



# **Gestão de recursos naturais e energéticos**



# **Gestão de recursos naturais e energéticos**

Paulo Sérgio Siberti da Silva

Caroliny Matinc

Cristiane Fracaro Penzin

© 2017 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.  
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

**Presidente**

Rodrigo Galindo

**Vice-Presidente Acadêmico de Graduação**

Mário Ghio Júnior

**Conselho Acadêmico**

Alberto S. Santana  
Ana Lucia Jankovic Barduchi  
Camila Cardoso Rotella  
Cristiane Lisandra Danna  
Danielly Nunes Andrade Noé  
Emanuel Santana  
Grasiele Aparecida Lourenço  
Lidiane Cristina Vivaldini Olo  
Paulo Heraldo Costa do Valle  
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

**Revisão Técnica**

Carla Samara dos Santos Ferreira  
Carolina Belei Saldanha  
Caroliny Matinc  
Cristiane Fracaro Penzin

**Editorial**

Adilson Braga Fontes  
André Augusto de Andrade Ramos  
Cristiane Lisandra Danna  
Diogo Ribeiro Garcia  
Emanuel Santana  
Erick Silva Griep  
Lidiane Cristina Vivaldini Olo

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Silva, Paulo Sérgio Siberti da  
S586g      Gestão de recursos naturais e energéticos / Paulo Sérgio  
Siberti da Silva, Caroliny Matinc, Cristiane Fracaro Penzin. –  
Londrina : Editora e Distribuidora  
Educacional S.A., 2017.  
208 p.

ISBN 978-85-522-0205-9

1. Recursos energéticos 2. Meio ambiente. I. Matinc,  
Caroliny. II. Penzin, Cristiane Fracaro. IV. Título.

CDD 333.79

---

2017

Editora e Distribuidora Educacional S.A.  
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza  
CEP: 86041-100 – Londrina – PR  
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br  
Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

# Sumário

<b>Unidade 1   Recursos naturais: das ameaças à utilização sustentável</b>	<b>7</b>
Seção 1.1 - A Terra e os seus recursos	9
Seção 1.2 - As ameaças aos recursos naturais	24
Seção 1.3 - Utilização sustentável de recursos	40
<b>Unidade 2   Energia: conceito, diretrizes e situação energética brasileira</b>	<b>61</b>
Seção 2.1 - Energia e meio ambiente	63
Seção 2.2 - Política energética brasileira	79
Seção 2.3 - A crise energética no Brasil e no mundo	97
<b>Unidade 3   Energia nuclear</b>	<b>115</b>
Seção 3.1 - Introdução à energia nuclear	117
Seção 3.2 - Efeito dos radioisótopos e gestão de resíduos radioativos	131
Seção 3.3 - Energia nuclear: acidentes, o mercado e perspectivas futuras	147
<b>Unidade 4   Fontes alternativas de energia e suas perspectivas</b>	<b>165</b>
Seção 4.1 - Combustíveis fósseis	167
Seção 4.2 - Fontes alternativas de energia	179
Seção 4.3 - Perspectivas dos setores de energia limpa	191



# Palavras do autor

Prezado estudante, a gestão das atividades que envolvem o uso e o aproveitamento dos recursos da natureza deve ser feita de maneira racional. Quando falamos em racionalidade, significa empregar o seu raciocínio para resolver ou prevenir possíveis problemas advindos do uso incorreto dos recursos e serviços da natureza. Você precisa entender que todas as atividades das organizações devem ser realizadas buscando um equilíbrio entre respeito ambiental e ganhos econômicos, e esta disciplina tem o intuito de apresentar a você os aspectos ambientais, políticos e econômicos dos recursos naturais e fontes de energia com vistas à gestão e uso sustentável destes. Tais conhecimentos serão adquiridos nesta disciplina e, com isso, você poderá, em sua jornada profissional, contribuir para prevenção, controle e mitigação de impactos negativos tanto na sociedade como no meio ambiente.

Este livro é estruturado em quatro unidades de ensino, ao longo delas você aprenderá distintos conteúdos relacionados à gestão dos recursos naturais e energéticos.

Na primeira unidade, introduziremos conceitos básicos relacionados à Terra e aos recursos naturais, bem como conteúdos sobre os fenômenos que subsidiam o desenvolvimento da vida e, conseqüentemente, de nossas atividades econômicas. Veremos também algumas ameaças aos recursos da natureza e algumas medidas e maneiras que podem ser utilizadas para o seu uso sustentável. Na segunda unidade, vamos abranger o conceito de energia e sua relação com o meio ambiente, compreendendo as formas de consumo, os princípios e a organização energética no Brasil, bem como o modo de trabalhar a sua eficiência, analisando o panorama energético atual e as crises energéticas enfrentadas para que se exerça o uso racional da energia.

A terceira unidade do livro apresenta uma introdução à energia nuclear, aos efeitos dos radioisótopos e aos aspectos gerais da gestão de resíduos radioativos, do mercado da energia nuclear, dos acidentes mais significativos em usinas e das perspectivas dessa área de atuação. Na quarta unidade, aprenderemos sobre os combustíveis fósseis, como o petróleo e o gás natural, e sua gestão. Será trabalhado ainda

o conceito de fontes alternativas de energia, abrangendo as energias solar, eólica, hidráulica, biomassa e biocombustíveis, avaliando as perspectivas dessas energias para o futuro e seus desafios no cenário energético, considerando, principalmente, o meio ambiente e sua gestão sustentável.

Aproveite o momento para se dedicar o máximo possível à leitura do livro, do material complementar sugerido e para realização dos exercícios ao longo do curso. Bons estudos!

## Recursos naturais: das ameaças à utilização sustentável

### Convite ao estudo

Olá, aluno! Vamos iniciar a primeira unidade da nossa disciplina, intitulada Recursos naturais: das ameaças à utilização sustentável. O título é bem autoexplicativo, não é mesmo? Esperamos que ao concluir esse primeiro ciclo de estudos você saiba conceituar o que são recursos renováveis e não renováveis, caracterizar e detectar fatores que ameaçam e comprometem a sua disponibilidade e saiba inferir estratégias para o seu uso sustentável.

Para que você possa assimilar melhor e aplicar os conteúdos desta unidade, que tal começarmos partindo de uma situação próxima à sua futura realidade profissional? O intuito é que você veja um sentido em tudo que será apresentado e compreenda a importância de se dedicar ao estudo do livro.

Portanto, imagine-se na seguinte situação: você, consultor de uma empresa que comercializa ativos naturais (substâncias) para uso em uma gama ampla de produtos, está atuando em um setor multidisciplinar focado na prospecção de plantas (vegetais) que podem ser utilizadas na obtenção de novas matérias-primas. Pesquisando populações de uma árvore com potencial econômico, que cresce somente em sua região, você detectou que a madeira dessa árvore produz óleo rico em um ativo que pode ser utilizado na formulação e produção de cosméticos. A substância é vendida na forma sintética pelos concorrentes e é exportada a um preço relativamente alto. O interesse então está em vender a mesma substância, mas proveniente de fonte natural, para empresas de cosméticos que utilizam como insumo esse tipo de produto; o fato de ser "natural" agrega maior preço ao ativo, se comparado à sua forma sintética. Porém, o grande gargalo do projeto é que (i) os insumos dessa planta (madeira, óleo e ativo) têm como limite a escala da coleta (extrativismo)

e, assim, (ii) a sustentabilidade da floresta onde ela habita pode ser comprometida, pois não é possível garantir ainda o cultivo em escala industrial. Visando garantir o uso sustentável desse recurso, que também está ameaçado por outros impactos antrópicos, a empresa adquiriu recentemente áreas contendo algumas populações nativas da planta.

Avaliando dados quantitativos das áreas, você e o engenheiro responsável pelo projeto detectaram que as populações estão vulneráveis. Seu gestor solicitou, então, a sua participação como especialista para, por meio de um estudo da situação, apresentar uma proposta de manejo sustentável das populações, a fim de garantir nos estoques naturais (populações da planta), em médio e longo prazo, a disponibilidade do ativo que será vendido.

De acordo com o exposto, reflita: até que ponto esse e outros recursos podem ser renováveis? Que tipo de impactos podem influenciar na sua disponibilidade? Quais estratégias podem ser utilizadas para controlar os impactos das atividades extrativistas da organização e do entorno sobre a floresta? Ou seja, quais seriam as possibilidades de gestão?

As respostas desses e outros possíveis questionamentos podem ser encontradas nesta primeira unidade de ensino, em que estudaremos conteúdos relativos aos tipos de recursos que a terra disponibiliza, aos fatores que os ameaçam e às estratégias que podem ser utilizadas para garantir a sua disponibilidade. Portanto, aprofunde-se na leitura e bons estudos!

# Seção 1.1

## A Terra e os seus recursos

### Diálogo aberto

Entender conceitos e fenômenos básicos que subsidiam a nossa sobrevivência pode ser um diferencial no mercado de trabalho, principalmente para profissionais que atuam em atividades vinculadas ao meio ambiente. Diversos cargos podem necessitar da compreensão de que existem custos ambientais associados à produção e, muitas vezes, exigirão que o colaborador saiba como solucionar problemas relacionados ao uso dos recursos naturais. Você poderá participar desse tipo de tomada de decisão, indireta ou diretamente, como agora, no caso da nossa situação hipotética, em que, no papel de um consultor, você precisará apresentar para a empresa na qual trabalha uma proposta de manejo sustentável de populações de uma árvore portadora de um ativo que será vendido futuramente para uso em formulação de cosméticos. Essa planta é, no momento, um dos grandes investimentos da organização, por causa de seu potencial econômico.

Imagine agora que após algum tempo fazendo o levantamento *in situ* das áreas adquiridas pela empresa, foi verificado que uma porção significativa de uma das áreas, denominada *hotspot*, estava bem conservada. Ela foi assim chamada, *hotspot*, pois apresenta riqueza de fauna, nascentes, córregos, grandes maciços florestais da planta produtora do ativo e tem boa representatividade do bioma onde está inserida. Levando em conta esses dados, o seu gestor, com os diretores e CEO (*Chief Executive Officer*, traduzido para o português como Diretor Executivo), comunicaram a todos que a empresa transformará a porção conservada de *hotspot* em uma unidade de conservação particular destinada a atividades científicas da empresa e de educação ambiental de turistas e comunidades do entorno, sendo que estas utilizam tradicionalmente o tronco da planta portadora do ativo como mourão em construções de cercas de fazendas, sítios e até mesmo na construção de residências, que é prática muito comum e passa de geração para geração.

Assim se inicia seu estudo para a conservação desse recurso natural! Como parte do projeto, você foi designado pelo gestor a comparecer na comunidade mais próxima de *hotspot* para ministrar uma palestra introdutória para os moradores sobre o uso consciente dos recursos e serviços naturais das redondezas, na qual os seguintes pontos devem ser ressaltados: (I) O que são os recursos naturais e como eles podem ser classificados? (II) Por que recursos e serviços naturais devem ser tratados com racionalidade? (III) Até que ponto a planta, explorada e utilizada tanto pela empresa como pela comunidade local, poderá continuar gerando os recursos que são demandados (madeira, óleo e ativo)? (IV) A comunidade e a empresa devem atentar para garantir a sustentabilidade das áreas onde existe o extrativismo da madeira dessa planta?

Que tal se preparar para essa palestra? Apresentaremos a seguir os conteúdos necessários para que você possa ministrar essas informações e, adicionalmente, compreender as bases científicas e conceituais relacionadas à atmosfera e ao clima. Tais conteúdos poderão ajudá-lo em algum momento na detecção de gargalos em uma organização ou contribuir para o seu sucesso em estudos de problemáticas específicas, como a gestão dos recursos da natureza.

## **Não pode faltar**

Caro aluno, o sistema Terra possui compartimentos externos (atmosfera, hidrosfera e biosfera) e internos (litosfera, astenosfera, manto e núcleo). A atmosfera, a hidrosfera e a litosfera compõem a biosfera, um conjunto de componentes do planeta em que é possível existir a vida. Existe na biosfera um meio, um espaço onde os seus componentes interagem, fornecendo condições para que um ser viva e se desenvolva, transformando o meio ou sendo transformado por ele.

A Terra abriga uma infinidade de espécies animais e vegetais, contém os habitats dessas espécies e os recursos necessários para garantir a sua sobrevivência. É um sistema ativo e dinâmico que necessita estar em equilíbrio. Cabe ao profissional atuante na área dos recursos e serviços naturais contribuir para a gestão adequada e sustentável destes para que as necessidades presentes e futuras de qualquer tipo de entidade biológica não estejam comprometidas.



**Entidade biológica:** é o mesmo que organismo. Toda entidade biológica é capaz de reproduzir ou transferir o seu material genético (BRASIL, 2005).

**Habitat:** local onde uma determinada espécie vive.

Os **recursos naturais**, junto com os serviços naturais, fazem parte do capital natural, um dos vários componentes da sustentabilidade ambiental. Eles dão suporte à continuidade da vida e às nossas atividades econômicas, garantindo que elas se sustentem. Recursos naturais são, portanto, os bens, insumos ou materiais contidos na natureza, que são essenciais para nós, seres vivos. Alguns exemplos desses recursos são o ar, a água, os minerais, o sol, o vento, o solo, a biodiversidade e os combustíveis fósseis. Já os serviços naturais são os mecanismos ou processos disponíveis na natureza que capacitam e dão suporte à nossa sobrevivência e ao desenvolvimento econômico. Como exemplos, temos a purificação da água, da camada de ozônio, a renovação do solo e a reciclagem de nutrientes.

Graças aos serviços e recursos naturais temos qualidade de vida! Mas, por causa da má gestão destes, essa qualidade está diminuindo. Portanto, a gestão adequada desses serviços e recursos é fundamental.

Focando agora em nós, seres humanos, é grande a importância desses elementos da natureza em suprir as nossas demandas energéticas e por matérias-primas, não é mesmo? Uma das formas que o nosso sistema econômico está ligado à natureza é por meio do deslocamento dos recursos naturais de seus estoques para a economia, mas temos de ter em mente que nada é infinito, existem recursos que se renovam relativamente rápido dentro de um contexto biológico, enquanto outros não. Aos primeiros, atribuímos o nome de recursos renováveis e aos segundos, de não renováveis.

Recursos renováveis são aqueles que se renovam por meio de processos naturais – assim como os não renováveis – e encontram-se disponíveis, desde que utilizemos sem afetar a capacidade de resiliência do meio ambiente, dentro de um tempo equivalente à média de vida de um ser humano, ou seja, um tempo curto. Alguns exemplos de recursos renováveis são vegetais, peixes, o solo fértil e o ar limpo. Se explorados com racionalidade, não se esgotarão.

Os recursos não renováveis encontram-se disponíveis em estoques/reservas esgotáveis ou fixas para o homem e podem ser consumidos mais rapidamente do que a sua capacidade de formação/regeneração. O processo de renovação desses recursos pode levar milhões de anos, como é o caso do petróleo, ou dificilmente se formarão novamente. Ou seja, o tempo de renovação é muito maior do que a média de vida de um ser humano. Entre os recursos não renováveis, podemos destacar os recursos de energia, como o carvão, gás natural e o petróleo; os metais, como o ferro, alumínio e ouro; e até mesmo os chamados não metálicos, entre eles o sal e a areia. Medidas de consumo ponderado desses recursos devem ser sempre adotadas, no intuito de deixá-los disponíveis para o futuro.



### Assimile

Classificamos, então, os recursos naturais como renováveis ou não renováveis. Ressalta-se que os renováveis são renovados em um tempo relativamente curto. Os não renováveis possuem um estoque fixo na natureza e, para serem renovados, necessitam de milhares e milhares de anos. Ambos devem ser utilizados com racionalidade e respeitar a resiliência ambiental, que é a capacidade que o meio tem de entrar em equilíbrio (voltar às condições iniciais) após sofrer algum tipo de perturbação. Quanto mais rápido o sistema voltar à sua condição inicial, maior é a resiliência.



### Exemplificando

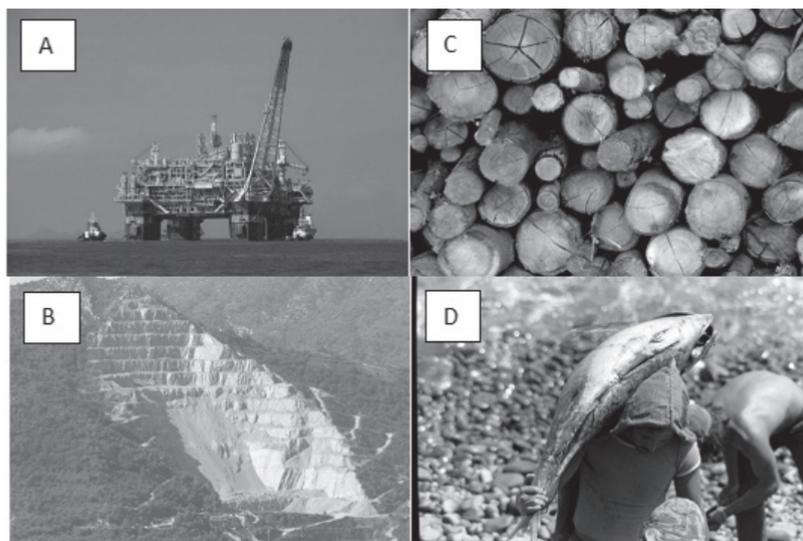
Podemos observar a presença dos recursos naturais em nossas vidas diariamente. Desde os alimentos que compramos, o sal e a tábua de madeira que utilizamos para preparar os alimentos, os recipientes de plástico que utilizamos para guardá-los, os copos e recipientes de vidro utilizados para armazenar líquidos e sólidos, os eletrodomésticos e o carro feitos de plástico, metal, vidro e borracha, até à lâmpada, feita de vidro e metal, e que graças a alguns tipos de energias presentes na natureza nos fornece a luz, essencial para a realização de nossas tarefas e a movimentação das atividades econômicas da humanidade.

