias, o professor irá associar a música ao tema que será trabalhado e iniciar um debate a respeito da temática em questão. É interessante que o professor leve a letra da música impressa para a turma usar durante o debate.

Victor & Leo - *Deus e eu no sertão*

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=IWmmU2lxWsM>

A letra da música está disponível no sítio: <http://letras.terra.com.br/victor-leo/797038/>.

As questões a seguir poderão orientar o professor para o debate; elas poderão ser apresentadas para a turma antes da apresentação do clipe.

- Qual a temática apresentada pela música?
- Em algum momento da história a vida no campo foi como a música diz?
- Ocorreram transformações no campo? Quais?
- A partir da música, a que conclusões podemos chegar?

No momento do debate, o professor será o mediador, ouvindo as colocações da turma, incentivando os alunos a responder às questões, argumentando com eles e tentando tirar o máximo de ideias possível desse momento de troca.

## Atividade 2 – Pesquisa científica

Após ter instigado a curiosidade da sala para o tema, o professor irá propor que a turma se divida em grupos de seis alunos para fazer uma pesquisa científica sobre “a industrialização e a modernização da agricultura”, mas para isso é necessário que explique como fazer um projeto de pesquisa. Ele irá apresentar e explicar os seguintes passos:

- Tema: É o assunto que será abordado durante a realização da pesquisa;
- Delimitação do tema: A partir da temática geral, será escolhido um tema específico a ser trabalhado;
- Problema: Depois de definido o tema, levanta-se uma questão para ser respondida através de uma hipótese, que será confirmada ou negada pela pesquisa;
- Hipótese: É uma suposição que irá tentar responder o problema levantado no tema da pesquisa;
- Justificativa: Afirma a importância de estudar o tema;
- Objetivos: Vão determinar o que o pesquisador quer atingir;
- Metodologia: É a explicação detalhada de todos os caminhos para a realização da pesquisa;

- Cronograma: É a previsão de tempo que será gasto na realização do trabalho, de acordo com as atividades a serem cumpridas;
- Referências: São os documentos consultados para a realização da pesquisa;
- Resultados alcançados: É o trabalho final que irá conter todos os passos da pesquisa.

Em seguida, após o professor ter explicado como realizar uma pesquisa científica, ele irá orientar a turma para as atividades que os alunos deverão desenvolver durante a realização da pesquisa e apresentar como resultado final.

Para saber a opinião das pessoas a respeito do tema, os alunos irão elaborar um questionário com perguntas e opções de respostas. Para que várias pessoas participem, eles irão divulgar para os colegas da escola e em suas redes sociais.

Os grupos deverão elaborar uma paródia a respeito do tema.

Os grupos deverão montar um curso em vídeo com imagens sobre a temática usando a paródia elaborada pelo grupo como música de fundo.

**Para saber mais:**

O link e tela abaixo mostram como elaborar um questionário (quiz).

Disponível em:  
<http://www.youtube.com/watch?v=AajapREMPV8>.

**Para saber mais:**

Como fazer um vídeo?

Disponível em:  
<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/conteudoJornal.html?idConteudo=387..>

### Atividade 3 – Realizando a pesquisa

Em seguida, os grupos irão iniciar a pesquisa; com o tema geral em mãos, é necessário que eles conheçam o assunto que será trabalhado. Para isso, irão realizar uma pesquisa bibliográfica em livros, internet, revistas e outros.

Para realizar a pesquisa, os alunos deverão estar atentos às seguintes questões:

- Como era a agricultura antes do início da industrialização?
- De que forma a industrialização interferiu na agricultura?
- Como ocorreu esse processo?
- O que ocasionou na vida das pessoas envolvidas?
- Como esse processo interferiu na economia?
- Quais regiões brasileiras foram pioneiras nesse processo?

Após pesquisa e leitura da bibliografia, os grupos irão continuar o trabalho.

Delimitando o tema: para conseguir delimitar o tema os grupos deverão pensar em algumas questões:

- Como ocorreu o processo de industrialização?
- Como ocorreu o processo de modernização do campo?
- Como a industrialização interfere na modernização do campo?
- Todas as regiões do Brasil vivenciam esse processo de modernização do campo?

Em seguida, os grupos terão que definir o problema, a hipótese, a justificativa e os objetivos; para isso, deverão analisar as questões anteriores.

Para definir a metodologia, os grupos devem saber que ela consiste dos caminhos que eles seguirão para a realização da pesquisa e para alcançar os resultados finais.

O cronograma deve ser estabelecido conforme o prazo que o professor der para realizar a pesquisa; os resultados finais são elaborados passo a passo junto com a pesquisa.

## Atividade 4 – Apresentação dos resultados

Os grupos deverão apresentar o questionário, o vídeo com a paródia e a apresentação de slides para o professor e colegas da turma.

Após as apresentações, o professor irá abrir para um debate; todos os alunos poderão contribuir para a troca de ideias e falar sobre sua compreensão a respeito do tema.

Em seguida, o professor irá fazer o fechamento das ideias, ampliando um pouco mais a discussão e apresentando seu conhecimento a respeito do tema abordado.

Após as apresentações os grupos postarão os vídeos no Youtube.

## Avaliação

O processo de avaliação será no decorrer das aulas, durante a realização das atividades; o professor irá avaliar os alunos nos seguintes aspectos: compromisso no desenvolvimento das tarefas; envolvimento com a pesquisa; participação; comunicação; interação com o outro; forma como os alunos conseguem expor suas ideias nos grupos e no debate; apresentação do vídeo; e apresentação final.

## A trajetória do desenvolvimento sustentável e outras alternativas

Toda economia e riqueza sociais são decorrentes do uso dos recursos naturais pelo ser humano. Esse uso tem trazido uma série de consequências adversas para a própria espécie. Por que agimos assim? Por que só depois de experimentarmos as dores dos acidentes ambientais e de sofrermos epidemias e outros danos nos reunimos para tentar mudar nosso modo de agir? Talvez uma resposta, mas não uma justificativa, esteja no entendimento do nosso comportamento diante de situações de escassez e de abundância de recursos.

### Escassez *versus* abundância

Na sua opinião, poderíamos pensar na nossa vida como uma mistura de sonho e de realidade, de vontades, de ações e de dúvidas? Para começar esta aula, acho que vale a pena refletir sobre como é a nossa vida e o que fazemos dela. Nosso modo de viver é sustentável? Valorizamos o que é abundante ou o que está escasso? Que recursos são necessários para vivermos? Até quando disporemos de tais recursos?

Após essas reflexões, pense na vida como se ela fosse aquela estrada da qual falamos em aulas anteriores. O que vemos nesse caminho? O que está à nossa volta? Elementos que constituem a base de sustentação da nossa vida – como água, energia e nutrientes – estão presentes na natureza, mas estamos consumindo esses elementos de forma não sustentável. Isso significa que, mais cedo ou mais tarde, vamos encontrar dificuldades para nos manter na estrada, tornando inviável a vida no planeta para as futuras gerações.

O avanço do conhecimento e da tecnologia cria novas necessidades, pois a cada descoberta, a cada novo objeto que chega ao mercado, é estimulado o desejo de adquiri-lo. Segundo dados do IBGE, apenas 20% da população têm acesso a computadores, mas muitos gostariam de ter um, não é mesmo? Trata-se de uma necessidade criada a partir do desenvolvimento tecnológico. Podemos dizer que esse equipamento facilita a execução de algumas tarefas, mas ele é essencial na nossa vida? O fato é que a criação de novas necessidades nas sociedades modernas parece não ter fim.



Alguns estudos têm tentado estimar a suficiência dos recursos naturais para a manutenção das populações presentes e futuras. Entretanto, nenhum deles pode ser considerado definitivo. Há muitas coisas que não sabemos a respeito da capacidade e das exigências que virão. O que todos os estudos concluem é que ainda não há falta exacerbada de recursos, mas sim sua má administração, porque muitos problemas vivenciados na atualidade têm origem na distribuição desigual de riquezas. A desigualdade social é uma marca específica da sociedade brasileira, mas parece que somos o único país do mundo que está já há três décadas no pódio do **Índice de Gini**.

Em setembro de 2000, na Cúpula do Milênio promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU), alguns líderes de países desenvolvidos e chefes de Estado de 189 países, entre eles o Brasil, discutiram a gravidade do estado social de muitos países do mundo e definiram oito objetivos que apontam ações para a superação da pobreza em áreas prioritárias. Tais objetivos, chamados de Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, apresentam metas detalhadas em indicadores que deveriam ser alcançadas. O Objetivo 7 era assegurar a sustentabilidade ambiental.

Veja a seguir um dos motivos desse interesse em assegurar a sustentabilidade ambiental.

Os recursos não devem ser entendidos somente em termos de *escassez* (não há o suficiente para todos) ou de *abundância* (há tanto que é inesgotável). Uma situação de escassez pode acarretar injustiça quando aquele que tem o domínio dos recursos age de modo especulativo; e um contexto de abundância pode permitir desperdício e esbanjamento. Entre os dois extremos (escassez e abundância), há uma etapa intermediária e fundamental chamada *suficiência*, que significa que os recursos devem ser administrados a fim de atender às necessidades de todos, sem desperdício. É necessário que sejam incorporadas medidas políticas que avaliem a durabilidade dos recursos naturais e seu consumo de forma equilibrada. Assim, podemos pensar que a *suficiência* é o melhor foco para nortear uma administração competente que leve a ações sustentáveis.

Não é preciso pensar muito para termos uma resposta que pode nos levar à reflexão sobre a escassez e/ou má distribuição de recursos gerada pelo homem.