Existem algumas formas de obtenção dos recursos naturais, como o extrativismo, a agricultura, a pecuária e a geração/transformação de energia.

O extrativismo é uma forma de coletar os recursos da natureza, sejam eles animais, vegetais ou minerais. Esta é, possivelmente, uma das formas de obtenção de recursos mais antiga de que temos registro.

Principalmente durante a Revolução Industrial, muitos dos recursos naturais eram extraídos e utilizados de forma indiscriminada, não existindo preocupação com a reconstituição. Nos dias atuais, graças à crescente rigidez das legislações vigentes, empresas têm revisto a forma de realizar as suas atividades e extrair os recursos da natureza. Atualmente, muitas atividades de extrativismo necessitam de planos de gestão dos recursos bem estabelecidos, sejam eles renováveis ou não renováveis, em que devem incluir estratégias de controle e preservação/conservação ambiental. Exemplos de extrativismo são apresentados na Figura 1.1.

Figura 1.1 | Tipos de extrativismo. A e B – mineral: petróleo e calcário (recursos não renováveis), respectivamente; C – vegetal: madeira (recurso renovável); D – animal: atum (renovável)



Fonte: A - <<https://goo.gl/ztlpBo>>; B - <<https://goo.gl/uhxCcZ>>; C - <<https://goo.gl/ILUWkz>>; D - <<https://goo.gl/6maell>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

Na pecuária (Figura 1.2A) e agricultura (Figura 1.2B), os recursos naturais são obtidos pelas atividades de criação de animais e produção vegetal, respectivamente. Na geração de energia, recursos com potencial energético são obtidos ou aproveitados da natureza e utilizados para gerar energia elétrica. No Brasil, a energia elétrica é

gerada principalmente pelo aproveitamento do potencial energético da água (Figura 1.2C). Porém, podemos aproveitar os ventos, a luz solar e o potencial energético das marés, por exemplo, para a geração de energia “limpa”.

Figura 1.2 | Outras formas de obtenção de recursos naturais



Fonte: A - <<https://goo.gl/yP0rhg>>; B - <<https://goo.gl/YltLZj>>; C - <<https://goo.gl/K81pzo>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

Para ser sustentável, um sistema natural ou cultural do ser humano deve ter a capacidade de sobreviver, desenvolver-se e de se adaptar às mudanças ambientais em um futuro de longo prazo. Mas levando em conta o modelo de desenvolvimento contemporâneo, com a exploração exacerbada dos recursos disponíveis, a poluição das águas e do ar, o aquecimento global e as mudanças climáticas, a sustentabilidade desses sistemas e recursos corre um grande perigo.

Portanto, entender as bases científicas e conceituais relacionadas às mudanças climáticas é muito importante. Às vezes, a sua análise ou capacidade de eliminação de gargalos em uma empresa ou o seu sucesso em estudos de problemáticas específicas, como a própria gestão dos recursos naturais, poderá depender de seu entendimento sobre a composição, as condições e os fenômenos atmosféricos e climáticos. Assim, vamos conhecer um pouco sobre a atmosfera e o clima, que são limitantes para a sobrevivência, o desenvolvimento e a adaptação dos organismos, e também para o desempenho de determinadas atividades econômicas que demandam de recursos naturais, como é o caso da agricultura e até mesmo da geração de energia elétrica, como veremos adiante.

Tais conteúdos também serão base importante para que você entenda melhor alguns temas que serão apresentados na Seção 1.2, em relação às ameaças aos recursos naturais.

A **atmosfera** é a camada de gases em movimento que envolve a Terra. Nela ocorrem os processos que protegem os seres vivos dos níveis perigosos da radiação ultravioleta, e existem os componentes de radiação e gases necessários para processos vitais de plantas e

animais, como a fotossíntese e a respiração. Pensando nisso, sem a atmosfera certamente não existiriam os recursos naturais que temos disponíveis hoje, não é mesmo?

É nos primeiros 12 km acima da superfície da Terra/océano que encontramos aproximadamente 90% do peso da atmosfera. Isso dá uma noção de quão rarefeita ela se torna conforme o aumento da altitude.

Com relação à sua composição, esta pode variar de acordo com fatores naturais ou humanos, em que materiais ausentes podem em algum momento ser introduzidos, por isso vamos levar em conta o ar limpo e seco. De acordo com essa premissa, podemos apresentar uma proporção aproximada dos constituintes da atmosfera, sendo eles: nitrogênio (78%), oxigênio (21%), argônio (0,9%), dióxido de carbono (0,03%) e vapor d'água, todos estes em concentrações variáveis em função de condições climáticas locais.

A atmosfera é constituída por camadas com diferentes condições de temperatura e pressão, sendo as principais: troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera, todas delimitadas entre si por áreas de descontinuidade cujo nome leva o sufixo "pausa": tropopausa, estratopausa e mesopausa (Figura 1.3).

Figura 1.3 | A estrutura da atmosfera (em cinza, a superfície terrestre)



Fonte: elaborada pelo autor.

Focaremos o seu estudo nas duas primeiras camadas atmosféricas, a partir da superfície terrestre e oceânica: troposfera e estratosfera. Nós habitamos a troposfera, primeira camada de baixo para cima, que faz limite com a estratosfera (onde os aviões a jato são frequentes) pela tropopausa. A troposfera tem extensão variável, cerca de 10 até

20 km – na linha do Equador – e a sua temperatura diminui em função da altitude, chegando a cerca de  $-55/60\text{ }^{\circ}\text{C}$  na tropopausa.

Por causa das baixíssimas temperaturas na tropopausa, é na troposfera que os fenômenos climáticos acontecem. As nuvens, formadas pela convecção do ar, não ultrapassam os limites da tropopausa, que funciona como um isolante térmico no qual todo o restante de vapor d'água se condensa.



### Assimile

Na convecção ocorre o movimento de um fluido (gasoso ou líquido) mediante diferenças de densidade de massa. Com o aquecimento, o volume ocupado pelo fluido aumenta, a massa se torna menos densa, ascendendo e ocupando espaço de massas com temperaturas mais baixas e, portanto, mais densas. Imagine que se o aquecimento for mantido, correntes de convecção são formadas mantendo o fluido em circulação.

A partir da tropopausa até 40 km, contando da superfície, na estratosfera existe a camada de ozônio, chamada dessa forma por causa da grande concentração de  $\text{O}_3$  que apresenta. O ozônio também está presente em outras regiões da atmosfera.



### Pesquise mais

Como sugestão para aprender mais sobre a atmosfera, acesse o vídeo a seguir. De forma interativa, as camadas da atmosfera são esquematizadas e caracterizadas em mais detalhes:

Projeto Meteorologia. **Camadas atmosféricas**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=TRhHR7nLE2g>>. Acesso em: 4 mar. 2017.

Dos polos ao Equador e do oceano ao continente, a atmosfera apresenta variações de temperatura e umidade que, por exemplo, em nível local, refletem as suas peculiaridades. A tendência é que a umidade e a temperatura do ar se mantenham em equilíbrio, de acordo com a superfície em que o ar se encontra. Quando a propriedade do ar permanece relativamente constante por uma determinada extensão de área, diga-se grandes extensões horizontais e homogêneas, temos uma massa de ar. Porém, o ar, deslocando-se de uma região para outra por meio dos ventos, pode mudar de propriedade. As características atmosféricas locais de umidade, altitude e temperatura são exemplos de variáveis que contribuem para o clima, como veremos a seguir.

Nas regiões de menores latitudes do globo, ou seja, próximas à linha do Equador, a incidência de radiação solar é maior. Essas regiões, mais quentes, apresentam bastante frequência de oceanos e florestas e, conseqüentemente, chuvas.



### Exemplificando

Um exemplo de floresta situada na região da linha do Equador é a Amazônica. Detentora de grande diversidade de fauna, flora e recursos naturais, como minerais, madeira, água doce, carvão vegetal, solo, entre outros, trata-se de um domínio fitogeográfico que atrai diversas modalidades de atividades extrativistas, sendo também um imenso laboratório a céu aberto para pesquisas. De 2015 a 2016, o desmatamento na Amazônia foi de 7.989 km<sup>2</sup> (GREENPEACE, 2016). Em 2001, uma porção dessa floresta foi aprovada como Reserva da Biosfera, um instrumento de gestão integrada, participativa e sustentável dos seus recursos naturais, que incentiva a exploração racional de produtos madeireiros, o fortalecimento da economia, da bioprospecção, dos bionegócios e da biotecnologia.

À área equatorial com temperatura e pressão características damos o nome de Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A ZCIT, como também é chamada, é caracterizada por apresentar movimento constante e lento de ar ascensional por causa do calor. Ar este que, conforme se resfria nas grandes altitudes, tende a descender aproximadamente na altura da linha dos trópicos ao norte e ao sul, como ventos contra-álisios, formando uma zona de alta pressão nos trópicos, ao passo que temos uma zona de baixa pressão equatorial que atrai esses ventos de baixos níveis, chamados de alísios, que sopram frequentemente dos trópicos ao Equador com um componente leste → oeste por causa da ação de uma força chamada força de Coriolis.



### Refleta

Se os ventos alísios sopram da altura dos trópicos em direção à linha do Equador e são constantes, imagine o mapa do Brasil. Em determinado momento ele é cortado pelo Equador. Portanto, qual é a região do país com grande potencial de aproveitamento eólico?

Como nos polos norte (Ártico) e sul (Antártica) há zonas de baixa temperatura, temos um ar consequentemente denso e, assim como nos trópicos, estas são zonas de alta pressão atmosférica. Entre os polos e os trópicos, em uma latitude de aproximadamente 60°, existe uma zona de baixa pressão que recebe os ventos que vão em direção à zona polar.

Interessante ressaltar que próximo à linha do Equador, especificamente na área do Oceano Índico, quando é verão no hemisfério norte, ocorrem regiões de baixa pressão atmosférica no continente asiático (região sul e sudeste), ao passo que no hemisfério sul, onde é inverno na região oceânica, forma-se uma zona de alta pressão, originando os ventos sazonais de monções em direção ao continente (norte). Esses ventos, de grande importância econômica para essas regiões continentais, levam consigo umidade do oceano, chuva no continente e favorecem a prática da agricultura em áreas alagáveis.



### Refleta

É quando ocorre o contrário, *inverno no continente asiático*, qual é a direção em que os ventos de monções sopram? Levando em conta esse exemplo, onde (hemisfério norte/sul) se formam as regiões de baixa e alta pressão atmosférica?

Antes de falarmos propriamente sobre o **clima**, é importante entender que existe um balanço entre a energia que chega no sistema climático da Terra e o que ela absorve e a quantidade de energia que é refletida, tendo a atmosfera participação importante nesse processo.

De 100% da luz do Sol (com ondas curtas e longas) que a Terra recebe, a maior parte é de ondas na faixa de luz visível e infravermelho. Destes 100%, cerca de 30% é refletido pela atmosfera (ar e nuvens contribuem com aproximadamente 26%) e superfície (aproximadamente 4%) e não exerce influência no clima. Cerca de 45% chega à superfície (Terra/oceano) e é absorvido, ao passo que 25% é absorvido pela atmosfera (principalmente por  $H_2O$  no estado de vapor na troposfera,  $O_3$  e  $O_2$ ).

Parte da energia absorvida pela superfície da Terra vai para a atmosfera por meio de ondas infravermelhas e é absorvida principalmente pelo dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e vapor d'água ( $H_2O$ ).

Isso aquece a atmosfera, que eventualmente irradia essa energia para a superfície juntamente com o Sol. A energia que vai para a superfície é novamente emitida para a atmosfera, que irradiará uma parte para baixo e assim por diante, resultando em um efeito de estufa.

Associado a todo esse processo que ocasiona o aquecimento do planeta, a temperatura, a umidade e a pressão atmosférica compõem os elementos climatológicos que são influenciados por fatores como altitude, latitude, vegetação, continentalidade, maritimidade, massas de ar e correntes marítimas. Todos esses fatores propiciam a formação de padrões/comportamentos climáticos gerais de longo prazo em um determinado espaço. Climas similares tendem a originar ecossistemas similares e podem fornecer indicativos importantes sobre os tipos biológicos que podem ser encontrados ou introduzidos nessas regiões e, conseqüentemente, contribuir para a gestão de determinados recursos, como vegetais e animais.



### Assimile

Condições de tempo meteorológico médias e de longo prazo caracterizam o *clima*. Portanto, o *tempo* meteorológico é o estado climático de curta duração.



### Exemplificando

- Imagine que hoje choveu no deserto, cujo *clima* tipicamente é seco. O *tempo* de precipitação no deserto, conseqüentemente, não faz parte do seu padrão climático em longo prazo.
- Levando em conta a latitude, sabemos que os trópicos do planeta são as regiões de maior incidência solar e, climaticamente, dizemos que essa região tropical é típica de *clima* quente. Saindo das latitudes mais baixas – Equador e trópicos – a média de temperatura cai. Isso gera um *clima* temperado, com verões quentes – por causa da proximidade com os trópicos – e invernos frios. Nos círculos polares, localizados nas maiores latitudes e desprivilegiados de luz, temos o *clima* tipicamente frio.

## Sem medo de errar

Lembrando o que foi apresentado no item *Diálogo aberto* desta seção, vamos agora direcioná-lo para esclarecer os pontos que devem ser apresentados na palestra com a comunidade próxima do *hotspot*, uma unidade de conservação criada pela sua empresa após

levantamento *in situ* das regiões de ocorrência da árvore com o ativo que ela deseja utilizar na venda para fabricação de cosméticos.

Com relação ao primeiro ponto, *"o que são os recursos naturais e como eles podem ser classificados?"*, lembre-se de informar os moradores que consideramos recursos naturais aqueles insumos da natureza que são essenciais para nós, tanto para sobrevivência como para o desenvolvimento das nossas atividades econômicas. Um exemplo são as árvores que eles, no caso, usam para a construção de cercas e residências. Quanto à classificação, informe que os recursos se distinguem justamente pelo seu tempo de renovação na natureza e, de acordo com esse critério, podem ser classificados nos dois tipos que estudamos no item *Não pode faltar*. Você lembra quais são esses tipos? Caso necessário, retome os estudos e revise-os novamente.

Esse seria um bom momento da palestra para fazer uma ligação e explicar aos moradores como podemos classificar a árvore que ambos (empresa e comunidade) exploram. Trata-se de um recurso renovável ou não renovável?

Para a apresentação do segundo ponto, *"por que os recursos e serviços naturais devem ser tratados com racionalidade?"*, seria interessante você fazer a comunidade refletir que, por causa das crescentes demandas pelos recursos ao longo do tempo, garantir a reserva destes é essencial para o desenvolvimento social e econômico das gerações atuais sem comprometer o das futuras. Aliada à importância econômica da madeira, por exemplo, é necessário fazê-los entender que garantir a conservação das árvores em seu habitat natural asseguraria que a vegetação das redondezas continuasse disponibilizando para todos os seus serviços, que capacitam e dão suporte à sobrevivência e à economia. Como vimos, alguns exemplos de serviços naturais são a purificação da água, do ar e a reciclagem de nutrientes. Esses serviços nada mais são do que os benefícios que a natureza nos confere ao conservá-la e que são essenciais para subsidiar a nossa vida no planeta Terra.

Feito isso, é importante ressaltar que todo uso racional dos recursos naturais parte do pressuposto de que a resiliência ambiental será considerada. Relembre com a comunidade o conceito de resiliência estudado por você aqui, no livro didático, informando-a que, por meio disso, será possível obter por um

tempo indeterminado os recursos que a planta oferece (madeira, óleo e ativo). O respeito à resiliência das populações da árvore portadora dos recursos é, portanto, um ponto que deve ser sempre observado por todos. Isso garantirá a sustentabilidade das áreas onde o extrativismo da sua madeira é permitido. Fazendo essas considerações finais, você garantirá que os dois últimos pontos (iii e iv) de sua palestra sejam explorados.

## Avançando na prática

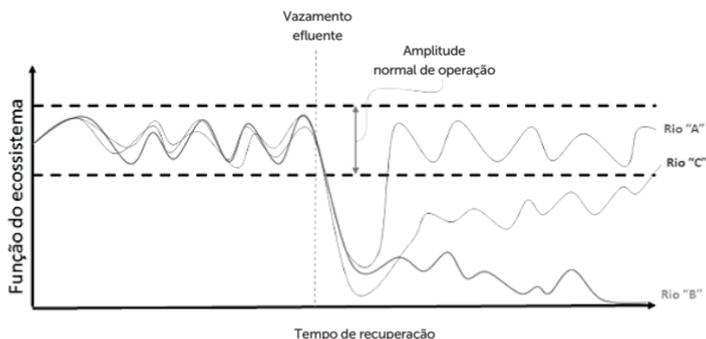
### Falha de percurso

#### Descrição da situação-problema

Imagine agora que você, gerente de manutenção e melhorias de um sistema de produção têxtil, foi informado que uma tubulação, que levava os despejos de tingimento de jeans até uma estação de tratamento, se rompeu. A quantidade de efluente despejado acabou atingindo três rios nas proximidades da fábrica. Esses rios já eram monitorados antes do desastre pela empresa, para assegurar a qualidade de suas águas e mitigar possíveis impactos dos processos produtivos.

Após a contenção do vazamento, você solicitou que a equipe responsável pelo monitoramento das águas dos rios fosse até os locais e iniciasse os processos de despoluição e acompanhamento dos três ecossistemas aquáticos após o distúrbio. Depois de determinado período, o primeiro resultado foi gerado (Figura 1.4). O grupo percebeu claramente que, após o vazamento, houve um desvio na amplitude normal de operação da função ecossistêmica dos três rios.

Figura 1.4 | Comportamento dos três ecossistemas aquáticos antes e após o vazamento de efluente e posterior tratamento das suas águas



Fonte: elaborada pelo autor.

Agora é com você: com relação ao tempo de recuperação (eixo x) da operação normal da função dos ecossistemas dos rios afetados (eixo y), qual apresentou maior resiliência? Quanto aos pontos críticos (gargalos), existe algum desses rios que merece atenção redobrada por parte da equipe?

### Resolução da situação-problema

Para solucionar o primeiro questionamento é essencial que você analise o gráfico observando a capacidade que cada ecossistema aquático tem de voltar às suas condições iniciais (normais) de operação após o desastre e depois do tratamento em função do tempo.

Podemos inferir que, dos três, o ecossistema do Rio "A" foi o que apresentou maior resiliência, pois demorou menos tempo para voltar às suas condições normais de operação após o distúrbio, seguido do Rio "C", que demorou mais do que "A" para atingir a amplitude normal de operação da função ecossistêmica. Embora os três corpos d'água mereçam atenção quanto ao tratamento, atenção redobrada deve ser dada ao ecossistema aquático do Rio "B", que não está se mostrando resiliente, tendo a sua função praticamente perdida. Lembrando o que aprendemos no tópico anterior do livro didático: quanto mais rápido o sistema voltar à sua condição inicial, maior é a sua resiliência.

### Faça valer a pena

**1.** A natureza contém recursos e serviços naturais essenciais para a sobrevivência dos seres vivos e o desenvolvimento das atividades econômicas humanas.

Com relação aos recursos naturais, assinale a alternativa que apresenta a afirmação correta:

- a) Os recursos renováveis sempre estarão à disposição da humanidade, independentemente de haver ou não a gestão correta desses, o que explica o uso do termo "renovável".
- b) Mesmo todos os recursos da natureza sendo renováveis, devemos respeitar a capacidade de resiliência do meio ambiente para assegurar a disponibilidade desses em longo prazo.
- c) Recursos renováveis, como é o caso do petróleo e do carvão mineral, se mal geridos, podem ter seus estoques esgotados para as próximas gerações.
- d) Os recursos renováveis sempre estarão à disposição da humanidade, desde que exista correta gestão desses, respeitando a capacidade de resiliência do meio ambiente.
- e) Para os recursos renováveis, como plantas e peixes, não existe a necessidade de planos de gestão em caso de atividades extrativistas.

**2.** Um analista ambiental de uma empresa está classificando alguns recursos que foram identificados em uma extensa área onde atividades extrativistas estão sendo realizadas. Essa lista, com a classificação dos recursos, fará parte de um laudo técnico que será apresentado ao governo do Estado, com o propósito de subsidiar a criação de uma área protegida, próxima à área de exploração. O intuito é realizar a gestão sustentável dos recursos, mas ainda constam para classificação os seguintes, encontrados nos limites da propriedade:

I. Recursos minerais:

- Ferro.
- Manganês.
- Ouro.

II. Recursos vegetais e animais:

- Candeia: árvore.
- Tambaqui: peixe.
- Pacu: peixe.

Para completar a classificação do analista e de acordo com a classificação dos recursos em renováveis e não renováveis, podemos considerar que:

- a) Em "I" todos são recursos renováveis. Em "II" todos são recursos não renováveis.
- b) Tanto em "I" como em "II" todos os recursos são não renováveis.
- c) Tanto em "I" como em "II" todos os recursos são renováveis.
- d) O ferro, constante em "I", é renovável; os demais apresentados em "I" são não renováveis.
- e) Em "I" todos são recursos não renováveis. Em "II" todos são recursos renováveis.

**3.** "Esta camada é essencial para a vida e o funcionamento ordenado dos processos físicos e biológicos sobre a Terra [...] protege os organismos da exposição a níveis arriscados de radiação ultravioleta, contém os gases necessários para os processos vitais de respiração celular e fotossíntese e fornece a água necessária para a vida".

Fonte: GRIMM, A. M. **Meteorologia básica**: notas de aula. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>>. Acesso em: 4 mar. 2017.

Levando em conta essas informações, qual é o nome da camada a que o texto se refere e quais são as suas principais partes?

- a) Refere-se à biosfera, cujas principais partes são a troposfera, estratosfera, mesosfera e a termosfera.
- b) Refere-se à atmosfera, cujas principais partes são a troposfera, estratosfera, biosfera e a termosfera.
- c) Refere-se à atmosfera, cujas principais camadas são a troposfera, litosfera, mesosfera e a termosfera.
- d) Refere-se à atmosfera, cujas principais camadas são a troposfera, estratosfera, mesosfera e a astenosfera.
- e) Refere-se à atmosfera, cujas principais camadas são a troposfera, estratosfera, mesosfera e a termosfera.

# Seção 1.2

## As ameaças aos recursos naturais

### Diálogo aberto

Olá, aluno! Na seção anterior você estudou quais são os tipos de recursos naturais, viu que o capitalismo os desloca da natureza para a economia e aprendeu a função da atmosfera na manutenção da vida e das nossas atividades econômicas. Agora, você avançará aprendendo sobre quais são as ameaças a nós e aos nossos recursos e conhecerá as estratégias que o país tem para geri-los.

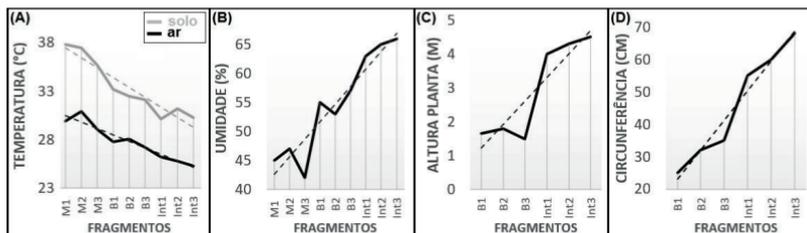
É importante reler o item *Convite ao estudo* para lembrar-se do contexto em que você está inserido.

Depois do que foi estudado na Seção 1.1, você deve ter se saído muito bem na palestra com a comunidade próxima ao *hotspot*. Saiba que essa palestra foi muito importante, pois a empresa tem como conceito que a educação ambiental é um instrumento essencial à sustentabilidade da gestão dos recursos naturais.

Concluída essa primeira etapa, agora é hora de darmos continuidade ao estudo da conservação das populações da planta com potencial de uso econômico. Você se lembra de que foi informado, na seção anterior, sobre a situação vulnerável dessas populações? Sua equipe o aguarda agora para debater os resultados (Figura 1.5) do laudo obtido de um estudo feito em três áreas adquiridas e que contém fragmentos com populações da árvore impactadas pela agropecuária e pelo desmatamento. A empresa quer verificar que tipos de impacto essas atividades causaram nos fragmentos remanescentes e solicitou análises de parâmetros na matriz antropizada, na borda e no interior de cada fragmento.

A informação que sua equipe obteve do antigo proprietário foi a de que o isolamento desses fragmentos ocorreu na mesma época, há alguns anos. Observe os parâmetros na Figura 1.5 A-C.

Figura 1.5 | Parâmetros medidos em três fragmentos florestais (1, 2 e 3) adquiridos pela empresa



M1, M2 e M3 = Matriz antropizada\* dos fragmentos 1, 2 e 3.

B1, B2 e B3 = Bordas dos fragmentos 1, 2 e 3.

Int1, Int2 e Int3 = Interior dos fragmentos 1, 2 e 3.

\*Matriz antropizada= área mais externa do fragmento, mais externa que a borda. Ou seja, nessa área ocorrem as atividades de agropecuária, não existindo árvores.

Fonte: elaborada pelo autor.

Analisando os dados da Figura 1.5, a qual conclusão é possível chegar? O que está ocorrendo com esses fragmentos após o isolamento? É necessário atentar a algum ponto crítico para evitar maiores consequências no futuro? Agora é a sua vez de contribuir para a sua equipe, que aguarda o seu parecer!

Atente ao que virá adiante, no item *Não pode faltar* desta seção. São conteúdos necessários para o cumprimento dessa etapa do estudo e relacionados ao desenvolvimento urbano e consumo irracional dos recursos da natureza. Faça os seus estudos e boa leitura!

## Não pode faltar

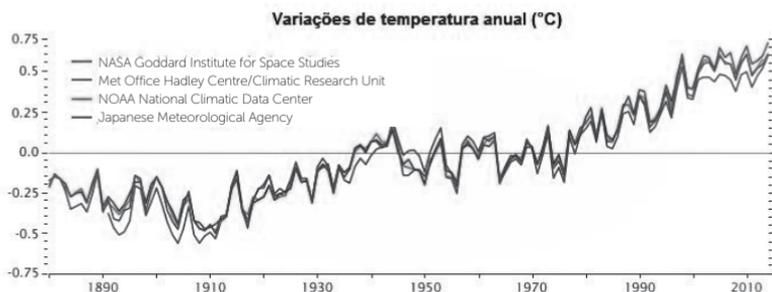
Quando falamos em ameaças ao ambiente, um dos nossos primeiros pensamentos é sobre a mudança do clima, não é mesmo? Mas se refletirmos sobre o início da formação do planeta, há cerca de 4,6 bilhões de anos, veremos que sempre houve alterações climáticas com longa duração, como as glaciações e os períodos interglaciais. Portanto, o fato de o clima estar sempre mudando nada mais é do que algo que ocorre naturalmente há milhões e milhões de anos. Porém, isso tem se intensificado de forma acelerada por causa do homem (ação antrópica).

Prova de nossa ação no ambiente é que, na história do planeta, os cientistas denominaram "nossa passagem pela superfície" como antropoceno, por causa dos consideráveis impactos que causamos no sistema Terra, impactos estes responsáveis por afetar o clima drasticamente, a disponibilidade e renovação de recursos naturais,

e elevar os níveis dos oceanos, causar o derretimento das geleiras, alterar a vazão de rios e a diversidade biológica e causar efeitos drásticos na saúde humana devido ao clima rigoroso que enfrentamos. Esses são os efeitos no ambiente do desenvolvimento humano e do consumo dos recursos naturais.

Se você fizer uma busca rápida na internet, verá que a Revolução Industrial é considerada como ponto de *start* (início) para toda a problemática ambiental atual. Estudos apontam que a partir dela iniciou-se um aumento considerável da temperatura média global (Figura 1.6). Ou seja, com o passar dos últimos 60 anos o mundo tem ficado cada vez mais quente. Esse “aquecimento global” é ocasionado pelo desequilíbrio do balanço energético do planeta e é fonte de grande debate em toda a sociedade contemporânea.

Figura 1.6 | Variações anuais de temperatura referentes ao período 1880-2014 registradas em estações meteorológicas dos Estados Unidos (NASA - *National Aeronautics and Space Administration*; NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*), Reino Unido (*Met Office Hadley Centre for Climate Science and Services*) e Japão (*Japanese Meteorological Agency*)



Fonte: <<https://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/decadaltemp.php>>. Acesso em: 14 mar. 2017.



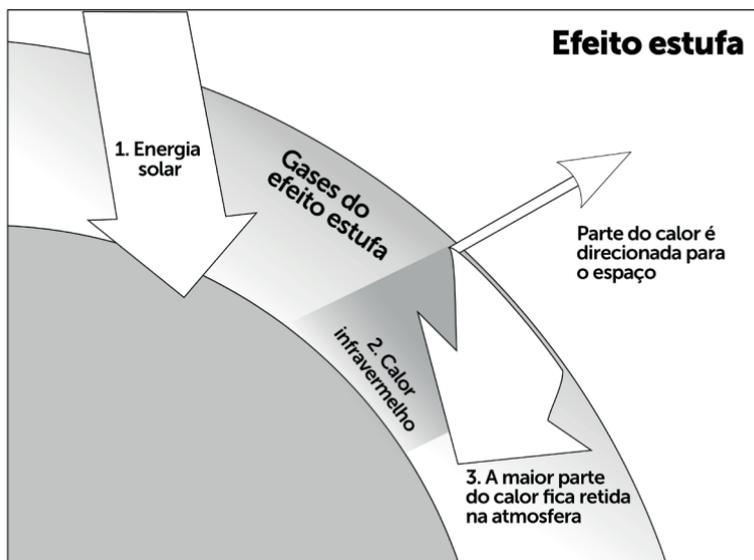
**Pesquise mais**

Observe no link a seguir, do observatório da NASA, como a temperatura global está aumentando ao longo do tempo. As fotos compreendem o período 1885-2014.

Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/decadaltemp.php?all=y>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

Mas **o que causa esse aquecimento global?** Estudamos na seção anterior que naturalmente a troposfera é aquecida e que isso é um fator muito importante para a manutenção da vida. O “efeito estufa” (Figura 1.7) ocorre porque principalmente as nuvens, o vapor d’água e o **CO<sub>2</sub>** fazem com que a Terra, além de receber a energia proveniente do Sol, receba energia infravermelha de volta da atmosfera, aquecendo-se.

Figura 1.7 | Representação esquemática do fenômeno efeito estufa



Fonte: <<https://pixabay.com/pt/efeito-estufa-ecologia-regime-de-146552/>>. Acesso em: 22 mar. 2013.

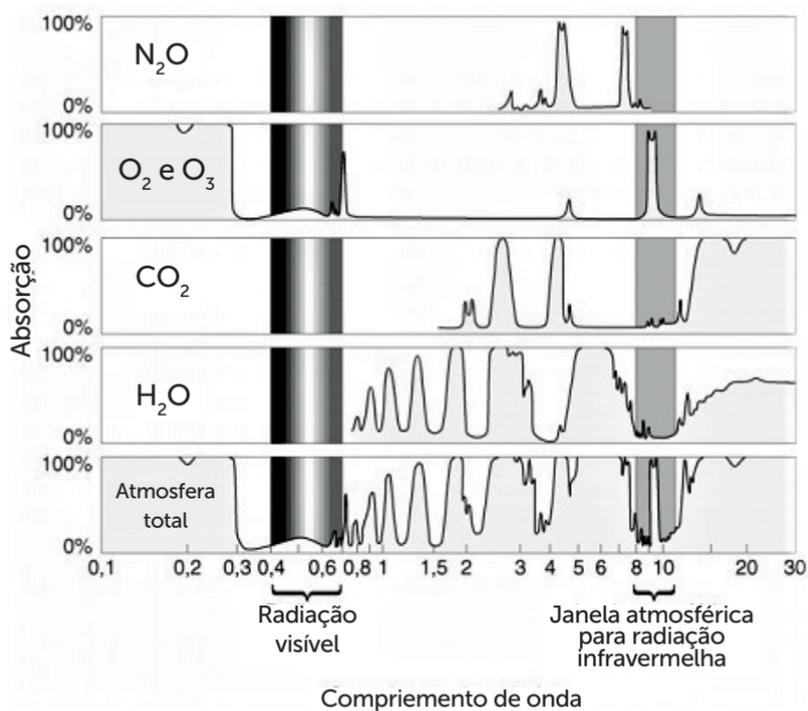
Mas, por causa das atividades antrópicas, as forças radiativas fazem com que exista o processo de aquecimento anormal da superfície do planeta, ou seja, que intensificam o efeito estufa. Essas forças são os gases de efeito estufa (GEEs) antrópicos, como o gás carbônico (**CO<sub>2</sub>**), metano (**CH<sub>4</sub>**), clorofluorcarbonos (CFCs), óxido nitroso (**N<sub>2</sub>O**), ozônio (**O<sub>3</sub>**) troposférico e outros gases traços acumulados na atmosfera. Esses GEEs contribuem com cerca de 50-60, 12-20, 15-25, 5 e 8%, respectivamente, para o aquecimento da superfície (BOTKIN; KELLER, 2011).

Como você pode notar nos valores percentuais apresentados, o **CO<sub>2</sub>** é o grande vilão e não é por acaso. Observe na Figura 1.8 como esse gás (em torno do comprimento de onda de 15  $\mu\text{m}$  – longa frequência), junto com o vapor d’água, tem alta absorvidade de radiação infravermelha, muito mais do que **O<sub>2</sub>**, **O<sub>3</sub>** e **N<sub>2</sub>O**. Ressalta-

se que é inevitável a concentração de vapor d'água na troposfera, ao passo que a emissão de  $\text{CO}_2$  pode ser controlada por meio de políticas e estratégias ambientais.