Para exemplificar, analisemos alguns dados publicados no relatório do **Estado do Mundo** 2004, no qual é mostrado que o consumo

---

### Índice de Gini

Desenvolvido pelo estatístico italiano Corrado Gini, mede o grau de desigualdade na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar per capita. Seu valor varia de 0, quando não há desigualdade (a renda de todos os indivíduos tem o mesmo valor), a 1 quando a desigualdade é máxima (apenas um detém toda a renda da sociedade e a renda de todos os outros indivíduos é nula).

Fonte: <http://www.ibge.gov.br>

---

de combustível e materiais reflete a desigualdade global entre países. Os Estados Unidos, com menos de 5% da população global, consomem aproximadamente um quarto dos recursos mundiais de combustíveis fósseis, queimando quase 25% do carvão, 26% do petróleo e 27% do gás natural mundial. Em termos de consumo de metais, os Estados Unidos, o Canadá, a Austrália, o Japão e a Europa Ocidental – que detêm, juntos, 15% da população mundial – consomem 61% do alumínio produzido a cada ano, 60% do chumbo, 59% do cobre e 49% do aço. O consumo *per capita* também é alto, especialmente em relação ao que é verificado nas nações mais pobres. O americano comum consome 22 quilos de alumínio por ano, enquanto o indiano consome dois quilos e o africano, menos de um quilo.

O que observamos tradicionalmente no nosso planeta são estruturas sociais que não consideram a questão da suficiência, mas apelam para um jogo de valorização e especulação em torno do que é escasso, como o petróleo; e utilização indiscriminada do que é abundante, como no caso da água, que pode vir a se tornar escassa.

As inovações tecnológicas com certeza contribuem para o aumento da eficiência industrial e da extração de recursos naturais. Consultando o relatório do **Estado do Mundo** 2004, descobrimos que frotas de *super-traineiras*, por exemplo, têm capacidade de processar centenas de toneladas de peixe por dia. Essas frotas são responsáveis, em parte, por um declínio da ordem de 80% sofrido por comunidades de peixes oceânicos nos últimos 15 anos. Equipamentos de mineração também estão mais potentes. Nos Estados Unidos, as mineradoras dedicam-se à *remoção de cumes*, reduzindo a altura de uma montanha em dezenas de metros. Finalmente, serrarias de cavaco – instalações que lascam árvores inteiras em cavacos para papel e compensados – podem transformar mais de 100 cargas de árvores diariamente.

Se admitirmos que a exploração dos recursos naturais pode estar alcançando os limites de suporte e que o bem-estar geral da população está longe de ser alcançado, fica claro o quanto estamos distantes de um desenvolvimento que incorpore a noção de suficiência. Mas há possibilidade de construção de um novo caminho, com outros modelos de desenvolvimento.

## Crescimento ou desenvolvimento?

O que lemos nas entrelinhas dos enfoques tradicionais de *desenvolvimento* pode nos fazer crer que as sociedades podem progredir indefinidamente para níveis cada vez mais elevados de riqueza material. Entretanto, essa ideia vem se fragilizando e hoje já se tem a noção da importância da gestão dos recursos naturais. Ainda assim, o que se busca num país não é o seu crescimento? Quantas vezes escutamos discursos políticos que falam sobre a busca do crescimento e do desenvolvimento? Você acha que crescimento e desenvolvimento significam a mesma coisa? Em que sentido esses termos são usados?

Quando falamos em desenvolvimento, podemos pensar em *crescimento*, e então nos referimos especialmente às questões econômicas de um país, medidas essencialmente por indicadores econômicos, como o **PIB – Produto Interno Bruto**.

Entretanto, essa análise não leva em consideração o modo de distribuição da riqueza entre classes sociais, ou seja, não considera que o aumento da riqueza está se dando em benefício de poucos e em detrimento da maioria.

Outras formas de nos referirmos ao desenvolvimento podem considerar as **etapas históricas** de uma sociedade, especialmente quando identificamos sua transição para a modernidade.

A sociedade moderna está associada à ideia de que o mundo é passível de transformação pela intervenção humana; a um complexo de instituições econômicas, em especial a produção industrial e a economia de mercado; e a instituições políticas como o Estado nacional e a democracia de massa.

Esse modelo de desenvolvimento que tem um foco central na industrialização foi altamente criticado e repensado em muitos países a partir da década de 1970. Infelizmente, no Brasil, a coisa era diferente. Nessa época ainda estávamos no período da ditadura e o Brasil adotava o discurso da busca do crescimento com ênfase na industrialização.

Hoje, ao falarmos em desenvolvimento do país, esperamos que, além do crescimento quantitativo, estejam também ocorrendo mudanças qualitativas no padrão de vida da população. Além do crescimento puramente econômico, pensa-se na melhoria de outros indicadores.

Considerando o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), usado pela ONU para aferir a qualidade de vida nos países, para

haver desenvolvimento devemos elevar os índices de alfabetização, aumentar os anos de permanência dos alunos nas escolas e prolongar a longevidade da população, diretamente relacionada à melhoria geral das condições de saúde.

Indicadores mais sofisticados, como o Índice de Condições de Vida – ICV, consideram outras variáveis críticas, como taxa de desemprego, carteira assinada, percentagem de trabalho infantil, distribuição de renda e condições de habitação da população (incluindo abastecimento de água potável e saneamento básico).

A opção por modelos de desenvolvimento que considerem indicadores mais sofisticados implica uma enorme mobilização de recursos financeiros e humanos para as áreas de saúde, educação, habitação e saneamento, além de outras ainda não citadas como cultura, recreação, ecologia e serviços sociais, uma vez que o desenvolvimento de um país passa a ser medido não só pelo fator econômico, mas também pelo bem-estar social, que nem sempre é decorrente de acúmulo de renda.

Um dos objetivos de desenvolvimento para o milênio é assegurar a sustentabilidade ambiental. Veja agora as metas desse objetivo:

- integrar os princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas e programas dos países e inverter a perda de recursos ambientais;
- reduzir à metade a proporção das pessoas sem acesso sustentável à água potável e saneamento;
- alcançar, até 2020, melhoria significativa na vida de pelo menos 100 milhões de habitantes de bairros degradados. Os indicadores propostos para essas metas são:
  - proporção de área terrestre coberta por florestas;
  - superfície de terras protegidas para manter a diversidade biológica;
  - utilização de energia (kg equivalente em petróleo) por 1 dólar de PIB;
  - emissões de dióxido de carbono *per capita*;
  - proporção da população urbana e rural com acesso sustentável a uma fonte de água melhorada;

- proporção da população com acesso a saneamento melhorado, urbano e rural;
- proporção de pessoas que usam combustíveis sólidos;
- proporção de famílias com acesso a posse segura.

## O conceito de desenvolvimento sustentável

O conceito de desenvolvimento sustentável foi elaborado com base em uma série de reflexões e discussões originadas no fim da década de 1960 e no início da década de 1970, expressas sinteticamente no modelo de *ecodesenvolvimento*.

O termo *desenvolvimento sustentável* foi inicialmente usado em documentos como a *Estratégia mundial para a conservação* (*The World Conservation Strategy* – UICN, WWF e PNUMA, 1980), e o relatório *Nosso futuro comum*, da Brundtland Commission (Comissão Mundial para Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1987). No relatório *Brundtland*, definiu-se o conceito considerando que desenvolvimento sustentável é o tipo de desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades.

O relatório *Brundtland* foi elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas e presidida pela então primeira-ministra da Noruega, Gro Brundtland. Esse relatório faz parte de uma série de iniciativas anteriores à Agenda 21, as quais reafirmaram uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, posto que ressaltam os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas.

O relatório apontou para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes. Antecipando as confusões e as disputas políticas que se sucederam, o próprio relatório diz que mais importante do que a aceitação uniforme do conceito é a sua aplicação.

Ele implica admitir que é possível utilizarmos os recursos naturais para fins sociais de modo a garantir as necessidades das gerações atuais sem prejudicar as necessidades das gerações futuras. É importante ressaltar que o desenvolvimento sustentável parte do princípio de que os modelos atuais de desenvolvimento são inviáveis, pois seguem padrões de crescimento econômico não sustentáveis a longo prazo.

Segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), o desenvolvimento sustentável tem por princípios:

- integrar conservação da natureza e desenvolvimento da nação;
- satisfazer as necessidades humanas fundamentais;
- perseguir a equidade e a justiça social;
- buscar a autodeterminação social e respeitar a diversidade cultural;
- manter a integridade ecológica.

Será possível atingirmos este tipo de desenvolvimento? Em que escala? Para quem? Até quando? Iremos discutir, a seguir, alguns aspectos relevantes sobre esse tema e algumas categorizações sobre o conceito.

## Entendendo o discurso do desenvolvimento sustentável

O discurso do desenvolvimento sustentável se vincula ao fortalecimento de mecanismos de autorregulação acerca das relações entre os homens e desses com o meio ambiente. O modo de desenvolvimento proposto revela que o desenvolvimento sustentável depende de propriedades como produtividade, estabilidade, sustentabilidade, equidade e autonomia com as quais os componentes do sistema vivenciam seu papel nessas relações.

Esse discurso alega que desenvolvimento e preservação do meio ambiente, apesar de apresentarem conceitos aparentemente contraditórios (em termos de conflitos de interesses), podem se reforçar mutuamente, uma vez que são duas faces da mesma moeda. Para que isso seja efetivo e considerado em sua complexidade, decisões integradas devem ser tomadas durante o planejamento de um ciclo de desenvolvimento no momento em que as metas e os programas da sociedade estão sendo estabelecidos, mas não na retaguarda, depois que a sociedade e a economia já incorreram nos custos de um desenvolvimento insustentável. Apesar de já estarmos vivenciando situações que refletem a insustentabilidade,

é possível que ainda haja tempo para concretizar ações que busquem a transição necessária para formas mais sustentáveis de desenvolvimento.