Pelo fato de transmitir energia térmica de um material para outro, chamamos as ondas infravermelhas de radiação de calor. Gases como o  $\text{CO}_2$  absorvem essa radiação e a reemitem, em partes, para a superfície terrestre/aquática, aquecendo-a.

Figura 1.8 | Absortividade de  $\text{CO}_2$  e de outros gases atmosféricos



Fonte: adaptada de Tolentino e Rocha-Filho (1998, p. 13).

Com relação à origem dos principais GEEs antrópicos, predominantemente o  $\text{CO}_2$  é advindo das queimadas de florestas e fontes fósseis (carvão, petróleo e gás natural); o  $\text{CH}_4$  da queima de biocombustíveis, produção de gás natural, de carvão e da agropecuária; o CFC é de origem sintética e utilizado em sistemas de refrigeração, extintores, aerossóis, espumas, refrigeradores domésticos e condicionadores de ar; e o  $\text{N}_2\text{O}$  é proveniente da queima de combustíveis fósseis e aplicação de fertilizantes.



## Atenção

Apenas uma molécula de CFC-12 pode causar impacto no efeito estufa equivalente a cerca de dez mil moléculas de  $\text{CO}_2$  e, além de contribuir para a sua intensificação, destrói a camada de ozônio estratosférico, responsável pela absorção de mais de 90% dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol. Estes raios são danosos aos seres vivos, podendo causar câncer de pele, problemas oculares, entre outros.

Os CFCs são alvos de políticas internacionais para redução de emissão e são combatidos em nosso país desde 1999. O Brasil realiza o gerenciamento dos passivos de substâncias destruidoras da camada de ozônio por meio de projetos que visam impedir o lançamento desses compostos por equipamentos. Algumas estratégias para o gerenciamento dos CFCs são: compra de máquinas recolhedoras de gases e a sua distribuição, treinamento de refrigeristas em processos de manutenção, fornecimento de máquinas de recuperação e reciclagem do composto, difusão de informações relativas a novas tecnologias e fluidos alternativos, criação de normas técnicas e fortalecimento das fronteiras.

Desde 2002 o Brasil investe no Plano Nacional para Eliminação Gradual de CFC. A meta do plano era que até 1º de janeiro de 2010 todos os setores parassem de utilizá-lo (BRASIL, 2017).

**E qual seria o limite para o aquecimento do planeta?** Em 2009, a Conferência do Clima (COP-15) em Copenhague, Dinamarca, estabeleceu que o aquecimento do planeta seja restringido a  $2^\circ\text{C}$ , valor que se ultrapassado poderia nos levar ao limite. Para inverter esse papel, serão necessárias mudanças desde implementação de tecnologias de produção mais limpa até uma mudança global de comportamento. Lembrando que, majoritariamente, a energia do mundo é gerada com base em combustível fóssil!

Para você ter uma ideia do que pode acontecer caso a temperatura média global exceda de  $2$  a  $3^\circ\text{C}$  dentro deste século, em comparação ao padrão pré-industrial, projeções de estudo (IPCC, 2007) indicam que de várias espécies estudadas, provenientes de diferentes regiões do planeta, cerca de 20-30% teria o seu risco de extinção aumentado por causa das mudanças no clima.



## Exemplificando

Um exemplo de como o aquecimento global pode afetar os nossos recursos naturais é o caso do peixe atum-rabilho (*Thunnus thynnus*). De grande porte quando adulto, cerca de 2,5 m e 350 kg, esse peixe de elevada capacidade migratória e valor econômico teve os seus estoques de pesca reduzidos drasticamente nas últimas décadas no Atlântico Ocidental. Aliada à exploração acentuada, projeções de mudanças climáticas (MUHLING et al., 2011) (até 2095) indicam que os habitats adequados para a probabilidade de ocorrência de larvas da espécie no Golfo do México diminuirão drasticamente (para 25% em localidades pontuais - 0% maioria da extensão do Golfo) em comparação ao período 1971-1999; época em que a ocorrência das larvas da espécie era quase que predominante em todas as regiões do Golfo.



## Assimile

O *efeito estufa* ocorre naturalmente e em grande parte é causado pelo vapor d'água. O  $\text{CO}_2$  natural é proveniente da decomposição das plantas, vulcões e respiração animal, por exemplo. Quando ocorre aumento considerável das emissões de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , CFCs,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{O}_3$  por causa de atividades antrópicas, o efeito estufa é intensificado, causando o *aquecimento global*.

Falando em fatores que influenciam nas mudanças do clima, não poderíamos deixar de falar no desmatamento. Para que você tenha uma ideia, o controle do desmatamento ilegal no Brasil é uma das formas de combater e enfrentar as mudanças climáticas. Afinal, como vimos anteriormente, boa parte do  $\text{CO}_2$  emitido é proveniente de queimadas de florestas e decomposição das árvores. Mas, ressaltando, esse controle é uma forma de enfrentar, e não a solução, pois a capacidade que uma floresta tem de absorver  $\text{CO}_2$  é muito menor do que a capacidade humana de emití-lo na atmosfera.

Com relação às **causas do desmatamento e às suas consequências**, este pode ocorrer não só por queimadas, mas por vários outros fins, como uso do solo para agricultura e pecuária; extrativismo vegetal e animal; implantação de projetos de atividades mineradoras, de saneamento e de energia; abertura de garimpos; construção de hidrelétricas; expansão urbana; industrialização, entre outros. Tais fins ameaçam uma infinidade de espécies e, dentre

estas, inúmeras que exigem habitats (conceito visto na Seção 1.1) e recursos específicos; espécies que estão confinadas a essas áreas e que acabam se tornando muito mais vulneráveis à extinção.



### Atenção

Note como a maioria das atividades citadas e que causam o desmatamento estão direta ou indiretamente relacionadas à obtenção ou uso de recursos naturais (como no caso minério, madeira, produtos animais e água).

Cada perda, fragmentação ou redução de habitat pelo desmatamento é preocupante. Dentre os impactos que o desmatamento pode causar podemos citar a compactação, erosão e exaustão dos nutrientes do solo com consequente queda da produtividade agrícola; mudanças no regime hidrológico, causando desde interrupção do fluxo d'água até cheias; e empobrecimento da biodiversidade, reduzindo populações animais e vegetais que nele vivem, bem como as de microrganismos que interagem com esse ambiente.

A fragmentação de habitat – seja terrestre ou aquático – ocorre quando uma área que antes era grande e contínua é diminuída ou dividida em duas ou mais áreas mais ou menos isoladas e que se tornam cada vez mais precárias se não manejadas corretamente. Esses fragmentos são susceptíveis ao efeito de borda, que torna as árvores da borda do fragmento mais vulneráveis à luz (maiores temperaturas), perda de umidade e ventos, caindo mais facilmente do que as do centro. Isso faz que os fragmentos se tornem cada vez menores e mais distantes entre si, deixando o efeito de borda cada vez mais intenso. A fragmentação de habitat também causa alteração das interações entre espécies, redução ou eliminação da migração de espécies entre fragmentos, domínio de plantas invasoras e cultivadas (monoculturas) nas proximidades das áreas, diminuição da variabilidade genética, entre outros.

Como consequência da perda da variabilidade genética tanto da fauna como da flora, temos a diminuição da habilidade dos indivíduos em responderem às variações climáticas (aquecimento global, por exemplo). Isso faz com que a população tenha maior probabilidade de extinção, ou seja, de desaparecer.



Como uma espécie de reação em cadeia, junto com o desaparecimento dessas populações, podemos perder recursos promissores, como espécies de plantas com potencial uso comercial na indústria cosmética, farmacêutica e alimentícia.

Mas **qual é a relação entre tudo isso?** Imagine que entre dois fragmentos pode ser construída uma estrada para a passagem de carros e caminhões, que nas proximidades dos fragmentos uma cidade pode surgir e que um subúrbio pode se localizar ao lado da área central dessa cidade, ficando mais próximo dos fragmentos. A tendência é de que a cidade e os subúrbios se expandam cada vez mais, impactando a biodiversidade, e que os trabalhos de extração ou captura de energia renovável e não renovável se acentuem, junto com os resíduos advindos das atividades industriais e domésticas, a poluição e a degradação\destruição dos habitats.

Quando falamos em poluição, falamos também de corpos d'água, um recurso "renovável" e essencial para a vida. Somente para o bioma Mata Atlântica, por exemplo, análises indicam que em 96 rios, de 72 municípios e de 7 estados distribuídos no sul e sudeste do país, 35% estão com qualidade de água ruim, 5% péssima, 49% regular, 10% boa e 0% ótima (SOS MATA ATLÂNTICA, 2014). Como impacto da poluição das águas, podemos citar a eutrofização e a morte de animais e pessoas por doenças causadas por bactérias, vírus, protozoários e compostos tóxicos. As causas da poluição da água são diversas, variando desde o lançamento de esgotos domésticos e industriais, resíduos de mineração até a contaminação por defensivos agrícolas.

Em 1997, o Brasil fez entrar em vigor a Lei nº 9.433, que instituiu uma Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh), cujo objetivo é o de assegurar o uso de água com qualidade para qualquer tipo de uso de forma sustentável. Adicionalmente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), considerando a necessidade de controlar a poluição das águas e levando em conta os seus usos, dispõe a Resolução 357 (BRASIL, 2005) sobre a classificação, diretrizes para enquadramento e as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água.



## Refleta

Você já parou para pensar até que ponto o nosso estilo de vida influencia nesse processo? Até que ponto esse estilo exige maiores quantidades de recursos naturais para sustentá-lo?

Fatidicamente existe essa influência, pois quanto mais desenvolvida e industrializada uma região ou país, maior é a sua demanda por recursos. As indústrias e as casas são maiores e mais numerosas e, conseqüentemente, precisam de mais madeira – estimulando o desmatamento –, mais ferro e outros minerais – estimulando a mineração –, maior energia para resfriamento, aquecimento e locomoção – incentivando a queima de combustíveis fósseis.

Diante de todas essas informações e pensando em uma escala global, é possível ter uma noção de quanto tudo isso contribui para o aquecimento global, as mudanças climáticas, poluição do ar (principalmente por  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$  troposférico, particulados e outros oxidantes), eutrofização dos rios, chuvas ácidas e a degradação dos serviços e recursos naturais.

Com relação ao conceito de chuva ácida e eutrofização, sempre tenha em mente o seguinte: a chuva ácida ocorre por causa das deposições ácidas próximas ou a jusante de áreas com significativa emissão de óxidos advindos da queima de fontes fósseis, como enxofre  $\text{SO}_2$ , nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e ácido clorídrico (HCl). A eutrofização é um fenômeno que acontece quando um corpo d'água, podendo ser um rio, lago ou represa, recebe altos níveis de nutrientes (como fosfato e nitratos) provenientes de esgoto doméstico, industrial ou fertilizantes.



## Exemplificando

O problema da **chuva ácida** surgiu com a Revolução Industrial e é muito frequente na China, no Canadá e nos EUA. Essa precipitação ácida (pH baixo) pode ser na forma de neve, chuva ou neblina e a origem dos gases varia desde atividades provenientes de termoeletricas ( $\text{SO}_2$ ) e transporte ( $\text{NO}_x$ ). Os impactos vão desde destruição de áreas verdes, perturbação de ecossistemas aquáticos e degradação das construções humanas. A única forma de controlar esse fenômeno é reduzir a quantidade de emissão desses gases por meio de rígidas políticas ambientais.

Como impacto da **eutrofização**, ocorre aumento da população dos decompositores, que consomem o oxigênio dissolvido, e forma-se uma camada de microrganismos (bactérias e algas) na superfície da água, que impede entrada de luz. Esse bloqueio também pode ser ocasionado pelo crescimento desordenado de macrófitas flutuantes. Ocorre morte de peixes (aeróbios) – que inicialmente têm seu número aumentado por causa do enriquecimento da água, mas depois morrem pela falta de  $O_2$  – e plantas fixas (fotossintetizantes), proporcionando ainda mais matéria orgânica no meio. Consequentemente, quem acaba dominando esse ambiente são os organismos anaeróbios, que liberam ainda mais toxinas e destroem a cadeia alimentar.



## Pesquise mais

Desde 1993 o Brasil estabelece norma jurídica para redução de emissão de poluentes no ar por automóveis, como  $CO$ ,  $NO_x$ , álcoois, hidrocarbonetos, fuligem e material particulado. A lei 8.723, de 28 de outubro de 1993 (BRASIL, 1993) é parte integrante da Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981). Com o intuito de limitar a emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas, existe a Resolução nº 382 (BRASIL, 2006). Leia mais sobre elas!

- BRASIL. **Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993**. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8723.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8723.htm)>. Acesso em: 21 mar. 2017.
- BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 21 mar. 2017.
- BRASIL. **Resolução nº 382, de 26 de dezembro de 2006**. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res38206.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

Estes são os efeitos do desenvolvimento urbano e do uso dos recursos naturais. O futuro pode exigir que você esteja apto a mitigar ou gerir tudo isso no decorrer de sua trajetória profissional!

## Sem medo de errar

É hora de você interpretar os resultados do laudo apresentado no início desta seção, no tópico *Diálogo aberto*, na Figura 1.5. Lembre-se: sua tarefa é verificar que tipos de impacto a agropecuária e o desmatamento causaram nos fragmentos remanescentes que contêm as populações da planta com potencial econômico, foco da empresa em que você está atuando.

Perceba na Figura 1.5A como a temperatura do ar e do solo das matrizes antropizadas, onde ocorreram atividades agropecuárias, são maiores quando comparadas à borda e ao interior dos fragmentos, em que as temperaturas são menores. Isso se reflete nos baixos valores de umidade registrados nas matrizes quando comparados ao interior dos fragmentos, em que a umidade é maior, chegando próximo de 65% (Figura 1.5B).

Realizada essa análise inicial, podemos concluir que quanto mais próximas dos locais degradados pelo desmatamento e pecuária as plantas estão, mais críticas são as condições ambientais a que elas estão submetidas, o que é comprovado pelos menores valores de altura e circunferência do caule das plantas de borda quando comparadas às que estão no interior dos fragmentos (Figura 1.5C-D).

Agora você já deve saber o que está acontecendo com esses fragmentos, não é mesmo? Eles estão sendo submetidos ao efeito de borda! Você se lembra de como conceituamos esse fenômeno no item *Não pode faltar?* Vimos que, quando submetidas ao efeito de borda, as árvores mais próximas às extremidades dos fragmentos da borda tornam-se mais susceptíveis a elevadas temperaturas e perda de umidade, além dos ventos, que culminam em frequentes derrubadas. Adicionalmente, comprovamos que tais condições tendem a interferir no crescimento e desenvolvimento das plantas de borda (Figura 1.5C-D).

Se não ocorrer o manejo adequado desses três fragmentos, a tendência é que no futuro o efeito de borda se acentue cada vez mais. Isso é preocupante, pois consequências graves podem ocorrer, como a diminuição e o distanciamento dos fragmentos, diminuição das populações remanescentes da planta em estudo e até mesmo a sua extinção nas áreas, sem contar os impactos que a fragmentação causou ou causará na variabilidade genética da flora e fauna como um todo.

A variabilidade genética deve ser preservada, pois, como vimos, ela fornece aos indivíduos a aptidão necessária para superar as mudanças climáticas, incluindo aqui o aquecimento global que vem ocorrendo e que tende a se intensificar ainda mais até o final do século. Como outros problemas futuros advindos da fragmentação, temos as alterações nas interações entre espécies, de migração de espécies entre fragmentos e predomínio de espécies exóticas.

Feitas essas considerações, que tal compilar tudo isso junto com as informações introdutórias da palestra sobre a importância dos recursos e serviços naturais, ministrada na seção anterior? Tente relacionar tudo o que foi visto nas duas etapas e reflita sobre o seu estudo!

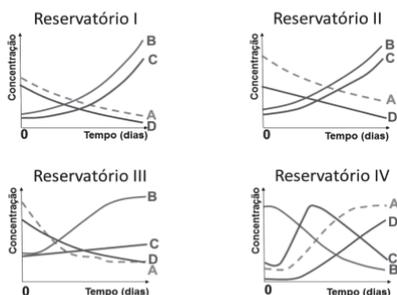
## Avançando na prática

### Fiscalizando os reservatórios

#### Descrição da situação-problema

Você é o gestor responsável pela fiscalização preventiva do sistema de saneamento básico do seu município, que tem uma porção significativa da renda proveniente da criação de peixes. Recentemente foram feitas denúncias de que estaria ocorrendo lançamento irregular de esgoto doméstico a céu aberto, diretamente na água de quatro reservatórios de pesca da cidade. Uma análise pormenorizada das águas desses reservatórios foi solicitada por você. Sua equipe, *in situ*, passou então a monitorar o comportamento de quatro parâmetros ao longo do tempo, sendo eles: (A) nutrientes provenientes do esgoto doméstico; (B) oxigênio dissolvido na água; (C) peixes; (D) organismos anaeróbios. Os resultados apresentados no laudo de acompanhamento dos pesqueiros foram os seguintes:

Figura 1.9 | Os números de I até IV indicam o reservatório de pesca do município onde são expostos o comportamento da concentração de A (nutrientes); B (oxigênio dissolvido); C (peixes); D (organismos anaeróbios em reservatórios)



Fonte: elaborada pelo autor.

Analisando a Figura 1.9, você deve decidir qual reservatório necessita de ação prioritária quanto ao tratamento d'água e recuperação do cardume de peixes e deve também identificar qual é o fenômeno que está ocorrendo nesse reservatório que sofreu impacto da poluição por esgoto doméstico, descrevendo-o. Isso é muito importante para embasar posteriormente as suas estratégias de mitigação/controle dos impactos ambientais! Qual seria a sua decisão? Qual seria o fenômeno que está ocorrendo no reservatório?

### Resolução da situação-problema

Em primeiro lugar, é importante ter em mente que a situação se trata de um caso de desequilíbrio ecológico gerado pelo mau gerenciamento do recurso da água.

Depois, para determinar qual reservatório necessita de prioridade quanto ao tratamento, é importante observar a quantidade de peixes que está morrendo em cada um por meio do comportamento da linha C em cada gráfico da Figura 1.9. É nítido que em **um** deles houve um comportamento atípico de aumento e queda drástica da concentração de peixes.

Como se trata de uma situação que exige interpretação ampla da interação entre organismos/meio ambiente, a análise dos demais parâmetros será importante para determinar o fenômeno que está ocorrendo com o reservatório afetado pela poluição. Observe como o comportamento do parâmetro A (concentração de nutrientes provenientes do esgoto doméstico) passa a influenciar o crescimento e proliferação de peixes (aeróbios). Naturalmente, é fato que quanto mais organismos aeróbios se desenvolvem no local por causa do grande *input* de nutrientes, mais oxigênio é consumido, levando a um declínio de suas concentrações ao longo do tempo, com a consequente morte dos peixes pela escassez de **O<sub>2</sub>**.

Embora estejamos analisando somente a concentração de peixes, podemos transpor essa análise e inferir que existe uma tendência de que o excesso de nutrientes possa ter ocasionado crescimento exacerbado de plantas aquáticas ou algas flutuantes, impedindo a fotossíntese de organismos fixos no fundo do reservatório, causando também a morte destes e mais acúmulo de material orgânico no reservatório.

Com a diminuição de oxigênio (linha B; Figura 1.9) e excesso de nutrientes na água (linha A; Figura 1.9), o crescimento acentuado de organismo anaeróbios (linha D; Figura 1.9) ocorre. Como vimos no item *Não pode faltar* desta seção, a esse fenômeno damos o nome de eutrofização.

## Faça valer a pena

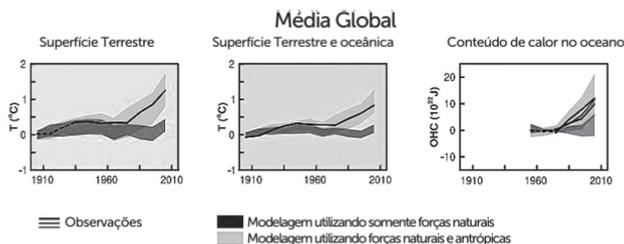
**1.** A terra sempre foi submetida, ao longo dos seus anos de existência, às variações climáticas. Esse é um processo que ocorre naturalmente, mas a nossa existência e nossas atividades têm influenciado nesse processo drasticamente.

Com relação aos impactos das atividades antrópicas no meio ambiente, podemos afirmar que:

- Um exemplo de impacto das atividades antrópicas é a queda da temperatura média global nas últimas décadas.
- Um exemplo de impacto das atividades antrópicas é o surgimento do efeito estufa, que causou o aquecimento anormal da temperatura média global nos últimos 60 anos.
- Um exemplo de impacto das atividades antrópicas é o aumento considerável das emissões de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) e vapor d'água; os dois gases que mais contribuem para o efeito estufa.
- Um exemplo de impacto das atividades antrópicas é a fragmentação de habitat, proveniente do desmatamento, que contribui para as mudanças climáticas.
- Um exemplo de impacto das atividades antrópicas é a degradação da camada de ozônio estratosférico pelo CO<sub>2</sub> e CFCs.

**2.** O IPCC (do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*) é um órgão que investiga as mudanças climáticas globais, assim como os seus impactos sobre a vida. No ano de 2013, esse órgão publicou um trabalho em que novas evidências sobre as mudanças climáticas, baseadas em análises científicas independentes, foram expostas. Um dos resultados é apresentado na figura a seguir.

Figura | Projeções do IPCC baseadas nas mudanças do clima



Fonte: adaptado de IPCC.

Tendo como base a figura apresentada, podemos concluir que:

- a) As projeções indicam que, isoladamente, as forças naturais atuam de forma mais intensa do que as antrópicas no aumento da temperatura média de ambas, superfície terrestre e oceânica.
- b) As projeções indicam que desde 1910 a temperatura global aumentou vertiginosamente, com quedas a partir de 1960.
- c) As forças antrópicas são as grandes influenciadoras dos aumentos da temperatura global. Nossas atividades emitem muito  $O_2$  na atmosfera, que é o grande responsável pelo efeito estufa.
- d) A temperatura média global aumentou consideravelmente a partir de 1960 e não parou de subir mais. Isso acontece por causa da grande quantidade de  $CO_2$  emitido na atmosfera em atividades vulcânicas.
- e) Quando a modelagem levou em conta as atividades antrópicas, o aumento considerável da temperatura média global ocorreu principalmente a partir de 1960.

**3.** Leia o trecho a seguir: “O efeito estufa é um fenômeno natural, e imprescindível para a vida no planeta. É ele que mantém a Terra aquecida ao impedir que os raios solares sejam refletidos para o espaço e que perca seu calor. Sem ele a Terra teria temperaturas médias abaixo de  $10^\circ C$  negativos. O grande problema que vem ocorrendo é que o homem, com suas intensas atividades, está acarretando o aumento do efeito estufa, sendo a principal delas a liberação de  $CO_2$  (dióxido de carbono) na atmosfera. Este é um dos gases que naturalmente contribuem para o efeito estufa normal do planeta, mas que agora, com seu aumento na atmosfera, pode intensificar esse efeito, levando a um aquecimento maior do planeta”.

Fonte: SIMONSEN. Efeito estufa. In: **Meio ambiente e qualidade de vida**. Disponível em: <[http://www.simonsen.br/semipresencial/pdf\\_meio/capi\\_7.pdf](http://www.simonsen.br/semipresencial/pdf_meio/capi_7.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2017.

A partir da leitura do texto, é possível concluir que:

- a) As ondas que causam o efeito estufa são principalmente ondas de rádio, de curta frequência. O  $CO_2$  apresenta alta absorvidade de ondas de rádio.
- b) O efeito estufa ocorre na estratosfera, camada da atmosfera onde concentram-se gases como vapor d'água e  $CO_2$ . É na estratosfera que os fenômenos climáticos acontecem.
- c) Gases liberados pelas atividades antrópicas intensificam o efeito estufa. O aumento da concentração de  $CO_2$  na atmosfera está relacionado com os aumentos de temperatura nos últimos anos, por exemplo.
- d) O efeito estufa é um fenômeno não natural. Ele ocorre por causa do aquecimento global, um fenômeno natural da terra, cuja origem não está relacionada com a presença humana.
- e) O  $CO_2$ , principal responsável pelo aquecimento global, apresenta alta absorvidade de radiação infravermelha (IV), que chega diretamente do sol, é retida na atmosfera e, por fim, aquece a superfície quando reemitida em sua direção pelos GEEs.

# Seção 1.3

## Utilização sustentável de recursos

### Diálogo aberto

Olá, aluno! Estamos na última seção da primeira unidade de ensino. Até aqui estudamos a Terra e os seus recursos, as ameaças às quais estes estão submetidos, e agora vamos estudar algumas formas de uso sustentável dos recursos da natureza.

Também finalizaremos o desafio do item *Convite ao estudo*, em que você, como consultor de uma empresa, está trabalhando para a conservação de uma planta com potencial econômico para a organização. Você já realizou ações educativas visando à formação da consciência ecológica de moradores locais e avaliou os efeitos da fragmentação em áreas recentemente adquiridas.

Para concluirmos o estudo, imagine agora que após a análise dos dados (Figura 1.5) foi concluído que a recuperação das áreas é prioridade. Deve-se minimizar os efeitos da fragmentação, detectados na Seção 1.2, e foi decidido realizar um teste em um dos fragmentos para escolha de árvores matrizes, que servirão para coleta de sementes. Estas, por sua vez, serão utilizadas na produção de mudas para a recuperação da área.

Dados sobre qualidade do fuste, posicionamento e qualidade da copa de algumas árvores coletadas na borda e interior do fragmento foram obtidos, sendo dispostos em escala qualitativa de 1 até 3 (Quadro 1.1). Para o fuste, 1 significa fuste retilíneo e com ausência de danos; 2 é o fuste tortuoso parcialmente e com poucos danos; e 3 é o fuste defeituoso, oco e muito tortuoso. O posicionamento da copa (PC) foi qualificado em: 1 – dominante; 2 – intermediário e 3 – inferior. Quanto à qualidade da copa (QC), 1 significa com muitas folhas; 2 – quantidade mediana de folhas; e 3 – copa com poucas folhas ou doente. Quanto aos dados quantitativos, considerou-se o diâmetro à altura do peito (DAP, tomando-se a medida do diâmetro na altura de 1,30 m) e altura (Quadro 1.1).

Quadro 1.1 | Indivíduos candidatos a árvores matrizes

Parcela	Indivíduo	B*	Int*	DAP (cm)*	Altura (m)	Fuste	PC*	QC*
1	1	X		15,9	13,67	3	3	3
1	2		X	21,99	16,21	1	2	3
1	3	X		28,56	17,5	1	2	3
1	4		X	37,09	18,2	1	2	1
2	1		X	49,25	23,5	3	1	3
2	2		X	29,21	17,9	2	2	2
2	3	X		15,92	14,1	1	3	3
2	4		X	38,88	19,3	1	2	2
3	1		X	32,94	18,12	3	2	3
3	2	X		24,99	16,24	3	2	3
3	3		X	15,67	13,2	1	3	3
3	4	X		48,8	19,88	3	2	3
3	5		X	43,23	19,5	1	2	1

\*B: borda do fragmento.

\*Int: interior do fragmento

\*DAP: Diâmetro à altura do peito = medição 1,30 m do solo.

\*PC: Posição da copa.

\*QC: qualidade da copa. Parcela selecionada aleatoriamente: 20 m x 30 m.

Fonte: elaborado pelo autor.

Detalhe: além de obter óleo e o ativo natural, o CEO comunicou que agora existe interesse em selecionar árvores para produção futura de madeira, pois esse pode ser um nicho de atuação lucrativo, haja vista que, como vimos na Seção 1.1, a madeira dessa árvore já é utilizada na construção de casas e cercas.

Portanto, visando todos os possíveis mercados em que a empresa pretende atuar futuramente por meio do aproveitamento desse recurso e visando à recuperação da área impactada, qual ou quais dessas seriam as melhores árvores para obtenção de matrizes?

Embora pareça um desafio complexo, aprenderemos adiante a tomar uma decisão assertiva. Esta seção mostrará a você como selecionar a matriz mais adequada para os objetivos pretendidos da organização.

## Não pode faltar

A perda da biodiversidade e a degradação ambiental têm preocupado as perspectivas das empresas que causam impacto

ambiental direto, justamente por elas terem percebido que as suas atividades econômicas dependem das boas condições do planeta. Logo, a ideia da conservação ambiental está mais do que nunca a florada nas políticas dessas organizações.

Empresas também têm buscado, cada vez mais, formas de aproveitar e descobrir a variedade e utilidade dos recursos que a biodiversidade tem a oferecer. Nosso país, por si só, tem cerca de 20% das espécies da Terra – uma biodiversidade com grande potencial econômico, mas que não é muito conhecida, necessitando de mais pesquisas para intensificar o seu aproveitamento.

No Brasil, a biodiversidade contribui com boa parte da economia, com a agroindústria e os setores pesqueiro e florestal, representando grande parcela do PIB (BRASIL, 2017). Mas ao mesmo tempo em que muitas das nossas atividades foram e são baseadas em espécies exóticas, durante anos entraves legais frearam a busca por novos recursos e pela extração de valores econômicos provenientes da biodiversidade brasileira. Recursos estes com grande potencial para utilização em uma gama de setores, como o farmacêutico, agroindustrial, cosmético, de nutrição, saúde, biorrefinaria, entre outros.

Quando falamos em extrair valores econômicos da biodiversidade, estamos nos referindo ao acesso ao **patrimônio genético** do país, que é um bem comum do povo e que pode ser acessado por meio da bioprospecção.

Conceitualmente, a bioprospecção é a busca ou pesquisa (inclusive mediante **conhecimento tradicional**) por material biológico proveniente de recursos genéticos com a finalidade de exploração econômica. Trata-se então da busca sistemática por organismos, genes, enzimas, compostos, processos e partes de seres vivos em geral que possam, eventualmente, levar ao desenvolvimento de um produto útil à sociedade (SACCARO JUNIOR, 2012).

O setor farmacêutico, por exemplo, é um dos que mais aproveita a potencialidade da biodiversidade pela bioprospecção. Cerca de 1/3 dos medicamentos mais prescritos e vendidos foram desenvolvidos a partir de produtos naturais (CALITXO, 2003). Exemplos são as estatinas (usadas no tratamento de hiperlipidemia) e a ciclosporina (imunossupressor), ambas isoladas de fungos; a morfina (analgésico), isolada de espécie vegetal; o captopril (anti-hipertensivo), cuja fonte

é a jararaca; e a vincristina e a vimblastina (ambas anticânceres), encontradas também em espécie vegetal.

O primeiro fitoterápico genuinamente nacional foi um anti-inflamatório de uso tópico cuja formulação apresenta ativos de planta nativa e a estimativa de potencial de venda chega a R\$ 1 bilhão. A descoberta dessa planta foi graças ao conhecimento tradicional de habitantes do litoral de São Paulo que a utilizavam popularmente (NATÉRCIA, 2005). Em contrapartida, já foi estimado que o país chegou a perder US\$ 5 bilhões/ano por não conseguir transformar sua flora em remédios (MIOTO, 2010) por causa de limitantes, como a própria legislação contra a biopirataria, que também impactou outros setores.

O problema se deu em 2001, quando o assunto de gerir uma biodiversidade como a nossa gerou intensos debates sobre a utilização econômica e científica do patrimônio natural de forma sustentável e justa. Nessa época entrava em vigor a Medida Provisória (MP) no 2.186-16 (BRASIL, 2001), que regeu por 14 anos o acesso e a remessa dos componentes do patrimônio genético do país e instituiu o CGen – Conselho de Gestão do Patrimônio Genético.

Essa MP resultou em vários entraves e, até 2014, em multas que somaram cerca de R\$ 200 milhões, causando graves restrições aos setores nacionais de pesquisa e desenvolvimento tecnológico quanto ao acesso ao patrimônio genético e aproveitamento da sociobiodiversidade brasileira. Como consequências, houve o não atendimento da demanda dos setores atuantes na biodiversidade e o comprometimento das pesquisas e das parcerias internacionais do país.

Em 2015 entrou em vigor a nova Lei da Biodiversidade (BRASIL, 2015), que tornou o acesso ao patrimônio genético e ao conhecimento tradicional associado pela bioprospecção mais flexível. Desde então pesquisas e desenvolvimento de novos produtos oriundos da biodiversidade não necessitam de autorização prévia, como pela MP (BRASIL, 2001), e sim de um registro das atividades de acesso eletronicamente pelo SISGen (Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado). Uma **notificação** antes de iniciar a exploração econômica do **produto acabado** ou **material reprodutivo**, oriundo do acesso ao patrimônio genético ou do acesso ao conhecimento tradicional associado, é necessária, bem como uma apresentação de **acordo da repartição dos benefícios** – que pode ser monetária ou não – com as **comunidades**

**tradicionais** detentoras das informações ou das práticas sobre as propriedades ou usos associados ao patrimônio genético.

Um dos impactos benéficos da legislação, no que tange à gestão dos recursos naturais, é o seguinte:



### Exemplificando

Tomemos como exemplo de conhecimento tradicional associado os conhecimentos de uma população indígena sobre as propriedades terapêuticas de um fungo, que são úteis à inovação tecnológica. Nesse caso, o acordo de repartição de benefícios seria uma forma de reconhecer a importância dessa comunidade em proteger a biodiversidade e os benefícios à população indígena, não seria apenas monetário, como também por meio de projetos de uso sustentável da biodiversidade, pela transferência de tecnologias, capacitação de recursos humanos etc. Observe então como a gestão sustentável ocorre à medida que se destina uma parcela da renda proveniente do uso da biodiversidade para a sua própria conservação, aliando isso a políticas adequadas de gerenciamento ambiental – favoráveis à pesquisa e ao ensino – e alternativas viáveis às populações que dependem da biodiversidade para a sobrevivência.



### Pesquise mais

Acesse a Lei da Biodiversidade para entender mais sobre alguns termos destacados aqui, entre eles: patrimônio genético, conhecimento tradicional, notificação, produto acabado, material reprodutivo e acordo da repartição dos benefícios.

BRASIL. **Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Lei/L13123.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13123.htm)>. Acesso em: 31 mar. 2017.