O conhecimento da dinâmica econômica e ambiental ainda é limitado. Mesmo sendo possível indicar as direções para as quais o desenvolvimento deve avançar a fim de ser mais sustentável, ainda não é factível a definição das condições precisas de sustentabilidade a respeito de cada desenvolvimento específico. Nesse ponto, é possível encarar a sustentabilidade como meta social e como critério para o desenvolvimento. Essa nova postura requer a mudança dos paradigmas presentes em nossa sociedade.

Como exemplo de desenvolvimento sustentável, em nível industrial e local, temos a comunidade de Kalundborg, na Dinamarca, que desenvolveu uma teia compacta de relações simbióticas entre várias empresas locais, gerando ganhos econômicos e ambientais. Por exemplo, o gás natural que antes queimava nas torres da maior refinaria da Dinamarca está sendo utilizado como insumo numa fábrica de papelão; cinza em suspensão, dessulfurizada, de uma termelétrica a carvão, também a maior do país, é destinada a uma fábrica de cimento; e lodo contendo nitrogênio e fósforo de uma indústria farmacêutica é utilizado como fertilizante por agricultores vizinhos, segundo dados do **Estado do Mundo** em 2004.

É importante perceber que o desenvolvimento sustentável incorporado à linguagem econômica, política e administrativa apresenta três dimensões principais: desenvolvimento econômico, equidade social e equilíbrio ecológico. Inclui-se ainda nesse contexto a política de desenvolvimento em termos de responsabilidade comum representada em um processo no qual a utilização dos recursos naturais, os investimentos financeiros e as rotas de desenvolvimento tecnológico devem adquirir um sentido de continuidade hoje e nas futuras gerações.

## Desenvolvimento Sustentável – Reflexões

Observe o paradoxo: o desenvolvimento sustentável já vem sendo debatido há mais de 20 anos, várias alternativas já vêm sendo apontadas e muitos sentem a necessidade de um desenvolvimento que incorpore as dimensões sociais e ecológicas, além da econômica. Uma questão que vem sendo debatida nos meios de comunicação é o fato de que nunca consumimos tanto e nunca geramos tanto lixo quanto nos últimos anos. Que desenvolvimento é esse? Onde está a sustentabilidade? A predominância de padrões de consumo altamente individualizados leva inevitavelmente à multiplicação de muitos bens e serviços em escala grandiosa.

Vejamos os dados do relatório do **Estado do Mundo** de 2004: mesmo nos países considerados líderes em política ambiental, como a Noruega, a redução dos fluxos de lixo é um desafio constante decorrente do descarte elevado de materiais e do consumo desenfreado. Em 2002, um norueguês comum gerou 54 quilos de lixo, 7% mais do que no ano anterior. A proporção de lixo reciclado cresceu, porém estancou em menos da metade do total gerado. Se você acha que a reciclagem pode salvar o mundo das consequências do consumo exagerado, está bem enganado.

Ainda sobre o lixo: os americanos, que querem ser os campeões de tudo, são os campeões mundiais do lixo, produzindo *per capita* 51% mais lixo urbano do que o habitante comum de qualquer outro país da **OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico**. Assim, cabe a pergunta: as sociedades não estão tentando, não estão conseguindo? Quais são as críticas a esse elixir da renovação que se apresenta?

### Nem tudo é tão bom assim: a vez das críticas

Apesar de termos visto diversos posicionamentos sobre desenvolvimento sustentável, observamos que o discurso apresentado não conduz a uma ação emancipatória dos modelos atuais de políticas sociais ligados ao neoliberalismo. Uma das críticas afirma que o conceito de desenvolvimento sustentável pode ocultar a continuidade do padrão de desenvolvimento já experimentado na nossa sociedade, seguindo uma lógica capitalista, urbana, industrial e globalizada. Assim, o que tanto se espera dessa nova abordagem referente à construção de uma nova base social não seria realizado. Essa abordagem pode ser entendida como reformista, pois aceita que é possível a revisão/reforma do estado de crise, aperfeiçoando-se o atual modelo de desenvolvimento no sentido de torná-lo sustentável, sem, entretanto, modificar seus fundamentos.



Essa adaptação de modelo pode também ocorrer devido à falta de precisão e amplitude do conceito de sustentabilidade. Diversos atores sociais com diferentes interesses podem se apropriar do mesmo discurso (desenvolvimento sustentável) fazendo valer seus distintos modos de pensar e agir socialmente no que tange à ecologia e/ou ao meio ambiente.

Um obstáculo ao desenvolvimento sustentável seria justamente alcançar as dimensões a serem trabalhadas nesse processo. Imagine um banquinho com três pés. Imaginou? Para que ele fique sustentado, são necessários os três pés: se todos não estiverem na mesma altura, o banco não fica equilibrado. Assim é o desenvolvimento sustentável: necessita de suas dimensões funcionando em equilíbrio.

Sabemos que o padrão de desenvolvimento representa escolhas políticas de ganhos e perdas entre as distintas dimensões (crescimento econômico, equidade social e equilíbrio ecológico). Será que é possível observarmos um desenvolvimento que supere os diversos conflitos inerentes à satisfação dos interesses dos diversos grupos sociais?

Sabemos que o grau de conflito é tanto maior quanto mais desigual for a sociedade. Assim, é difícil conceber, sobretudo a curto e médio prazos, o alcance simultâneo das dimensões referidas. Então, mais uma vez, cabe a pergunta: desenvolvimento sustentável para quem? Quando? Como?

O conceito de desenvolvimento sustentável possui três aspectos principais: o crescimento econômico; a sustentabilidade ecológica; e o *fenômeno social*. Dentro dessa concepção, Baroni (1992) destaca algumas definições claras do desenvolvimento sustentável observadas em discursos sobre o tema enfatizando um dos aspectos:

**Definição 1:** não declínio de um dado estoque de recursos naturais, pois isso reduziria as rendas reais do futuro (econômico);

**Definição 2:** redução da pobreza, providenciando meios que minimizem a exaustão dos recursos e a desigualdade (social);

**Definição 3:** conservação dos sistemas naturais que garantem a sustentabilidade planetária (ecológica).

Concepção do D. S.	Principais características	Concepção do ambiente	Paradigmas educativos
Desenvolvimento contínuo, com inovação tecnológica e mercado livre baseado no crescimento econômico e com princípios neoliberais.	Produtividade e competitividade. A ciência e a tecnologia para o crescimento econômico com respaldo aos controles legais.	Ambiente como recurso para o desenvolvimento e o gerenciamento. Uso racional dos recursos para a sustentabilidade.	Paradigma racional: treinamentos, transferência e informação.
Desenvolvimento dependente da ordem mundial, com a crença de que os problemas sociais serão resolvidos pelo crescimento econômico.	Mercado livre em grandes escalas e inovações científicas e tecnológicas para reestruturação das condições sociais.	Toda a biosfera como pool de recursos para ser gerenciado pelas organizações superiores.	Paradigma racional: mesma abordagem anterior, mas com uma aceitação da possível falha do modelo neoliberal.
Desenvolvimento alternativo, com a condição de uma mudança global nos valores e nas escolhas sociais que irão permitir um desenvolvimento sustentável nas comunidades.	Desenvolvimento com redução da dependência, utilização dos recursos renováveis, estímulo à democracia, participação e solidariedade.	Ambiente como um projeto comunitário.	Paradigma inventivo: projetos comunitários para as transformações das realidades sociais.
Desenvolvimento autônomo, valorizando a manutenção da identidade cultural e da integridade territorial indígena.	Economia de subsistência, baseada na solidariedade, associada às distintas cosmologias.	O ambiente como território (lugar para se viver) e projetos culturais comunitários.	Paradigma inventivo: construção do conhecimento contextualmente significativo.

## Outras propostas

Depois de observar o discurso do desenvolvimento sustentável e suas críticas, vejamos algumas propostas alternativas tidas como menos ousadas, mas, quem sabe, mais eficazes, que podem considerar alguns dos aspectos do desenvolvimento sustentável. Essas propostas estão direcionadas a sociedades sustentáveis que não têm a pretensão de serem globais, e assim podem se adequar a realidades locais.

Sociedades sustentáveis devem ser norteadas por políticas públicas voltadas à inclusão e à participação. Isso pode ser uma utopia do ponto de vista político-econômico convencional; contudo, o estado crítico do planeta (tanto nos aspectos ambientais como socioeconômicos) faz da sociedade sustentável uma utopia desejável e necessária, se pretendermos que a Terra sobreviva à crise atual.

## Sociedades sustentáveis

O conceito de sociedades sustentáveis, segundo Diegues (1996), parece também atender às propostas de conciliação das esferas econômicas, ambientais e sociais; para nós, apresenta-se mais adequado do que o conceito de desenvolvimento sustentável *reformista*, na medida em que possibilita a cada sociedade definir seus próprios padrões de produção e de consumo, bem como o de bem-estar, de desenvolvimento histórico e de seu ambiente natural.

A idéia das *sociedades sustentáveis* propõe uma alternativa que vigora no mundo globalizado, uma vez que esse tipo de sociedade enfatiza a economia biorregional. Ela é baseada nos seguintes princípios (segundo ORR, 1992, apud SAUVÉ, 1997):

- distinção entre as necessidades reais e os desejos;
- redução de dependência e aumento da autonomia;
- favorecimento dos recursos renováveis;
- utilização dos recursos locais;
- reestruturação da economia local;
- favorecimento das condições sociais para o fortalecimento das sociedades; e
- promoção da participação e da solidariedade.