Quando se trata de recursos naturais, a pesquisa e a conservação são fatores estratégicos dos aspectos **econômicos, sociais e ambientais**. Perceba como esses três aspectos sempre interagem de forma holística em nossos exemplos. Eles são os três pilares da sustentabilidade!

Falando nisso, vamos trazer novamente ao centro de discussão um dos aspectos mais importantes para a sustentabilidade do planeta: as florestas.

É importante ressaltar que a cada ano elas diminuem mais por causa do desmatamento, ao passo que os produtos florestais movimentam bilhões de dólares anuais. Ou seja, muita floresta é

explorada para movimentar o setor da madeira, sendo a madeira em tora, por exemplo, representante de quase metade da renda do extrativismo em mata nativa (ADEODATO et al., 2011).

### Mas como evitar que os ciclos de desmatamento destruam ainda mais as florestas?

Uma opção é transformar determinadas áreas em áreas protegidas. Isso segue alguns critérios, como riqueza de fauna e flora, status de conservação, representatividade do bioma ao qual a área pertence, presença de nascentes, entre outros fatores.

As áreas protegidas englobam locais com importância econômica, biológica, ambiental e sociocultural, por exemplo, as Unidades de Conservação (UCs), áreas de preservação permanente, reservas legais, mosaicos e corredores ecológicos.

Os objetivos dessas áreas são diversos e aqui podemos destacar conservação e reabilitação de processos ecológicos e de áreas degradadas; proteção, abrigo de fauna e flora nativas e preservação do seu fluxo gênico; proteção dos recursos hídricos, do solo e da estabilidade geológica; proteção de paisagens dotadas de relevante beleza cênica e pouco alteradas; proteção de características relevantes do ponto de vista geológico, arqueológico, paleontológico, geomorfológico, espeleológico e cultural; proteção de recursos naturais essenciais às comunidades tradicionais como meio de subsistência; manutenção dos recursos genéticos; promoção de práticas sustentáveis a partir dos recursos naturais, entre outros.

Algumas dessas áreas podem ser conservadas e, ao mesmo tempo, utilizadas em parcela por **uso direto**. Outras devem ter a sua natureza preservada e permanecerem praticamente intocáveis, admitindo-se apenas **uso indireto**, como é o caso dos grupos de UCs de uso sustentável e de proteção integral brasileiras, respectivamente, cujas normas para criação, implantação e gestão foram instituídas pela Lei nº 9.985 (BRASIL, 2000).



### Refleta

Levando em conta que em determinadas áreas protegidas (i) admite-se a compatibilização entre uso direto e "conservação" da natureza e que em outras (ii) a sua natureza deve ser "preservada", admitindo-se apenas uso indireto, em sua concepção, qual seria a diferença entre "conservação" e "preservação" ambiental?



**Uso direto:** envolve a coleta e o uso, sendo este comercial ou não, desses recursos.

**Uso indireto:** não envolve o consumo, a coleta, danos ou destruição dos recursos da natureza.

Mas falar de conservação ou preservação ambiental não é apenas focar em um discurso que defenda somente a continuidade da vida humana – do ponto de vista biológico – e das florestas, pois a questão ambiental transcende argumentos puramente técnicos. Garantir a disponibilidade dos recursos naturais é assegurar também uma boa qualidade de vida. Portanto, temos que compreender que, entre os serviços que a natureza nos oferece, como os de provisão (alimentos), regulação (controle do clima) e suporte (ciclagem de nutrientes), estão também os serviços culturais, ou seja, os intangíveis e que nos influenciam significativamente – assim como os tangíveis, citados anteriormente –, cuja natureza pode ser psicológica/emocional, recreativa, religiosa ou estética.

Esses benefícios intangíveis, por assim dizer, podem ser obtidos simplesmente em um passeio no parque, bosque, praça do bairro de sua cidade ou das proximidades, ou pelo turismo em zona rural.



A questão de conservar e preservar o meio ambiente vai além do aspecto biológico, da continuidade da vida. A proteção da natureza influencia aspectos intangíveis do cotidiano, como a nossa natureza psicológica e emocional.

Vale ressaltar que o uso dos recursos naturais em áreas rurais, como no caso do turismo, tem grande importância, pois é uma forma de geração de empregos diretos e indiretos e uma oportunidade de geração de negócios e desenvolvimento de infraestrutura local, elevando as condições sociais e econômicas de muitas famílias e comunidades.

Voltando ao nosso questionamento sobre como evitar que os ciclos de desmatamento destruam ainda mais as florestas, outra opção é pela exploração econômica via manejo florestal sustentável, em que são aplicados métodos e regras com vistas à redução dos

impactos. Como vantagens, temos a possibilidade da exploração futura da floresta e a conservação dos serviços e recursos naturais. O manejo segue três princípios: deve ser economicamente viável, ecologicamente correto e socialmente justo (MMA, 2017).

Para isso, são necessárias mão de obra qualificada, políticas públicas e mudanças de hábitos na **cadeia da madeira**. Uma forma é a adoção de sistemas que possibilitem identificar produtos certificados com valor agregado advindos de uma boa gestão florestal. Como exemplo, temos a certificação FSC (*Forest Stewardship Council* - Conselho de Manejo Florestal), cujas técnicas utilizadas simulam o ciclo natural das florestas, causando o mínimo de impacto, e favorecem a renovação da vegetação, além de conferir vantagens sociais às comunidades locais.



### Exemplificando

Em linhas gerais, na **cadeia da madeira nativa**, a madeira é extraída por desmate pelo corte seletivo de árvores, respeitando o Código Florestal e as áreas protegidas. O desmate segue um plano de manejo autorizado previamente, que permite conservação genética e exploração futura da floresta, sendo de responsabilidade do proprietário, empresa ou terceiro aprovado junto aos órgãos ambientais.

O transporte da tora é feito até o local de processamento primário, nas serrarias, acompanhado de uma guia florestal que informa a origem e o destino do produto, onde a madeira é transformada em pranchas. Após o processamento primário, a madeira segue até o local de processamento secundário, onde é transformada em materiais mais refinados para uso, seguindo para o armazenamento e revenda, ou venda direta para o mercado regional, centros urbanos ou exportação.

A cadeia envolve viveiros para produção de sementes, infraestrutura de serviços e maquinários que dão suporte à produção e a participação de comunidades tradicionais extrativistas nessas atividades, organizadas em associações ou cooperativas.

Os resíduos da madeira gerados ao longo da cadeia podem ser utilizados como carvão, entre outras aplicações.

Entre os procedimentos adotados para o controle da madeira nativa no manejo sustentável, podemos citar o processo de licenciamento da exploração, como ocorre na Amazônia. Esse processo envolve protocolização de documentos sobre propriedade e técnicos, volume estimado de extração e nome das espécies que serão utilizadas.

O manejo é feito mediante elaboração de um plano que dita as regras e que contém dados e planos de utilização da área. Esse *plano de manejo* é realizado por um profissional qualificado e é aprovado pelo Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

A seleção e exploração das árvores envolve elaboração *in loco* de um inventário das espécies com valor comercial e a sua identificação, medição de troncos para determinar os exemplares aptos ao corte e os que ficarão em pé, criação de mapas com a localização dos exemplares, divisão da área em parcelas ou talhões para exploração anual e regeneração e determinação das **árvores matrizes** que permanecerão “intocáveis”, usadas apenas com a finalidade de obtenção de sementes para perpetuação da floresta.



### Assimile

A escolha das árvores matrizes ou porta-sementes deve ser assertiva, pois influenciará na qualidade das sementes que gerarão as mudas. É recomendada a escolha de exemplares saudáveis e vigorosos (resistentes a pragas e doenças), com copa frondosa (com muitas folhas) e bem exposta ao sol, ramos perpendiculares ao tronco (caso o objetivo seja a madeira), afastados das bordas do fragmento, em plena maturidade e dominantes (em relação ao dossel), que produzam frutos e sementes vigorosas, de qualidade e em volume considerável, com fuste (tronco) retilíneo e o menos danificado e o mais cilíndrico possível. Ou seja, deve ser uma árvore fenotipicamente superior às demais da mesma população da espécie.

Com o objetivo de preservar a variabilidade genética, sempre que possível, o recomendado é marcar várias árvores matrizes em um ambiente (distanciadas em cerca de 100 metros) e em ambientes distintos. O número mínimo sugerido varia de 12 a 15 matrizes por população.

Antes de extrair as toras, um documento contendo as atividades que serão realizadas no ano deve ser apresentado. Ele é chamado de Plano Operacional Anual (POA); quando aprovado, o usuário recebe uma Autorização para Exploração (AUTEX), expedida pelo órgão competente com base no plano de manejo. A AUTEX é necessária para produzir e estocar a madeira, que contém placas de identificação para rastreamento. Um Documento de Origem Florestal (DOF) é adquirido pelo comprador, para assegurar a legalidade do produto.



Outro exemplo de como implantar o manejo sustentável da floresta é por meio do desflorestamento em faixas em montanhas tropicais. Ele permite a renovação da floresta, mesmo com a derrubada das árvores. Acesse em sua biblioteca virtual o capítulo 16 do livro a seguir e leia mais sobre o método.

STARR, Cecie et al. **Biologia**: unidade e diversidade da vida. Tradução All Tasks; revisão técnica FILHO, G. A. S. M. São Paulo: Cengage Learning. 2012. Disponível em: <https://biblioteca-virtual.com/>. Acesso em: 9 abr. 2017.

Quando não seguido o manejo florestal, podemos observar a ocorrência de erosão, assoreamento de rios, aberturas de clareiras, afugentamento de fauna e prejuízo do crescimento de árvores que necessitam de sombra, assim como desperdício de madeira e desvalorização da floresta.

Tendo em vista todo o prejuízo que o processo de desmatamento ocasiona, o Brasil, em prol da proteção da Amazônia brasileira e da Mata Atlântica, em parceria com os países do G7, Países Baixos e União Europeia, lançou em 1992 o Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil (PPG7). O PPG7 contribuiu para políticas públicas voltadas à gestão socioambiental, estancando o desmatamento. Como exemplo de políticas inspiradas pelo programa, temos a Lei de gestão das florestas públicas para produção sustentável (BRASIL, 2006a) e a Lei de utilização e proteção da Mata Atlântica (BRASIL, 2006b), além do aprimoramento das políticas ambientais nacionais, estaduais e municipais e o fortalecimento dos órgãos ambientais mediante qualificação profissional, implantação de estrutura física e de sistemas de monitoramento ambiental.

A produção de madeira em uma mesma área de pastagem por meio dos sistemas silvipastoris (SSP) ou de arborização de pastagem é outra opção de utilização sustentável do recurso, pois contempla questões relacionadas à mitigação dos impactos ambientais gerados por essas atividades, a conservação do solo, da água e da biodiversidade.

Esse é um método que necessita de gestão humana, sendo, portanto, antropogênico, em que interagem, *intencionalmente*, gado, pastagem e árvores.

O Brasil é o segundo produtor mundial de carne bovina e a busca por escolhas sustentáveis relacionadas à criação de gado certamente é uma grande vantagem nacional, haja vista a exigência dos consumidores, cada vez mais preocupados com as questões ambientais.

O SSP, além de aumentar a renda por unidade de área e criar microclimas que proporcionam um conforto térmico ao gado – deixando os animais mais à vontade para o pastejo, protegendo-os das intempéries, refletindo em sua saúde e bem-estar –, favorece o desenvolvimento da forragem e contribui para a diminuição da emissão de GEEs (Gases de Efeito Estufa) advindos da agropecuária, como o metano ( $\text{CH}_4$ ) entérico, proveniente dos dejetos animais, e o óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ), um resíduo da aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Os animais criados nesse sistema são chamados “verdes” por causa das condições ambientais a que estão submetidos, e o proprietário ou gerente do SSP, ao escolher uma espécie de árvore com valor comercial, pode produzir madeira para serraria, lenha, carvão, maravalha, palanques de cerca, escora para construção civil, laminação etc.

A escolha da árvore para o SSP deve levar em conta alguns critérios, como adaptação ao clima regional, ser aceita por um mercado, ter crescimento rápido (o que não exclui a escolha por árvores de crescimento lento) e os serviços ambientais que ela pode proporcionar, como reciclagem de nutrientes, ser quebra-vento, fixar nitrogênio da atmosfera, proporcionar sombreamento etc. Exemplos de espécies madeireiras utilizadas em sistemas silvipastoris no Brasil são o eucalipto, pinus, cedro australiano, pinho cuiabano e a canafístula.



### Atenção

Para o corte das árvores em SSP, os aspectos legais vigentes para cada espécie devem ser observados com muito cuidado antes do corte. Algumas espécies necessitam de licença de corte emitida pelo órgão competente.

Outra informação quanto à criação de gado é a de que os animais tendem a se concentrar perto de fontes d'água, como os rios, acometendo o local. Como consequência, podemos citar o pisoteio e consumo de grama e arbustos até o seu esgotamento. Ou seja, sem

os cuidados necessários, toda uma zona ciliar pode ser degradada ou destruída, contribuindo para a queda de sua biodiversidade.

Manter o gado longe das margens dos rios para a preservação das zonas ciliares nativas é uma alternativa adotada por fazendeiros para a sustentabilidade da prática de criação dos animais.

## Sem medo de errar

Vamos agora aplicar os seus conhecimentos adquiridos no item *Não pode faltar* para resolver a última etapa do estudo de conservação, apresentada no item *Diálogo aberto*. Lembrando o que deve ser esclarecido: *visando todos os possíveis mercados em que a empresa pretende atuar (cosmético e venda de madeira) e a recuperação da área em estudo impactada, qual ou quais das árvores apresentadas no Quadro 1.1 seriam as melhores para obtenção de matrizes (porta-sementes)?*

Levando em conta que para escolher boas árvores porta-sementes para produção de mudas os indivíduos fenotipicamente superiores são os mais indicados, devemos, portanto, a partir de uma observação dos melhores caracteres aparentes, fazer a seleção.

Veja novamente os caracteres considerados por sua equipe para escolher de maneira assertiva os melhores indivíduos com esse propósito: indivíduos sadios e vigorosos (boa DAP e altura); com copa frondosa e bem exposta ao sol; indivíduos afastados das bordas do fragmento, com copa dominante (em relação ao dossel); e fuste retilíneo e o menos danificado possível.

Relacionando tais características com os dados do Quadro 1.1, podemos concluir que os exemplares mais indicados para serem considerados como árvores matrizes são: indivíduo 4 – parcela 1; indivíduo 2 – parcela 2; indivíduo 4 – parcela 2; e indivíduo 5 – parcela 3.

Observe que o nível de qualidade 3 para todos os caracteres foi rejeitado, pois existem indivíduos com qualidade superior a esta, que agrega apenas indivíduos com características indesejáveis, como os com fuste defeituoso, oco e muito tortuoso – o que não é uma boa característica para venda da madeira; com copa inferior no dossel – sendo exemplares pouco expostos à luz e que podem vir a gerar sementes menos vigorosas – de poucas folhas ou doentes. Além disso, os indivíduos escolhidos são os que apresentaram maior DAP e altura.

Veja, então, um resumo dessas considerações no Quadro 1.2, que apresenta os mesmos dados do Quadro 1.1 e contém, adicionalmente, marcação das matrizes selecionadas.

Quadro 1.2 | Árvores matrizes selecionadas para produção de mudas com vistas às atividades de restauração da área impactada e atividades futuras de extração de óleo, isolamento do ativo natural e venda de madeira

Parcela	Indivíduo	B*	Int*	DAP*	Altura (m)	Fuste	PC*	QC*	Matriz selecionada
1	1	x		15,9	13,67	3	3	3	
1	2		x	21,99	16,21	1	2	3	
1	3	x		28,56	17,5	1	2	3	
<b>1</b>	<b>4</b>		<b>x</b>	<b>37,09</b>	<b>18,2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>x</b>
2	1		x	49,25	23,5	3	1	3	
<b>2</b>	<b>2</b>		<b>x</b>	<b>29,21</b>	<b>17,9</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>x</b>
2	3	x		15,92	14,1	1	3	3	
<b>2</b>	<b>4</b>		<b>x</b>	<b>38,88</b>	<b>19,3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>x</b>
3	1		x	32,94	18,12	3	2	3	
3	2	x		24,99	16,24	3	2	3	
3	3		x	15,67	13,2	1	3	3	
<b>3</b>	<b>4</b>	<b>x</b>		<b>48,8</b>	<b>19,88</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
<b>3</b>	<b>5</b>		<b>x</b>	<b>43,23</b>	<b>19,5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>x</b>

\*B: borda do fragmento.

\*Int: interior do fragmento.

\*DAP: diâmetro à altura do peito = medição 1,30 m do solo.

\*PC: posição da copa.

\*QC: qualidade da copa.

Parcela selecionada aleatoriamente: 20 m x 30 m.

Fonte: elaborado pelo autor.

O que foi visto até aqui é um passo inicial para o trabalho de conservação da árvore pela qual a organização tem interesse. Além disso, é um bom começo para iniciar a elaboração de planos de trabalho visando à extração de valores econômicos desse recurso natural de forma sustentável.

Que tal então compilar as três etapas, cumpridas ao longo da unidade, em um único documento e se preparar para apresentá-lo ao seu gestor? Para auxiliá-lo nessa preparação, sugerimos que utilize a Figura 1.10, que é a visão geral do produto oriundo do seu estudo.

Figura 1.10 | Visão geral do estudo de conservação realizado para o recurso de interesse



Fonte: elaborada pelo autor.

## Avançando na prática

### Conservar e preservar

#### Descrição da situação-problema

Imagine que você estava ministrando uma aula sobre extração de valores econômicos da biodiversidade e proteção ambiental. O intuito era mostrar que mesmo adotando políticas de conservação e preservação ambiental é possível que empresas ou o próprio governo obtenham vantagens econômicas com isso.

Em um dado momento, ao projetar um slide com um quadro que continha exemplos de atividades que podem ser realizadas em áreas protegidas (Quadro 1.3), um aluno o questionou: *Em quais dessas áreas ocorre apenas uso direto e indireto dos recursos naturais? Em quais delas ocorre a preservação e a conservação ambiental?*

Quadro 1.3 | Atividades que podem ser realizadas em áreas protegidas

Atividade permitida	Área 1	Área 2	Área 3
Coleta	Não permitido	Com finalidade científica, para proteção dos recursos naturais	Sim, com uso racional e em bases sustentáveis
Caça	Não permitido	Não permitido	Em regime de manejo sustentável
Ocupação humana	Não permitido	Não permitido	Até um certo grau
Visitação pública	Somente educacional – sujeita às normas do PM	Somente educacional – sujeita às normas do PM	Turística, educativa e recreacional – sujeita às normas do PM
Domínio	Apenas público	Apenas público	Apenas público
Pesquisa científica	Com autorização prévia	Com autorização prévia	Permitida e incentivada
Exploração de recursos minerais	Não permitido	Não permitido	Não permitido

\*PM: Plano de manejo – documento técnico que preside as normas de uso da área.

Fonte: elaborado pelo autor.

Com base no que vimos até agora, como você esclareceria esses questionamentos para o estudante?

### Resolução da situação-problema

Levando em conta as definições de uso direto e indireto dos recursos naturais abordadas no item *Não pode faltar* desta seção, podemos inferir que nas áreas 1 e 2 ocorre uso indireto.

Concluimos isso se compararmos as atividades em comum permitidas nas duas áreas, no caso, pesquisa científica e visitação pública (apenas educacional). Tais atividades não envolvem o consumo e a coleta extrativista dos recursos naturais, ou seja, o uso direto.

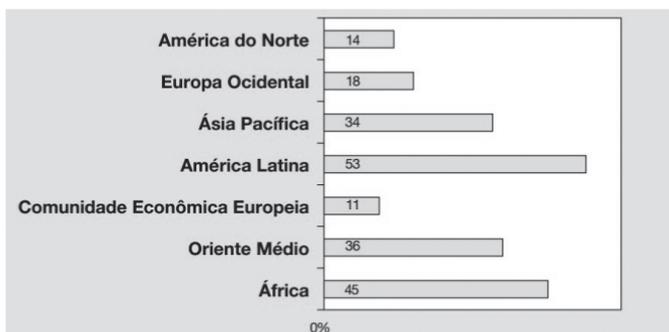
Embora seja permitida coleta na área 2, note que nesse caso a coleta é permitida somente para atividades científicas que subsidiem a proteção dos recursos naturais presentes na área. Portanto, essa não é uma atividade considerada de uso direto, como é o caso da área 3, em que a coleta e caça, mediante regime sustentável, são permitidas.

Podemos dizer que nas áreas 1 e 2 ocorre a preservação ambiental, ao passo que na área 3, a conservação. O propósito de preservação é ressaltado pelo fato de que nas áreas 1 e 2 não é permitida ocupação humana, caracterizando uma forma mais radical de proteção, contrária à exploração ambiental.

## Faça valer a pena

1. Observe a figura a seguir:

**Opinião dos CEOs sobre a ameaça de perda da biodiversidade ao crescimento da empresa**



Segundo a pesquisa, os entrevistados ressaltaram estar “extremamente” preocupados ou preocupados “de alguma forma” com a perda da biodiversidade, pois isso ameaça as perspectivas de crescimento da organização.

Fonte: TEEB – A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade. **Relatório para o Setor de Negócios** – Sumário Executivo 01-07-2010. p. 7. Disponível em: <[http://www.abce.org.br/downloads/TEEB\\_Para\\_Setor.pdf](http://www.abce.org.br/downloads/TEEB_Para_Setor.pdf)>. Acesso em: 4 abr. 2017.

Com relação aos dados provenientes da pesquisa, é correto afirmar:

- Tanto os CEOs das indústrias localizadas em países desenvolvidos como das localizadas em países em desenvolvimento apresentaram o mesmo nível de preocupação.
- Os CEOs que mais indicaram preocupação eram os de indústrias localizadas em regiões em desenvolvimento, como as da comunidade europeia.
- Os CEOs que mais indicaram preocupação eram os de indústrias localizadas em regiões em desenvolvimento, como a América Latina.
- Os CEOs que se mostraram menos preocupados foram os das indústrias localizadas na América Latina, uma região em desenvolvimento.
- Os CEOs que mais indicaram preocupação eram os de indústrias localizadas em regiões desenvolvidas, como os da América do Norte.

**2.** Antes de ser exportada ou vendida no mercado regional ou nos grandes centros urbanos, a madeira passa por uma série de etapas para poder chegar até o consumidor final. Chamamos esse conjunto de etapas de cadeia produtiva.

Com relação à cadeia da madeira nativa, as etapas que a compõem são, respectivamente:

- a) Desmatamento → processamento secundário → processamento primário → armazenamento e revenda ou venda direta.
- b) Desmatamento → processamento primário → processamento secundário → armazenamento e revenda ou venda direta.
- c) Processamento primário → desmatamento → processamento secundário → armazenamento e revenda ou venda direta.
- d) Desmatamento → processamento primário → armazenamento e revenda ou venda direta → processamento secundário.
- e) Processamento primário → desmatamento → armazenamento e revenda ou venda direta → processamento secundário.

**3.** Considere uma situação hipotética em que existam duas áreas protegidas por lei. Na primeira é permitida a coleta, caça e atividades turísticas. Na segunda não é permitida caça nem coleta, apenas visita para fins educacionais.

Levando em conta o contexto apresentado, podemos concluir que:

- a) A primeira área é destinada à preservação e a segunda à conservação ambiental.
- b) A primeira área é destinada à preservação e a segunda à exploração ambiental.
- c) As duas áreas são destinadas à conservação. Porém, a primeira apresenta maiores restrições quanto ao uso dos recursos.
- d) As duas áreas são destinadas à preservação. Porém, a segunda apresenta maiores restrições quanto ao uso dos recursos.
- e) A primeira área é destinada à conservação e a segunda à preservação ambiental.

# Referências

ADEODATO, S. et al. **Madeira de ponta a ponta**: o caminho desde a floresta até o consumo. São Paulo: FGV RAE, 2011. 128 p.

BOTKIN, D. B.; KELLER, E. A. **Ciência ambiental**: Terra, um planeta vivo. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC. 2011.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 21 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993**. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8723.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8723.htm)>. Acesso em: 21 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 23 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm)>. Acesso em: 4 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Medida Provisória nº 2.186-16, de 23 de agosto de 2001**. Revogada pela Lei nº 13.123, de 2015. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/mpv/2186-16.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2186-16.htm)>. Acesso em: 2 abr. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005**. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança - CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança - PNB, revoga a Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória nº 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 16 da Lei nº 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/345638.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006**. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FNDF; altera as Leis nos 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=485>>. Acesso em: 5 abr. 2017.

..... **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm)>. Acesso em: 5 abr. 2017.

..... **Resolução nº 382, de 26 de dezembro de 2006.** Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res38206.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

..... **Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015.** Regulamenta o inciso II do § 1o e o § 4o do art. 225 da Constituição Federal, o Artigo 1, a alínea j do Artigo 8, a alínea c do Artigo 10, o Artigo 15 e os §§ 3o e 4o do Artigo 16 da Convenção sobre Diversidade Biológica, promulgada pelo Decreto no 2.519, de 16 de março de 1998; dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade; revoga a Medida Provisória no 2.186-16, de 23 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Lei/L13123.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13123.htm)>. Acesso em: 31 mar. 2017.

..... Ministério Do Meio Ambiente. **Gerenciamento do Passivo de CFCs.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/quem-%C3%A9-quem/item/695-gerenciamento-do-passivo-de-cfcs>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

..... Ministério do Meio Ambiente: Sistema Florestal Brasileiro. **Perguntas frequentes sobre o manejo florestal comunitário.** Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/component/content/article/68-fomento-florestal/475-perguntas-frequentes-sobre-o-manejo-florestal-comunitario?Itemid>>. Acesso em: 6 abr. 2017.

CALIXTO, João B. Biodiversidade como fonte de medicamentos. **Cienc. Cult. [online]**, vol. 55, n. 3, p. 37-39, 2003.

DONAT, M. G.; ALEXANDER, L. V.; YANG, H. et al. Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The adEX2 dataset. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 118, p. 2098–2118, 2013

GREENPEACE (Brasil). Desmatamento dispara na Amazônia. 2016. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/Desmatamento-dispara-na-Amazonia/>>. Acesso em: 4 mar. 2016.

GRIMM, A. M. Meteorologia básica: notas de aula. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>>. Acesso em: 4 mar. 2017.

HORTO BOTÂNICA DA UHE ITÁ. Coleta de sementes. Disponível em: <<http://www.hortoita.com.br/producao/visualizar/pagina/coleta-de-sementes>>. Acesso em: 9 abr. 2017.

IPCC. Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

IPCC. Global synthesis including impacts on biodiversity. 2007. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg2/en/ch4s4-4-11.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch4s4-4-11.html)>. Acesso em: 18 abr. 2017.

- METEOROLOGIA, Projeto. Camadas atmosféricas. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=TRhHR7nLE2g>>. Acesso em: 4 mar. 2017.
- MIOTO, R. País deixa de gerar US\$ 5 bi por ano com fitoterápicos. 2010. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe0706201002.htm> . Acesso em: 12 Jun 2016.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Perguntas frequentes sobre o manejo florestal comunitário . 2017. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/institucional/68-fomento-florestal/475-perguntas-frequentes-sobre-o-manejo-florestal-comunitario>. Acesso em: 12 Jun 2017.
- MUHLING, B. A. et al. Predicting the effects of climate change on bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) spawning habitat in the Gulf of Mexico. **ICES Journal of Marine Science**, v. 68, n. 6, p. 1051-1062, 2011.
- NASA. Earthy observatory. Global temperatures. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/decadaltemp.php>>. Acesso em: 14 mar. 2017.
- NATÉRCIA, F. Parcerias e inovação impulsionam setor farmacêutico. **Inovação Uniemp [online]**, vol. 1, n. 3, p. 32-37, 2005.
- NOBRE, C. A.; REID, J.; VEIGA, A. P. V. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. Rede Clima/INPE, 2012. 44 p.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. et al. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009.
- RBMA. Reserva da biosfera da Amazônia Central. Disponível em: <[http://www.rbma.org.br/mab/unesco\\_03\\_rb\\_amazonia.asp](http://www.rbma.org.br/mab/unesco_03_rb_amazonia.asp)>. Acesso em: 4 mar. 2017.
- REVOLUÇÃO industrial. Disponível em: <[http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewiOvbSs1NXSAhVKf5AKHfHhBb4QFggMAE&url=http%3A%2F%2Fw3.ufsm.br%2Ffontes%2Findex\\_arquivos%2Frev.pdf&usq=AFQjCNFQ-nwXW6usRcGM5iD4XtpnXR8IRA](http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewiOvbSs1NXSAhVKf5AKHfHhBb4QFggMAE&url=http%3A%2F%2Fw3.ufsm.br%2Ffontes%2Findex_arquivos%2Frev.pdf&usq=AFQjCNFQ-nwXW6usRcGM5iD4XtpnXR8IRA)>. Acesso em: 14 mar. 2017.
- SACCARO JUNIOR, N. L. Bioprospecção e desenvolvimento sustentável. IPEA Desafios do desenvolvimento, Brasília, ano 9, n. 73, 2012. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2795:catid=28&Itemid=23](http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2795:catid=28&Itemid=23)>. Acesso em: 2 abr. 2017.
- SILVA, F. M.; CHAVES, M. S.; LIMA, Z. M. Massa de ar e circulação da atmosfera: aula 5. In: **Geografia Física II**. Natal: EDUFRRN, 2009. 240 p.
- SILVA, M. da. Lei da Biodiversidade. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/pt-br/content/lei-da-biodiversidade>>. Acesso em: 2 abr. 2017.
- SOS MATA ATLÂNTICA. Observando os rios: o retrato da qualidade da água em rios da região sul e sudeste do bioma mata atlântica. 2014. Disponível em: <[https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2014/03/relatorio\\_rios\\_2014\\_sosmataatl.pdf](https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2014/03/relatorio_rios_2014_sosmataatl.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2017.
- STARR, C.; et al. **Biologia: unidade e diversidade da vida**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. v. 3.
- TOLENTINO, R.; ROCHA-FILHO, R. C. A química no efeito estufa. **Química Nova Escola**, n. 8, 1998.



# Energia: conceito, diretrizes e situação energética brasileira

## Convite ao estudo

Olá, aluno! Após compreendermos a importância da gestão sustentável dos recursos naturais na Unidade 1, vamos, a partir de agora, trabalhar com a segunda unidade da nossa disciplina, que se denomina *Energia: conceito, diretrizes e situação energética brasileira*. Iremos conhecer o conceito de energia, o consumo e a eficiência energética, as diretrizes e leis que fundamentam o processo de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia no país, além de compreender na prática como funciona a gestão energética e as crises enfrentadas em nosso país. Esperamos que ao final desta unidade esses conceitos estejam esclarecidos para você, a fim de que siga adiante na disciplina com esse conhecimento internalizado.

Iniciaremos refletindo sobre algumas questões energéticas presentes no nosso cotidiano, seja em nossa casa, na universidade ou em nosso trabalho. Diariamente, utilizamos energia em praticamente todas as atividades que realizamos, desde levantar, utilizar o chuveiro para um banho ou o micro-ondas para aquecer o leite, até o momento em que desligamos a luz para nos deitarmos à noite.

Considerando esse raciocínio, vamos analisar a seguinte informação: no Brasil, o consumo de energia elétrica em residências e comércios corresponde a aproximadamente 65% do total da eletricidade consumida no país, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL, 2015a).

Diante desse dado, suponha que você é engenheiro/analista de uma empresa, e a gerência, observando os altos gastos com energia elétrica, solicitou a você um relatório com o levantamento dos dados de consumo de energia de toda a empresa. Seu gestor gostaria de saber quais são as áreas que

mais consomem energia e quais são as principais fontes de consumo. Além disso, ao final desse diagnóstico, você deverá apresentar também um plano de ações que possam minimizar esses custos dentro da instituição.

Analisando o questionamento da gerência, você deverá refletir a respeito do cenário atual da empresa: (I) Por que a empresa possui altos gastos com energia e como calcular o consumo de cada equipamento? Qual é a principal fonte de consumo? (II) Qual é o panorama nacional energético? O país se encontra em uma crise energética? As tarifas estão elevadas? Por fim, você deverá relacionar o consumo de energia da empresa com recomendações eficientes de energia: (III) O que é o uso racional energético e como ele poderá ser trabalhado na empresa? Como aplicar a eficiência energética?

A análise proposta exige do engenheiro/analista um pensamento aprofundado sobre o conceito de energia e os fatores que o envolvem, especialmente sobre a rotina diária da empresa, estimulando que se estude e pesquise a respeito do assunto. Mas fique tranquilo, a compreensão dos conceitos abordados nos questionamentos anteriores será apresentada no decorrer desta unidade. Por isso, busque as respostas para essas e outras questões durante seus estudos e aprofunde-se, caso sinta necessidade, para que você consiga sanar todas as suas dúvidas. Bons estudos!

# Seção 2.1

## Energia e meio ambiente

### Diálogo aberto

Diariamente a maior parte das empresas lida com problemas ambientais e sociais na execução de suas atividades, propor soluções é o papel dos engenheiros e analistas que nelas atuam. Os desafios são muitos e é preciso que esses profissionais estejam dispostos a aprender novos conceitos, em muitos casos, para a resolução desses conflitos.

Voltando a avaliar o pedido da empresa em que você atua, na qual será necessário identificar os altos consumos de energia da empresa e propor soluções para essa questão, é preciso que você identifique qual é o seu conhecimento sobre o tema energia e o que precisa ser esclarecido para que você possa realizar seu relatório com eficácia.

Em uma primeira análise das contas de luz da empresa, você se depara com as bandeiras tarifárias de energia. Essas bandeiras estão descritas no faturamento da conta e são chamadas de bandeira verde, amarela e vermelha. Nesse momento, você passa a observar que o aumento das contas está relacionado não apenas ao consumo da empresa, mas também à situação em que se encontra a produção de energia nacional.

Refletindo sobre essa nova informação, outros questionamentos são levantados para dar prosseguimento à compreensão do seu papel nesse trabalho: (I) O que é energia e como ela é gerada? (II) Quais são as principais fontes de geração do nosso país e como elas influenciam nas bandeiras tarifárias? (III) Dentro da empresa, como avaliar os gastos de cada equipamento? (IV) Como gerir esse consumo de modo eficiente, reduzindo-o? Como aplicar esse conceito?