No dia 15 de dezembro de 1944, nasceu em um seringal de Xapuri, no Acre, uma criança que quarenta anos depois teve seu nome conhecido e reconhecido em todo o planeta Terra: Francisco Alves Mendes Filho, o Chico Mendes. Ainda criança, se tornou seringueiro, acompanhando seu pai. Foi responsável pela mais eficaz militância ecológica já ocorrida no país, tornando-se símbolo mundial da luta pela preservação da Amazônia.

Lutou pelo ideal de que é possível ao homem conviver e até prosperar na floresta sem destruí-la. Essa ideia foi que o inspirou a organizar encontros do povo da floresta com os empregados dos fazendeiros para impedir que fizessem queimadas e destruíssem tudo. Suas ideias coincidiram com o início do debate sobre desenvolvimento sustentável e as campanhas pela salvação das florestas equatoriais no mundo desenvolvido. “Save the rain forest”, pregavam os adesivos nos vidros dos carros de militantes ecologistas nos Estados Unidos e na Europa. No dia 22 de dezembro de 1988, o seringueiro, sindicalista e ativista ambiental foi assassinado na cidade onde nasceu.

Chico Mendes teve papel importante na fundação do Conselho Nacional dos Seringueiros e na formulação da proposta das reservas extrativistas para os seringueiros; conseguiu apoio internacional para a luta dos seringueiros. Em 1987, foi premiado pela ONU com o Prêmio Global 500; nesse mesmo ano ganhou a Medalha do Meio Ambiente da organização Better World Society. Após o assassinato de Chico Mendes, juntaram-se mais de trinta entidades sindicalistas, religiosas, políticas, de direitos humanos e ambientalistas para formar o Comitê Chico Mendes. Ele exigia providências e, por meio de articulação nacional e internacional, pôs pressão nos órgãos oficiais para que o crime fosse punido. Em 1990, os fazendeiros considerados culpados foram condenados a 19 anos de reclusão. Em 1993, eles escaparam da prisão e foram novamente presos em 1996. Infelizmente, foi uma tragédia que despertou atenção internacional para os problemas dos seringueiros. Chico Mendes tornou-se, mais uma vez, representante dos muitos outros moradores da floresta assassinados, desaposados ou ameaçados.



**Chico Mendes, o Homem da Floresta.**

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/Chico\\_Mendes\\_in\\_1988\\_%28cropped%29.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/Chico_Mendes_in_1988_%28cropped%29.jpg)

Podemos dizer que o ecossocialismo é uma corrente de pensamento e de ação que busca, ao mesmo tempo, a defesa do meio ambiente e a luta por uma alternativa socialista. Para os ecossocialistas, a lógica do mercado e do lucro capitalista conduz à destruição do equilíbrio natural, com consequências catastróficas para a humanidade.

Essa corrente faz um contraponto com a lógica capitalista na medida em que se opõe à expansão ilimitada do consumo, incompatível com a sustentabilidade dos recursos naturais. Santos (1996) apresenta uma proposta de construção de uma sociedade ecossocialista com as seguintes características: “o desenvolvimento social afere-se pelo modo como são satisfeitas as necessidades humanas fundamentais e é tanto maior em nível global quanto mais diverso e menos desigual; [...] deve haver um estrito equilíbrio entre três formas principais de propriedade, a individual, a comunitária e a estatal; cada uma delas deve operar de modo a atingir seus objetivos com o mínimo de controle do trabalho de outrem”.

Essas características ressaltadas por Santos são muito similares às condições, mencionadas anteriormente para que atinjamos um real desenvolvimento sustentável. Entretanto, seria possível alcançar as metas da sustentabilidade sem termos uma sociedade ecossocialista em sua condução política?

As correntes mencionadas têm em comum a noção de que a sustentabilidade só é compatível fora da lógica capitalista e das políticas neoliberais.

## Sustentabilidade

Rodeamos e falamos de muitos conceitos que, apesar de serem diferentes, têm aspectos semelhantes. A base para o entendimento dessas questões passa pelo campo da sustentabilidade.

O termo *sustentabilidade* foi usado pela primeira vez por Carlowitz em 1713, em uma referência à exploração de florestas na Alemanha. Na época, o significado se restringia a qualquer prática de utilização do solo que garantisse rendimentos estáveis a longo prazo. Mas a sustentabilidade não é uma invenção da atividade florestal: ela significa uma atitude, um posicionamento em relação ao trato da natureza como um bem renovável. Hoje, entende-se que uma atividade é sustentável quando, para todos os fins práticos, ela pode continuar indefinidamente.

Alcançar a sustentabilidade seria transformar nosso modo de viver de forma a maximizar as condições ambientais e sociais para garantir por muito mais tempo a segurança, o bem-estar e a saúde das populações humanas. Por isso, podemos entender o conceito como uma construção humana sob uma visão antropocêntrica.

O discurso da sustentabilidade pressupõe também a associação de diferentes dimensões (que serão mencionadas a seguir), que devem ser analisadas e transformadas em critérios-base para a elaboração de políticas públicas. Tendemos a nos orientar inicialmente pelas dimensões da sustentabilidade presentes em Montibelle-Filho (2001, apud LOUREIRO, 2005):

- sustentabilidade social: tem sua base no princípio da equidade na distribuição de renda e de bens, no princípio da igualdade de direitos, da dignidade humana e no princípio de solidariedade dos laços sociais;
- sustentabilidade ecológica: sua base parte do princípio do entendimento da importância da coexistência de organismos, das conexões existentes entre os seres e com o meio abiótico;
- sustentabilidade econômica: avaliada a partir da sustentabilidade social, propiciada pela organização da vida material;
- sustentabilidade espacial: norteadas pelo alcance de uma equanimidade nas relações inter-regionais e na distribuição populacional entre o rural/urbano e o urbano;
- sustentabilidade político-institucional: pré-requisito para a continuidade de qualquer curso de ação a longo prazo;
- sustentabilidade cultural: modulada pelo respeito à afirmação do local, do regional e do nacional no contexto da padronização imposta pela globalização.

Todas essas dimensões são realmente importantes; contudo, o que significam na realidade? Consideramos que esses tipos de sustentabilidade devem ser relativizados por comporem diferentes aspectos de uma única relação entre as partes e o todo, ou seja, da relação da nossa sociedade com toda a natureza. Santos fornece, ainda, uma posição da relação entre ciência e sociedade, alegando que a materialidade atualmente utilizada para construir um mundo confuso e perverso pode vir a ser uma condição da construção de um mundo mais humano. Basta que se completem as duas grandes mutações ora em gestação: a mutação

tecnológica e a mutação filosófica da espécie humana (SANTOS, 2000, p. 174).

## **A contribuição da Ciência para a sustentabilidade**

Devemos refletir sobre o modo de como poderemos construir um novo caminho, de forma a percebermos que a relação entre os avanços científicos e tecnológicos – gerando novas necessidades e, em contraponto, novos riscos – e a sustentabilidade é complexa, ambígua e apresenta múltiplas facetas. Não adianta simplesmente reconhecer os limites ambientais em termos de produção e de consumo – ou gerar mais conhecimento científico, expresso em termos de inovações tecnológicas – sem a mudança real no estilo de vida de toda a sociedade.

As críticas aos paradigmas da Ciência surgem a partir da constatação de que a própria ciência propicia relações de dominação entre os seres humanos e entre a sociedade e a natureza. A fragmentação e a simplificação do conhecimento, que reduzem a compreensão da realidade, vêm sendo analisadas por vários autores como um dos pilares da crise ambiental da atualidade (GUIMARÃES, 2003).

Por isso, uma questão que fica sem resposta é: como a Ciência pode contribuir efetivamente para o desenvolvimento sustentável? Essa é uma pergunta sobre a qual a comunidade científica deve refletir, pois a prática científica não está livre de valores humanos e suas justificativas devem ser pautadas por preocupações sociais prioritárias. O papel da ciência, nesse novo caminho, seria o de impulsionar o processo de resolução de problemas, incluindo a participação e a aprendizagem mútua dos agentes envolvidos, além da criação de inovações tecnológicas que respeitem os valores fundamentais da sustentabilidade.

## **Educar para uma vida sustentável**

Como já comentado, o momento que vivemos requer a quebra de paradigmas e a elaboração de outros fundados numa visão sustentável do planeta. Gadotti e outros educadores como Paulo Freire, Edgar Morin e Aziz Ab'Saber, entre outros, defendem a ideia de educar com um conjunto de valores e saberes interdependentes, que passam pelas esferas do cognitivo e do afetivo.

Entre eles, podemos destacar, segundo Gadotti (2002, p. 37):

- 1º - Educar para pensar. Na era da informação, diante da velocidade com que o conhecimento é produzido e envelhece, não adianta acumular informações. É preciso saber pensar. E pensar a realidade. Não pensar pensamentos já pensados. Daí a necessidade de recolocar o tema do conhecimento, do saber aprender, do saber conhecer, das metodologias, da organização do trabalho.
- 2º - Educar os sentimentos. O ser humano é o único ser vivente que se pergunta sobre o sentido de sua vida. Educar para sentir e ter sentido, para cuidar e cuidar-se, para viver com sentido cada instante da vida. Somos humanos porque sentimos, e não apenas porque pensamos. Somos parte de um todo em construção e reconstrução.
- 3º Ensinar a identidade terrena como condição humana essencial. Nosso destino comum no planeta, compartilhar com todos sua vida no planeta. Nossa identidade é ao mesmo tempo individual e cósmica. Educar para conquistar um vínculo amoroso com a Terra – não para explorá-la, mas para amá-la.
- 4º Formar para a consciência planetária. Compreender que somos interdependentes. A Terra é uma só nação e nós, os terráqueos, os seus cidadãos, não precisaríamos de passaportes. Em nenhum lugar na Terra deveríamos nos considerar estrangeiros. Separar primeiro de terceiro mundo significa dividir o mundo para governá-lo a partir dos mais poderosos; essa é a divisão globalista entre globalizadores e globalizados, o contrário do processo de planetarização.
- 5º Formar para a compreensão. Formar para a ética do gênero humano, não para a ética instrumental e utilitária do mercado. Educar para comunicar-se. Não comunicar para explorar, para tirar proveito do outro, mas para compreendê-lo melhor. A pedagogia da Terra que defendemos funda-se nesse novo paradigma ético e numa nova inteligência do mundo. Inteligente não é aquele que sabe resolver problemas (inteligência instrumental), mas aquele que tem um projeto de vida solidário. Por que é bela a diversidade, porque é enriquecedora na possibilidade de criação de novas realidades e mais plenas. A solidariedade, como valor e como necessidade humana, embeleza, humaniza e promove a vida.
- 6º Educar para a simplicidade. Nossas vidas precisam ser guiadas por novos valores: simplicidade, austeridade, quietude, paz, saber escutar, saber viver juntos, compartilhar, descobrir e fazer juntos. Precisamos escolher entre um mundo mais responsável frente à cultura



dominante, que é uma cultura de guerra, do ruído, de competitividade sem solidariedade, e passar de uma responsabilidade diluída a uma ação concreta, praticando a sustentabilidade na vida diária, na família, no trabalho, na escola, na rua. A simplicidade não se confunde com a simplicidade, e a quietude não se confunde com a cultura do silêncio. A simplicidade tem que ser voluntária como a mudança de nossos hábitos de consumo, reduzindo nossas demandas.

As propostas e conceitos apresentados aqui têm como característica básica a questão da sustentabilidade. Essa é uma visão de futuro que muda o foco de nossas atenções para outros valores e princípios éticos e morais. É uma tarefa complexa que exige diagnósticos e soluções complexos. Podemos dizer que, numa visão antropocêntrica, para as populações humanas sustentabilidade significa transformar a maneira de viver que temos construído até os dias atuais de modo a maximizar as condições ambientais e sociais no sentido de garantir, por muito mais tempo, a segurança, o bem-estar e a saúde dessas populações. Lembra-se do banquinho tripé? Qual a base de sustentação do banco? É chegada a hora de uma alteração de curso. Mas será que uma recalibração é viável? Certamente, um grande e repentino declínio no consumo provavelmente faria a economia mundial cair em parafuso. Porém é muito mais provável que uma economia menos consumista venha a surgir gradativamente.

### **Roteiro de ação: A grande corrida**

Este Roteiro de ação poderá ser utilizado para revisar os conceitos ou fixar alguma temática. Consiste em um jogo de corrida usando um dado e peças de um tabuleiro feito com materiais simples, além de ser muito dinâmico.





## Roteiro de ação 8 Saiu no jornal

### Informações básicas:



#### Para saber mais:

O artigo "Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos" debate o uso de plásticos biodegradáveis, que, ao contrário dos sintéticos derivados do petróleo, sofrem biodegradação com relativa facilidade, se integrando totalmente à natureza.

Disponível em:  
<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a03.pdf>

<b>Roteiro de ação:</b>	Saiu no jornal
<b>Duração prevista:</b>	100 minutos
<b>Área de conhecimento:</b>	Biologia
<b>Assunto:</b>	Biotecnologia
<b>Objetivos:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conscientizar os alunos dos problemas ambientais causados pelo lixo;</li> <li>• Apresentar alternativas para a resolução do problema das sacolas plásticas;</li> <li>• Analisar como a biotecnologia ambiental age nesse âmbito;</li> <li>• Analisar os prós e contras das sacolas biodegradáveis.</li> </ul>
<b>Pré-requisitos:</b>	Conceitos básicos sobre poluição.
<b>Material necessário:</b>	Cópia dos textos das reportagens
<b>Organização da classe:</b>	3 grupos

As atividades humanas, principalmente nas sociedades industrializadas modernas, geram diversos tipos de poluentes: lixo, poluição atmosférica causada por fumaça e resíduos industriais, gases do escape de veículos etc. O lixo urbano, por exemplo, é um dos maiores problemas ambientais da atualidade, pois os moldes de consumo adotados pela maioria das sociedades modernas provocam o aumento contínuo e exagerado na quantidade de lixo produzido. E isso inclui as sacolas plásticas.

Um dos principais danos que as sacolas trazem ao meio ambiente consiste no ato de jogar no lixo. O plástico é um resíduo que não tem tempo determinado para entrar em processo de decomposição; o excesso de resíduos prejudica de forma direta as características dos aterros sanitários, que em grande parte não têm preparo para trabalhar com esse tipo de material. Também, prejudica a atmosfera, pois o material é feito com o uso do petróleo e emite gases poluidores em sua produção.

Partindo desse princípio, a biotecnologia ambiental entra com o uso e a aplicação de diferentes técnicas biológicas para a prevenção e/ou a

resolução de problemas de contaminação ambiental, como no caso dos sacos biodegradáveis. Sacos (ou sacolas) biodegradáveis são feitos com materiais que são capazes de se decompor sob determinadas condições de luminosidade, umidade e oxigênio.

Os sacos biodegradáveis foram criados com o intuito de reduzir os problemas ambientais gerados pelos sacos comuns, que demoram cerca de 100 anos para se decompor, sendo vistos como uma alternativa sustentável para transportar objetos e alimentos, já que se decompõem em cerca de 18 meses.

### Procedimento:

Dividir os alunos em três grupos. Cada grupo deverá receber a cópia de uma das três reportagens. Após debaterem nos grupos as reportagens, os alunos deverão preparar uma análise do texto que receberam para que possam compartilhar com os demais grupos em forma de assembleia, em que cada grupo deverá fazer contribuições para o debate.

## GRUPO 1

### No Dia da Limpeza Urbana, Rio tem falta de conscientização e lixo espalhado nas ruas

Celebrado nesta terça-feira, o Dia da Limpeza Urbana parece não trazer muitos motivos para serem comemorados no Rio. Falta conscientização dos moradores, que insistem em vandalizar papeleiras e contêineres e jogar resíduos no chão, e sobra lixo espalhado na cidade. Além disso, caiu o número de fiscais do Programa Lixo Zero. Em setembro do ano passado, eram 113 agentes. Hoje, são 104. Houve queda também no número de multas aplicadas: média de 7,3 mil por mês em 2018, contra 4,6 mil por mês neste ano. Outra redução: o número de cestas coletoras laranjinhas. Em novembro de 2017, a Comlurb contabilizava 51.349 cestas instaladas. Hoje, são 38.049 recipientes plásticos instalados — diminuição de pouco mais de 20%.

O comerciante Joel Oliveira, de 71 anos, é dono de uma loja de materiais de construção na Rua da Lapa, no Centro, onde o lixo empilhado incomoda quem mora, trabalha ou

passa diariamente por ali.

– É sempre assim, às vezes fica até pior. Nós, que trabalhamos em comércio, sofremos ainda mais, porque o cheiro ruim afasta os clientes. Ouço comentários negativos, mas quem deveria esquentar a cabeça com isso parece que não está esquentando – conta.

O problema se estende para a Zona Norte. No Méier, lixo espalhado pelo chão nas Ruas Intendente Cunha Menezes e Magalhães Couto, onde, na altura do número 312, uma pilha de lixo incomoda quem precisa passar diariamente pelo local. Nas calçadas, caixas de lenços descartáveis, embalagens de pó de café, copos de iogurte e lâmpadas.

– Temos muito lixo, é uma situação preocupante. Mas eu sei que a realidade enfrenta a falta de educação e de conscientização dos moradores. Vejo isso com o lixo doméstico e com fezes de animais – afirma a estudante universitária Erika Ferrador, de 45 anos.

Segundo a Comlurb, cerca de 500 a 600 papeleiras são vandalizadas por mês – 6,6 mil por ano, causando um prejuízo de R\$ 580 mil a cada ano. “A durabilidade dos equipamentos é de cerca de cinco anos, desde que recebendo limpeza e manutenção e sendo bem cuidadas pela população”. Destinadas a pequenos resíduos, as papeleiras, segundo a Comlurb, perdem durabilidade se receberem lixo domiciliar, caixas e uso de força para inclusão de materiais maiores.

Para aumentar a eficiência, a Comlurb tem feito uma experiência com a instalação de 51 papeleiras e contêineres sustentáveis e de materiais alternativos no Méier, Zona Norte. O novo modelo é mais resistente, chumbado no chão, para inibir o vandalismo e o furto, fatores responsáveis por até 25% da perda das papeleiras da cidade. As novas papeleiras não podem ser removidas ou manipuladas. Somente o gari, com uma chave própria, abre o equipamento e retira o cesto interno para remoção dos resíduos. “Se o modelo funcionar bem, poderá ser levado para outras áreas da cidade, principalmente as de intenso fluxo de comércio e movimentação, que demandam algo mais resistente.”

Ainda na Zona Norte, mas no Engenho Novo, mais su-

jeira nas ruas: na Rua Álvaro, nem as paredes pintadas com a frase “Proibido jogar lixo aqui” impedem que a via torne-se um verdadeiro lixão a céu aberto, com sacolas rasgadas espalhadas em vários trechos. Em Piedade, o mesmo cenário é visto na Rua Gomes Serpa, próximo à linha do trem.

Em nota, a Comlurb explica que o descarte irregular de lixo e bens inservíveis em vários pontos do Rio “cria pontos críticos de descarte irregular e exige trabalho redobrado da companhia e utilização de um número maior de caminhões e pás carregadeiras para sua remoção”. A Comlurb pede ainda que a população sempre utilize o serviço de remoção gratuita de entulho e bens inservíveis da Central de Atendimento 1746 da prefeitura, pelo Whatsapp, no número 3460-1746.

O Rio tem, hoje, 14 mil garis coletando por dia, em média, 10 mil toneladas de resíduos, entre coleta domiciliar, lixo em áreas públicas e resíduos da construção civil. Para este ano, o orçamento foi de R\$ 2.025.843.059 (valor que vem se mantendo estável desde 2016, quando a verba disponível foi de R\$ 1.841.018.065). Os gastos incluem tratamento e destinação final sustentável, remoção e transporte, serviços de limpeza (varrição, limpeza de ralos, coleta domiciliar, inclusive em comunidades), pessoal e despesas operacionais e de logística inerentes aos serviços da companhia.

Apesar dos problemas, o último Índice de Sustentabilidade Urbana (ISLU), que mede a adesão dos municípios à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), colocou o Rio de Janeiro em destaque. A cidade ficou em quarto lugar entre aquelas com mais de 250 mil habitantes, atrás apenas de Santos (SP), Niterói (RJ) e Blumenau (SC), sendo, portanto, a capital mais bem colocada. O índice considera o engajamento da população, a sustentabilidade financeira, a recuperação dos resíduos coletados e o impacto ambiental.

Produzido desde 2016, o ISLU é formulado pelo Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana e pela PwC Brasil. O índice foi divulgado durante o seminário Resíduos

Sólidos e Economia Circular, no Museu do Amanhã, na Praça Mauá, nos dias 14 e 15 deste mês.

Disponível em: <https://extra.globo.com/noticias/rio/no-dia-da-limpeza-urbana-rio-tem-falta-de-conscientizacao-lixo-espalhado-nas-ruas-23905619.html>

## GRUPO 2

### Especialistas explicam os riscos de utilizar plástico em excesso no dia a dia

O plástico está presente em quase tudo: desde embalagens de alimentos aos móveis de casa. A evolução das tecnologias possibilitou transformar esse derivado de petróleo em um item quase essencial à rotina contemporânea. O problema é que alguns tipos de plástico liberam um composto que pode ser nocivo à saúde: o bisfenol A (BPA).

Esse monômero (menor parte da cadeia que compõe o plástico) possui estrutura química muito semelhante aos hormônios sexuais estrógeno, na mulher, e testosterona, nos homens. Ele funciona como um desregulador endócrino, ou seja, uma substância química que interfere na ação hormonal.

— Como é muito semelhante, o BPA pode confundir os receptores desse hormônio e se ligar nele. A partir disso, o composto pode tanto diminuir quanto aumentar a função do hormônio no corpo. No caso de diminuição da função, ele pode causar, por exemplo, atraso no desenvolvimento da puberdade, tanto em meninos quanto em meninas. Ou pode provocar o contrário, quando aumenta a função, uma puberdade de início precoce — explica Elaine Frade Costa, presidente da Comissão de Desreguladores Endócrinos da Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia (SBEM).

O BPA é liberado gradualmente do plástico com o passar do tempo. Mas o aquecimento, resfriamento ou contato com algum alimento de pH ácido acelera a liberação deste composto, que passa para a comida e entra em nosso corpo. Por conta dos riscos, em 2011 o governo brasileiro proibiu a utilização de plástico com bisfenol A

na fabricação de mamadeiras. A partir disso, itens que são produzidos sem o composto recebem o selo de “BPA free” (livre de BPA).

— O ideal é evitarmos o plástico de forma geral, porque muitas vezes o BPA não é utilizado, mas há compostos análogos, como o bisfenol S e o bisfenol F, que podem ser tão tóxicos quanto o A. Além disso, quando reduzimos o consumo de plástico, diminuimos a poluição ambiental, reduzindo o risco de os animais comerem o plástico e se contaminarem também — orienta Andreia Friques, presidente da Associação Brasileira de Nutrição Materno-Infantil e autora do livro *A epidemia do plástico*.

### **‘Troquei os utensílios domésticos por vidro’**

*Ivy Lopes, empresária de 29 anos, mãe de Pietro, de 7, e John, de 4*

Tudo começou quando o meu filho mais novo apresentou alergia às proteínas do leite de vaca. Precisei excluir todo o plástico da casa, pois eles guardam resíduos que contaminam as refeições. A partir disso, troquei os utensílios domésticos por vidro e inox, levo sacolas resistentes e não plásticas para o mercado e ando com uma garrafa na bolsa. Assim consigo encher de água sempre que possível. Minha maior dificuldade foi trocar tudo de uma vez; pesou no bolso a curto prazo. Mas, com certeza, é mais econômico a longo prazo.

### **Alternativas para evitar o BPA e o plástico**

#### *Sacola retornável*

Apesar da mudança nas sacolas de supermercado do Rio, não se sabe que compostos podem fazer parte da estrutura de plásticos, mesmo os biodegradáveis. Opte por levar as compras para casa em sacolas retornáveis.

#### *Embalagem para frutas*

Nos supermercados é comum encontrar frutas e legumes já cortados e embalados em plástico e isopor. Evite comprar alimentos acondicionados dessa maneira. Prefira os que estão desembalados. Para carregá-los, leve para o mercado saquinhos de filó, que poderão ser usados na hora de pesar o produto sem comprometer o valor pago.

### *Lanche das crianças*

Ao preparar o lanche para as crianças levarem para a escola, troque o pote plástico por um pote de inox. Outra alternativa é comprar um plástico livre de BPA e envolver o sanduíche em um guardanapo de tecido. Isto evita que o lanche fique em contato com o plástico.

### *Vasilhas para cozinhar*

Evite ao máximo usar vasilhas de plástico para cozinhar, seja para esquentar ou resfriar algo. Prefira potes de vidro ou de cerâmica. Caso não haja essa possibilidade, use vasilhas plásticas que contenham o selo “BPA Free” (livre de BPA).

### *Alimentos orgânicos*

Muitos agrotóxicos e pesticidas apresentam BPA e outros desreguladores endócrinos. Sempre que possível, opte pela alimentação orgânica.

### *Garrafas de vidro*

Beber água é uma necessidade que todo mundo tem. Em vez de comprar garrafas plásticas todas as vezes que sentir sede, é melhor ter uma garrafa de vidro ou de inox para armazenar a água sem correr o risco de contaminação. Caso você esteja no trabalho, vale deixar uma caneca ou um copo para usar durante o dia e evitar os copos descartáveis.

### *Produtos enlatados*

Além de serem potencialmente maléficos à saúde por serem ultraprocessados, os alimentos enlatados podem ser contaminados pelo BPA que há no revestimento interno da lata.

### *Cosméticos orgânicos*

Os cosméticos possuem vários compostos químicos que podem apresentar diversos disruptores endócrinos. É importante também evitar usar esses produtos em crianças, pois nelas o potencial de contaminação é maior. Opte por cosméticos e maquiagens orgânicos.

### *Evite canudos*

Canudos de plástico foram proibidos na cidade do Rio de Janeiro, mas ainda é liberado em várias localidades do



país. Procure evitar o uso desse item. Caso ele seja muito necessário, compre canudo de inox.

Disponível em: <https://extra.globo.com/noticias/saude-e-ciencia/especialistas-explicam-os-riscos-de-utilizar-plastico-em-excesso-no-dia-dia-23918763.html>

## GRUPO 3

### Comércio começa a adotar ações biodegradáveis em Cuiabá

O despertar da sociedade para a preservação ambiental, especialmente para a diminuição da produção e descarte irregular do lixo, tem gerado, mesmo que de forma inibida, mudança no comportamento dos cuiabanos.

Exemplo pode ser sentido nos bares, lanchonetes e hotéis da cidade, que estão diminuindo o uso de materiais de plástico, como canudos e copos. Agora, as opções são biodegradáveis ou apenas o não uso.

Eleito como o melhor baguncinha de Cuiabá no prêmio Veja Comer e Beber, o Belatto Lanches anunciou na última semana que agora só vai usar canudos biodegradáveis.

“Em conversa com meu pai, começamos a buscar formas de a empresa se tornar mais autossustentável. Chegamos, no primeiro momento, aos canudos biodegradáveis, que já estão no mercado, mas nunca foram oferecidos pelos fornecedores”, disse Vinícius Belatto, um dos administradores do local.

Segundo ele, o custo ficou o mesmo. Todo o processo ocorreu nos últimos dois meses. “Ainda temos ideias para serem definidas, como mudança das embalagens e outros materiais. Já usamos no delivery uma embalagem que é certificada e 100% reciclável”.

Apesar das mudanças em andamento, Vinícius ressalta que clientes vegetarianos são os mais preocupados com o que estão consumindo. A lanchonete agora oferta opção vegetariana, com hambúrguer de grão de bico.

“São poucos que pedem sem canudo, sem papel, ou que pedem opções mais saudáveis, por exemplo. Geralmente são membros da comunidade vegetariana. Então, quando se identificam, não mandamos mais canudos e guardanapos”.

Segundo ele, os clientes têm reações variadas. “Quando não recebem canudos, ficam bravos. Outros acham bacana. Isso pelo delivery. No atendimento físico é que a gente percebe o comportamento dos clientes”.

Os hotéis Intercity e Deville são dois que abandonaram os canudos plásticos, mas que, caso seja solicitado, ofertam os canudos biodegradáveis.

João Ricardo, que trabalha no restaurante do Intercity, contou que desde que começou a rotina de trabalho não presencia o uso de canudos.

“No lugar, mandamos um copo, por exemplo, de vidro, que não encontra resistência. Os clientes aceitam, não há resistência”.

Na rede Deville, desde março, as opções são canudos biodegradáveis, que diferente do plástico, dissolvem com o tempo.

Além do hotel em Cuiabá, a rede está presente em outras sete cidades.

Há ainda outros bares que não usam copos e canudos de plástico, como por exemplo, o Metade Cheio. Copos são de vidro e não há nenhuma opção de canudo.

#### *Alternativas*

Interessados em contribuir para a redução da produção de lixo dos bares e estabelecimentos de Cuiabá podem começar adotar alternativas, como por exemplo, usar seu próprio canudo, seja de inox, de papel ou até mesmo de madeira.

Lojas espalhadas em Cuiabá, especialmente as especializadas em utensílios de casa, mas também as de produtos naturais, oferecem aos clientes opções de canudo.

Clientes também podem recusar canudos, copos, talheres e pratos de plástico, dando a dica ao comerciante da importância de pensar nas questões sustentáveis.

*Pantanal invadido pelo plástico*

Em novembro do ano passado, o projeto Teoria Verde, liderado pelo ambientalista Jean Pelicari, realizou o Dia do Pantanal, em Santo Antônio do Leverger, e, em ação conjunta, fizeram a limpeza das margens do rio.

Ao todo, foram 3.404 itens recolhidos; desses, 432 eram copos plásticos, 322 sacolas plásticas e 278 garrafas PET.

“90% dos resíduos são plásticos. Então, o Pantanal está sendo invadido pelo plástico. Temos que ser responsáveis pelo lixo que produzimos e pensar na redução. É um processo de conscientização”, disse.

Segundo ele, fala-se muito sobre a reciclagem, mas esse é o último processo. “Precisamos é reduzir, como primeiro momento, e em seguida pensar na reutilização e, por fim, no último estágio, a reciclagem”.

Para Jean, que acompanha o trabalho das cooperativas de Cuiabá e que vê o esforço feito para a reciclagem dos resíduos, a prefeitura municipal tem um longo caminho para educar a sociedade e mudar a forma de prestar serviços ambientais, como, por exemplo, a coleta seletiva.

*Lei municipal*

A proibição já vigora em várias cidades brasileiras, especialmente as que estão próximas ao litoral ou mais populosas.

Apresentado em fevereiro pelo vereador Justino Malheiros, do Partido Verde (PV), o projeto de lei municipal prevê a proibição de canudos e copos plásticos nos estabelecimentos cuiabanos.

O que seria o primeiro passo do legislativo municipal em prol do meio ambiente, o projeto ainda não foi votado.

Em Mato Grosso, a única cidade com lei aprovada e sancionada é Rondonópolis.

Lá, todos os estabelecimentos sujeitos a inspeção sanitária e autorizados pela prefeitura devem usar e fornecer aos clientes canudos de papel ou biodegradável.

Disponível em: <http://circuitomt.com.br/editorias/cidades/144066-comercio-comeca-a-adotar-acoes-biodegradaveis-em-cuiaba.html>

***Comentários para o professor***

Utilize os textos apenas como ferramenta para fomentar os debates acerca das temáticas abordadas por cada um deles. Mas é fundamental que questões globais e locais sejam debatidas. Por isso, aproveite os debates na assembleia de grupos para atuar, mediando as discussões e apontando pontos de reflexão que por ventura não tenham sido abordados pelos alunos durante as apresentações.



## Roteiro de ação 9

### Webquest: Biotecnologia Ambiental

#### Informações básicas:

<b>Roteiro de ação:</b>	Webquest: biotecnologia ambiental
<b>Duração prevista:</b>	100 minutos
<b>Área de conhecimento:</b>	Biologia
<b>Assunto:</b>	Biotecnologia
<b>Objetivos:</b>	Resolver um problema de impacto ambiental através de investigação orientada sobre biotecnologia ambiental
<b>Material necessário:</b>	Computadores com acesso à internet
<b>Organização da classe:</b>	Grupos de 4 a 5 alunos.
<b>Descritor associado:</b>	<b>H21</b> – Identificar o impacto das tecnologias na qualidade de vida das populações.

A metodologia *webquest* foi criada em 1982 por Bernie Dodge e Tom March, professores da San Diego State University, com o objetivo de integrar a utilização da internet no currículo de modo significativo e incorporá-la às práticas de sala de aula, numa aprendizagem colaborativa e cooperativa, fornecendo um contexto acadêmico em que os alunos desenvolvem conhecimento, competências e valores. A *webquest* é uma investigação orientada, na qual algumas ou todas as informações com as quais os aprendizes interagem são originadas de recursos da internet. O objetivo desse instrumento não é a busca de informações em si, mas o que fazer com a informação, ou seja, resolver um problema ou atividade (DODGE, 1995). A atividade *webquest* é como uma missão a cumprir, em que o grupo de alunos se envolve com a realização de uma atividade que deve extrapolar o espaço/tempo da sala de aula.

Os elementos que constituem uma *webquest* são: introdução, tarefa, processo, avaliação e conclusão, caracterizando, dessa forma, o conceito de uma metodologia de pesquisa na internet estruturada previamente pelo professor. As *webquests* não exigem *softwares* específicos que utilizamos para produzir páginas da *web*; sua criação está ao alcance de todos os educadores (CARLAN, 2010).

A tarefa de pesquisa orientada sobre biotecnologia ambiental estará disponível no *link*: <http://zunal.com/webquest.php?w=253485>. Os alunos

deverão acessar o link da atividade para ter acesso às instruções para realização da tarefa. Como a *webquest* está hospedada em um banco de *webquests* norte-americano, as abas estão em inglês. Porém todo o texto da tarefa está em português, possibilitando sua execução.

Inicialmente, os alunos irão acessar a Introdução (*Introduction*) da atividade. Nela, é apresentado o cenário do problema a ser resolvido, bem como os fatos verídicos do derramamento de óleo na Bacia de Campos em 2011. Leiam com atenção todas as informações.



**Figura 1:** Aba Introdução da webquest Biotecnologia ambiental

Em seguida, na aba Tarefa (*Task*), os alunos serão inseridos no problema em questão e poderão visualizar o objetivo e a definição da atividade, que é apresentar três soluções de biotecnologia ambiental para reduzir os impactos ambientais causados pela contaminação de ambientes aquáticos por petróleo.



**Figura 2:** Aba Tarefa da *webquest* Biotecnologia Ambiental

Na aba Processo (*Process*), são apresentadas as instruções que os alunos deverão seguir para desenvolver a tarefa dada, além de conter os links para materiais disponíveis na internet que devem ser consultados para realizá-la. Além dos links sugeridos, poderão utilizar outros recursos provenientes da internet para pesquisar sobre possíveis soluções para o problema apresentado inicialmente.



**Figura 3:** Aba Processo da *webquest* Biotecnologia ambiental

Na aba Avaliação são apresentadas as informações sobre como a tarefa deverá ser entregue ao professor, e como ela será avaliada. Nessa parte são informados os critérios de que serão considerados para a avaliação.



**Figura 4:** Aba Avaliação da *webquest* Biotecnologia ambiental

Finalmente, na aba Conclusão (*Conclusion*) é apresentado o encerramento da atividade, contendo uma breve conclusão sobre o tema abordado. Aqui os alunos deverão refletir sobre o assunto abordado e avaliar se conseguiram atingir os objetivos propostos.



**Figura 5:** Aba Conclusão da *webquest* Biotecnologia ambiental





## Roteiro de ação 10

### A grande corrida

#### Informações básicas:

<b>Roteiro de ação:</b>	A grande corrida
<b>Área de conhecimento:</b>	Biologia
<b>Assunto:</b>	Biotecnologia
<b>Objetivos:</b>	Realizar revisão de conceitos relacionados a biotecnologia ambiental e a sustentabilidade
<b>Material necessário:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 folhas de papel A4</li> <li>• Canetas tipo Pilot</li> <li>• 4 garrafas PET de mesmo tamanho (preferencialmente de 2 litros e incolores)</li> <li>• Tinta guache ou corante de alimentos de quatro cores diferentes</li> <li>• 1 dado padrão de seis faces (preferencialmente feito de papelão e bem grande)</li> <li>• 1 dado de seis faces</li> <li>• Materiais diversos para as provas (de acordo com a proposta local)</li> <li>• Perguntas previamente formuladas sobre biotecnologia ambiental e sustentabilidade</li> </ul>
<b>Organização da classe:</b>	4 grupos

O ensino tradicional vem se tornando alvo de mudanças, que por vezes estão relacionadas à falta de estratégias educativas que estimulam o envolvimento ativo dos alunos, provocando neles a falta de interesse pelas atividades de sala de aula, obrigando o professor a buscar alternativas que o ajudem no favorecimento e facilitação desse processo (CABRERA, 2006; KRASILCHIK, 2004).

Tendo em vista essas alternativas, a utilização de jogos pedagógicos vem se tornando uma metodologia que visa complementar o processo de ensino-aprendizagem, partindo de um contexto educacional em contraste com o ensino tradicional. Cabrera (2006) afirma que “o lúdico, por ser uma atividade física e/ou mental, aciona e ativa as funções psiconeurológicas e os

processos mentais, pois o ser que brinca, joga e se expressa é também um ser que age, sente, pensa, aprende e se desenvolve intelectual e socialmente”.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio), mais do que fornecer informações, é fundamental que o ensino de Biologia se volte ao desenvolvimento de competências que permitam ao aluno lidar com as informações, compreendê-las, elaborá-las e refutá-las, quando for o caso (BRASIL, 1998).

Trecho retirado do artigo disponível em: [http://www.editora-realize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO\\_EV056\\_MD4\\_SA18\\_ID487\\_15082016122237.pdf](http://www.editora-realize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV056_MD4_SA18_ID487_15082016122237.pdf)

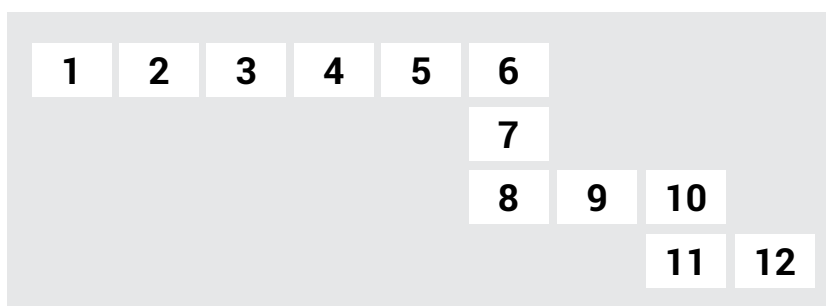
## A grande corrida

Para o desenvolvimento desta atividade, o professor deverá, em conjunto com os alunos, cortar as 25 folhas de papel ao meio e em cada uma delas escrever com caneta tipo Pilot um número de 1 até 50 (bem grande, como exemplificado na Figura 1). Esses números irão corresponder às casas do tabuleiro da Grande Corrida.

Essa atividade poderá ser realizada na quadra da escola ou em outro espaço disponível no ambiente escolar, mas ressaltando que os alunos possivelmente irão fazer barulho e terão que correr em alguns momentos. Portanto, o melhor é que seja um espaço amplo.

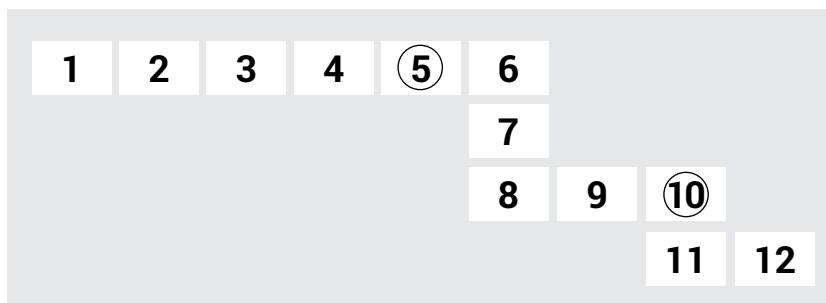
Com a ajuda dos alunos, o professor irá colar ou prender os 50 números no chão, formando uma sequência para compor o tabuleiro gigante.

Observe o exemplo a seguir:



**Imagem 1:** Exemplo dos papéis colados no chão para formar um tabuleiro

Atenção: Os números múltiplos de 5 deverão ser circutados, pois serão **casas especiais** no tabuleiro. Observe na próxima imagem os números 5 e 10 como exemplos.



**Imagem 2:** Exemplo de como deverão ficar os números múltiplos de 5 no tabuleiro

## Perguntas

O professor deverá ter preparado antecipadamente diversas perguntas relativas ao tema abordado nas aulas. Por essa razão, essa atividade deverá ser aplicada ao final de uma unidade ou mesmo ao final do bimestre escolar. Apenas como exemplo, apontamos a seguir algumas perguntas sobre a temática biotecnologia ambiental e sustentabilidade que poderão constar da atividade.

- O que vem a ser biotecnologia?
- Explique biorremediação.
- Dê um exemplo de biorremediação.
- O que são biocombustíveis?

- Cite dois exemplos de biocombustíveis.
- O que vem a ser desenvolvimento sustentável?
- Cite uma vantagem do uso de biocombustíveis.
- O que são compostos biodegradáveis?
- Explique seleção artificial.
- O que são alimentos transgênicos?
- Explique o que são herbicidas.
- O que vem a ser melhoramento vegetal?
- O que vem a ser monocultura (na agricultura)?
- Explique o que vem a ser biodiversidade.
- O que é transgene?
- O que é plasmídeo?
- O que são OGM?

É importante destacar que o professor tem total liberdade para escolher as perguntas que irá utilizar em sua atividade e deverá aprofundar os temas que achar mais pertinentes segundo a sua realidade local. Uma forma interessante de chamar os alunos a participar é justamente pedindo que eles ajudem a criar as perguntas que serão utilizadas. Dessa forma, eles estarão revisando os conceitos já durante a preparação da atividade.

### Casas especiais (múltiplos de 5)

O professor deverá preparar antecipadamente jogos curtos para serem utilizados caso alguma equipe caia em uma das casas especiais (múltiplos de 5). Listamos a seguir alguns exemplos de jogos curtos e que necessitam de materiais simples. Os jogos deverão ser preparados segundo a realidade local e de forma a divertir os alunos durante a atividade.

- Corrida do carrinho de mão - Um dos alunos deverá ficar na posição de carrinho de mão e será empurrado por outro aluno até atingir determinado ponto.
- Acertando a cesta - Um aluno deverá ficar com um balde na cabeça e os demais alunos ficarão a uma distância determinada e terão que acertar bolinhas plásticas no balde.

- Enchendo balões de aniversário - Os alunos deverão encher rapidamente balões de aniversário até que estourem.
- Carregando peso - Dois alunos deverão ficar um de costas para o outro e entrelaçar seus braços. Então o primeiro aluno deverá puxar o segundo para as suas costas e carregá-lo como uma mochila até chegar a um ponto específico.
- Cadeirinha - Dois alunos deverão ficar um de frente para o outro e cruzar seus braços formando uma “cadeirinha”. Um terceiro aluno deverá se sentar nessa “cadeirinha” e ser transportado por uma distância determinada.
- Camelinho - O aluno deverá manter suas pernas esticadas e então colocar suas mãos no chão. Ele deverá completar um percurso determinado dessa forma.
- Caixa d'água - Os alunos deverão se sentar em uma fileira e o aluno da frente deve estar de costas para o que estiver imediatamente atrás dele. O primeiro aluno terá em sua frente um balde com água e um pote. Já o último aluno terá atrás dele um outro balde. Então o primeiro aluno deverá encher o pote com água e passá-lo por cima de sua cabeça para que o aluno atrás dele possa também pegar. Eles deverão continuar passando o pote por cima de suas cabeças até que o pote chegue ao último aluno, que então poderá encher o balde.

Da mesma forma que a formulação das perguntas, uma excelente estratégia prévia é pedir que os alunos proponham as “provas” que deverão realizar nessa atividade.

Os alunos deverão ser divididos em quatro grupos. Cada grupo receberá uma garrafa PET com água tingida com tinta guache ou corante de alimentos. Serão necessárias quatro cores diferentes. Essas garrafas serão os pinos do tabuleiro.

## Como jogar?

Os alunos deverão jogar o dado para saber a ordem em que irão participar. Depois de identificada a sequência de participação das equipes, cada uma delas deverá jogar o dado e andar usando o pino (garrafa pet com água colorida) da sua equipe. Ao cair na casa o professor irá realizar uma das perguntas previamente preparadas. Se a equipe acertar a pergunta, ficará na casa. Caso contrário, deverá retornar até a casa onde estava no início da rodada. No entanto, caso uma das equipes retire no

dado um número que faça com que a sua equipe caia em uma das casas múltiplas do número 5, então não terão que responder nenhuma pergunta, pois terão que manter a posição derrotando uma das equipes nas provas. O professor deverá sortear contra qual equipe eles deverão competir e então apresentará a prova. Se a equipe que tiver caído em uma casa múltipla de 5 vencer a competição, permanecerá na posição atual. Caso contrário, terá que retornar para a casa onde estava no início da rodada. A equipe que foi desafiada não mudará sua posição, seja qual for o resultado.

Vencerá a equipe que chegar primeiro até o final do tabuleiro.

## Amarrando as ideias

A biotecnologia está presente em nosso cotidiano, não há como negar! Todos os dias são veiculadas notícias que muitas vezes nos fazem questionar “aonde isso vai parar”, não é verdade? E isso acontece tão rapidamente que muitas vezes nos vemos confusos diante de tantas novidades. Quase sempre esses temas trazem questões polêmicas, que geram questionamentos, dúvidas e medos.

A Biologia tem papel de destaque no tratamento dessas questões, como é apontado nos Parâmetros Curriculares Nacionais:

O conhecimento de Biologia deve subsidiar o julgamento de questões polêmicas, que dizem respeito ao desenvolvimento, ao aproveitamento de recursos naturais e à utilização de tecnologias que implicam intensa intervenção humana no ambiente, cuja avaliação deve levar em conta a dinâmica dos ecossistemas, dos organismos, enfim, o modo como a natureza se comporta e a vida se processa (pág. 14).

Cabe a nós, professores, estimular nossos alunos a analisar os diferentes contextos, possíveis conflitos e contradições, sempre trabalhando de forma diversificada com o uso de diferentes recursos e estratégias. Nossos textos base e roteiros de ações foram elaborados com essa perspectiva.

Da mesma forma, consideramos ser fundamental uma avaliação diversificada, em que sejam contempladas as diferentes habilidades do aluno. Não precisamos ficar restritos à avaliação escrita. O desempenho nos estudos dirigidos e a participação nos debates também podem ser utilizados para avaliar seu aprendizado. Lembre-se de que a avaliação deve ser contínua. Além do mais, isso permite uma análise crítica dos objetivos propostos, das metodologias e estratégias utilizadas, contribuindo para repensarmos nossa prática docente.