Realmente são muitas indagações, mas são a partir delas que seu relatório se desenvolverá, encontrando as respostas do alto consumo energético da empresa para, mais adiante, conseguir desenvolver um plano de ações. Então, vamos esclarecer essas dúvidas?

Na sequência, você estudará o conteúdo sobre energia necessário para o entendimento dessas e de outras dúvidas, o que auxiliará o seu trabalho.

## Não pode faltar

A energia é um dos elementos essenciais à vida humana, junto com o ar e a água, desde as sociedades primitivas, as quais se utilizavam da lenha das florestas para se aquecerem e realizarem atividades domésticas, como cozinhar. Com o crescimento do consumo de energia, outras fontes se tornaram necessárias para o desenvolvimento humano. Hoje em dia, a relação da energia com as atividades do homem é muito mais ampla e complexa, desde a escolha da fonte de energia como da geração e fornecimento, uso e eficiência desse recurso.

A energia elétrica foi descoberta pelo filósofo grego Tales de Mileto e significa “trabalho” (do grego *enéргеia* e do latim *energia*) e, inicialmente, foi usada para se referir a muitos dos fenômenos explicados por meio dos termos: “*vis viva*” (ou “força viva”) e “calórico”. A energia pode ser vista como uma propriedade que expressa as alterações ocorridas nos sistemas por causa dos processos de transferência e transformação realizados pelas interações. A termodinâmica explica isso: trata-se de um ramo da Física que estuda as relações entre o calor trocado e o trabalho realizado em um determinado processo físico, envolvendo a presença de um corpo e/ou um sistema e o meio exterior (MEDINA, NISENBAUM, [s.d.]). Ela é dividida em quatro leis: a Lei Zero da Termodinâmica –, quando dois corpos têm temperaturas iguais em relação a um terceiro, diz-se que eles têm igualdade de temperatura entre si; a Primeira Lei da Termodinâmica, que abrange o princípio da conservação de energia, originando a ideia das reações químicas na matéria por meio da famosa frase “na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”, dita por Antoine-Laurent de Lavoisier (SANTOS, 2015); a Segunda Lei aborda o rendimento das máquinas térmicas baseado em dois enunciados diferentes, o de Kelvin e o de Clausius; e, por fim, a Terceira Lei da Termodinâmica, que diz respeito a um ponto de referência para determinar a entropia do sistema, que mede a desordem das partículas de um sistema físico.

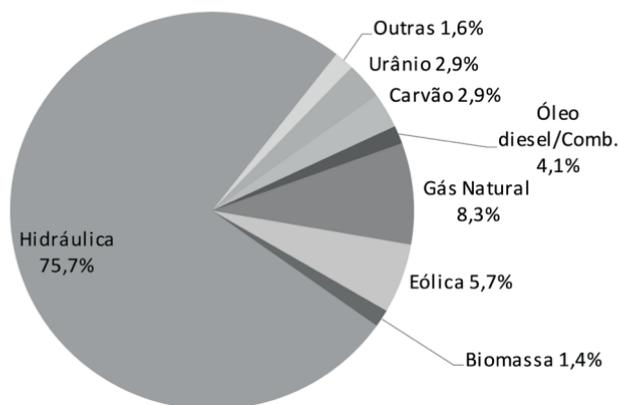
O conceito de energia é, na verdade, algo intuitivo, pois não existe uma definição específica para esse fenômeno físico. Percebemos a energia em diversos momentos no nosso dia a dia, visto que esta também está associada a movimento, calor. Assim, quando trabalhamos com a ideia de energia e movimento, podemos chamar esse tipo de energia de energia cinética. Se há energia cinética, o

corpo realiza trabalho, ou seja, ocorre uma transferência de energia de um corpo para outro. Outro ponto a ser considerado é a energia para corpos em repouso, que acontece apenas pelo fato de um corpo ocupar um lugar no espaço. Há também outros tipos de energia, como a energia gravitacional (energia potencial associada ao campo gravitacional), energia potencial elástica (mola que tem elasticidade), energia química (dos explosivos), energia térmica (estado de agitação das moléculas: temperatura, calor), energia mecânica (capacidade de um corpo produzir trabalho) e energia elétrica (diretamente associada às cargas elétricas). Todas as energias citadas se relacionam diretamente com o trabalho realizado, sendo então "permitido" dizer que o trabalho é uma medida da energia transferida ou transformada. Neste conteúdo, vamos aprofundar nossos estudos na energia elétrica.

O conceito de energia elétrica, segundo a EDP ([s.d.]), é definido pela capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho, podendo ser obtida por meio da energia química ou da energia mecânica pelas turbinas e geradores que transformam essas formas de energia em energia elétrica. Quando analisamos as fontes de geração de energia, logo lembramos da fonte hidrelétrica, que é a base da matriz brasileira. Entretanto, existem diversas fontes de energia que são classificadas em dois tipos: renováveis e não renováveis. As fontes de energia renováveis são aquelas cujo uso é inesgotável, mantendo-se disponível ao longo do tempo, com fontes que se regeneram. Os exemplos de energias renováveis são: energia solar, eólica, hídrica, da biomassa, das ondas, das marés, entre outras. Já as energias não renováveis têm recursos limitados, que não se disponibilizam continuamente na natureza. Os principais exemplos de fontes de energia não renováveis são os combustíveis fósseis, tais como o petróleo, o carvão mineral, o gás natural, o xisto betuminoso e os combustíveis nucleares.

O Brasil possui a matriz energética mais renovável do mundo, com a geração de aproximadamente 75% da eletricidade por usinas hidrelétricas, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2016), órgão governamental que regula e fiscaliza o setor elétrico brasileiro (Figura 2.1). Também é possível observar na figura que a porcentagem de energia renovável gerada corresponde a 82,8%, enquanto as fontes não renováveis contabilizam 17,2%. Nas próximas seções, falaremos de modo detalhado sobre a energia hidráulica e outras fontes renováveis e não renováveis de energia.

Figura 2.1 | Matriz energética elétrica brasileira – Relatório Aneel (2016)



Fonte: <<https://goo.gl/7ixrV3>>. Acesso em: 3 maio 2017.

A matriz energética elétrica brasileira é baseada no modelo hidrelétrico por causa da vasta rede hidrográfica existente em nosso país, particularmente dos grandes rios de planalto, que são alimentados por chuvas tropicais abundantes e constituem uma das maiores reservas de água doce do mundo. Em linhas gerais, a energia hidrelétrica é mais barata no aspecto operacional e emite menos CO<sub>2</sub> do que as termelétricas, porém, os aproveitamentos hidráulicos para grandes e médias usinas sofrem impactos ambientais e sociais significativos na sua instalação, restringindo cada vez mais seu licenciamento. Além disso, seu custo de transmissão geralmente é elevado por estarem localizadas cada vez mais distantes dos grandes centros. Em segundo lugar na matriz energética brasileira estão as usinas termelétricas, que produzem energia a partir da geração de calor resultante da queima de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos.

Seus principais combustíveis são o carvão mineral, a nafta, o petróleo, o gás natural e, em alguns casos, a biomassa. As termelétricas ganharam importância como complementação da matriz hidráulica, especialmente a partir do final da década de 1990. Há ainda um significativo percentual de energia que é importada de países da América Latina, principalmente da parcela paraguaia da Usina Hidrelétrica de Itaipu (PR). Atualmente, segundo dados da Aneel

(2016), o Brasil opera 4.645 empreendimentos de geração de energia, com capacidade instalada total de 150.135.737 kW.



### Refleta

O potencial brasileiro de geração de energia baseado na energia hidrelétrica é muito amplo e, inclusive, pouco explorado, segundo alguns especialistas, visto a dimensão hidrográfica que o Brasil tem. Entretanto, por que o complemento da matriz energética utiliza-se das termelétricas? E se não existissem essas usinas, qual seria uma outra forma de energia que deveria ser explorada?

Ao resgatarmos a história da energia no Brasil, no entanto, nota-se que em 1940 a principal fonte primária não era a água, mas sim a lenha, que representava mais de 75% do consumo energético, porém, a partir da Segunda Guerra Mundial a energia no país começou a mudar de rumo. Depois da guerra, a urbanização e a industrialização levaram a um rápido crescimento do consumo de energia, promovendo no país a implantação de dois sistemas fundamentais, de petróleo e gás, a fim de atender ao transporte e parte das indústrias, e o elétrico, necessário para alimentar as cidades, o setor de serviços e o funcionamento das indústrias.

A importância da energia elétrica é cada vez mais evidente na vida das pessoas, visto que os padrões atuais de produção e principalmente de consumo de energia são cada vez mais elevados. Com a evolução tecnológica, mais equipamentos foram criados para facilitar a vida das pessoas, ocasionando o aumento do consumo de energia e, conseqüentemente, a necessidade de criação de novas usinas de geração de energia para atender à demanda energética. Isso fez com que as tarifas de energia se elevassem ao longo dos anos, particularmente diante das preocupações com as crises energéticas enfrentadas.



### Assimile

As tarifas de energia elétrica são reguladas pela Aneel e são cobradas por unidade de energia (R\$/kWh). Seu preço é contabilizado desde a geração até a sua disponibilização para o consumidor final, considerando três custos distintos: energia gerada + transporte de energia até as unidades consumidoras (transmissão e distribuição) + encargos setoriais. Além da tarifa, os governos federal, estadual e municipal cobram na conta

de luz o PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública. É importante ressaltar que a energia é paga não somente pelo seu consumo propriamente dito, mas também pela sua disponibilidade – 24 horas por dia, 7 dias por semana.

Em razão disso, o conhecimento do consumo de energia que cada aparelho necessita para funcionar é um modo de estimar a energia utilizada e viabilizar as prioridades desse recurso, bem como do dinheiro investido nele. O consumo de energia elétrica dos aparelhos de uma casa é obtido calculando o tempo durante o qual o aparelho permanece ligado e multiplicando pela potência deste, conforme a fórmula a seguir:

$$E = \frac{(t * P)}{1000}$$

Onde:

E = consumo de energia (kWh).

t = tempo (h).

P = potência (W).

Desse modo, obtém-se o quilowatt-hora (kWh). A potência do aparelho é dada em watts (W), quanto mais tempo ele ficar ligado, maior o consumo de energia elétrica. As lâmpadas, por exemplo, são classificadas pela sua potência em watts durante a compra. O chuveiro elétrico consome, em média, uma potência entre 2.500 e 7.000 watts. Na posição de "verão", a potência gasta pelo chuveiro é bem menor do que quando está na posição "inverno". No caso de alguns aparelhos, mesmo realizando o cálculo estipulado pela fórmula, encontram-se diferenças na conta de energia. Isso ocorre por causa do funcionamento desses equipamentos que "ligam e desligam" periodicamente, como os ares-condicionados, geladeiras, freezers, ferro de passar roupas, lavadoras de louças e roupas, entre outros. Após o cálculo do consumo médio de energia, é possível obter o custo mensal em reais, multiplicando o consumo médio em kWh pelo valor da tarifa cobrada por kWh pela concessionária local.



Agora, vamos ver um exemplo na prática do custo de alguns aparelhos em uma residência. Vamos considerar o Quadro 2.1:

Quadro 2.1 | Consumo de energia por equipamento

Aparelho	Potência (W)	Dias de uso/mês	Média utilização/dia	Consumo médio/mês	Consumo em R\$
Ar-condicionado tipo split 9.000 BTU/h	950	20	7 h	133 kWh	74,47
Chuveiro elétrico	4500	30	30 min	67,5 kWh	37,79
Lâmpada fluorescente	15	30	6	2,7 kWh	1,51

Fonte: elaborado pela autora.

Examinando as informações do Quadro 2.1, considerando a fórmula de consumo de energia por aparelho, chegamos a um consumo médio mensal. Ao multiplicarmos o consumo em kWh pelo valor da tarifa por kWh (vamos considerar um valor médio de R\$ 0,55990), obtemos o valor final do aparelho naquele período estipulado de utilização. Vale ressaltar a diferença de consumo de um aparelho para o outro, evidenciando a importância de conferir a potência dos equipamentos/eletrodomésticos durante a compra.

A Aneel aprovou, em setembro de 2016, um cronograma para a adoção de preços diferentes de energia, de acordo com o horário de consumo, chamado de Tarifa Branca. Com a Tarifa Branca, o consumidor poderá pagar mais barato pela energia consumida fora do horário de pico. Segundo a Aneel (2016), essa tarifa valerá a partir de 2018, e com as novas regras deve-se considerar os valores diferenciados por kWh para o cálculo de consumo dos aparelhos domésticos. Atualmente, existe apenas a tarifa convencional, que tem um valor único cobrado pela energia consumida e é igual em todos os dias e horas, todavia, existem as chamadas bandeiras tarifárias que também alteram o custo da energia elétrica no país.

O sistema de bandeiras tarifárias teve início em 2015 e o órgão responsável pela sua gestão é a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Esse sistema aborda o valor pago pelo consumidor baseado no custo atualizado pago pelas geradoras (CCEE, [s.d]c). Elas

são classificadas por cores – verde, amarela e vermelha – e indicam se a energia custará mais ou menos em função do custo extra das distribuidoras com o acionamento de termelétricas. A bandeira verde significa custos baixos para gerar a energia, portanto, a tarifa de energia não terá nenhum acréscimo naquele mês. A bandeira amarela indicará um sinal de atenção, pois os custos de geração estão aumentando. Já a bandeira vermelha mostra que o custo da geração está mais alto, por exemplo, com o maior acionamento de termelétricas. As bandeiras amarela e vermelha apresentarão custos extras nas contas de luz para cada 100 quilowatts-hora consumidos (ANEEL, [s.d.]).

Esse cálculo é realizado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que mensalmente participa da reunião do Programa Mensal de Operação (PMO) e define se haverá ou não a operação das usinas termelétricas e, portanto, os custos referentes a essa geração, repassando para todas as concessionárias ligadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Portanto, da próxima vez que receber a sua conta de luz, fique atento aos valores faturados e em qual bandeira se encontra a situação energética do país.



### Pesquise mais

A página de algumas concessionárias de energia disponibiliza simuladores de consumo de energia elétrica automáticos. Basta escolher o cômodo, os aparelhos, definir algumas características e tempo de uso e você terá o custo por mês dos seus aparelhos. Que tal tentar? Sugestões de acesso:

**Simulador COPEL:** <<https://www.copel.com/hpcopel/simulador/>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

**Simulador Furnas:** <<http://www.furnas.com.br/simulador/simulador.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

O consumo de energia está totalmente relacionado à eficiência energética, já que esta busca a otimização do consumo de energia, ou seja, a utilização racional da energia gerada. Alguns fatores influenciam no desperdício de energia, resultando no mau aproveitamento da energia gerada. Todavia, existem formas de fazer o uso adequado desta, conforme algumas dicas extraídas da concessionária de energia Elektro ([s.d.]):

I. A iluminação deve ser adequada a cada tipo de ambiente. Para auxiliar nessa questão, pinte tetos e paredes internas com cores claras, evitando o uso de lâmpadas de maior potência, e substitua as lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, circulares ou LED na área da cozinha, área de serviço, garagem e qualquer outro local que fique com as luzes acesas mais de 4 horas por dia. Uma lâmpada fluorescente de 40 watts ilumina mais do que uma incandescente de 150 watts e dura 10 vezes mais.

II. Utilize, sempre que possível, a iluminação natural, abrindo janelas, cortinas e persianas em ambientes como o hall social, a sala de visitas, o salão de festas, o salão de jogos etc. Substitua luminárias antiquadas ou quebradas por luminárias mais eficientes, de fácil limpeza e, de preferência, com lâmpadas expostas, que desse modo poderão ser de menor potência.

III. Chuveiro: evite seu uso no horário de maior consumo de energia, ou seja, o horário de pico (17:30 às 20:30), pois este é um dos equipamentos que mais consome energia. Use resistências originais, verificando a potência e a voltagem correta do aparelho. Jamais faça emendas ou adaptações. Esse procedimento aumenta o consumo de energia e causa sérios danos à instalação e ao chuveiro.

IV. Sobre o ferro elétrico, evite ligá-lo nos horários em que muitos outros aparelhos estejam ligados. Ele sobrecarrega a rede elétrica.

V. Quanto aos aparelhos de ar-condicionado, na hora da compra, dê preferência aos modelos que têm o selo Procel de economia de energia (será abordado a seguir). Eles farão uma boa diferença na sua conta de luz, principalmente no verão, quando o ar-condicionado chega a representar um terço do consumo de energia da casa. Dimensione adequadamente o aparelho para o tamanho do ambiente.

VI. Computador: mantenha acionado o programa Energy Star®, utilizando os recursos de economia de energia do monitor. Esse sistema desliga o monitor quando o computador não está sendo utilizado por muito tempo. Acesse esse recurso clicando em: Meu Computador/Painel de Controle/Vídeo.

VII. Elimine vazamentos de água, evitando desperdícios. Economizando água, você está economizando energia. Verifique se a alimentação elétrica do motor está de acordo com as especificações do fabricante.

Além das dicas de economia de energia em residências, que devem ser adotadas, podemos citar algumas sugestões diferenciadas para empresas, de acordo com as sugestões da Copel (2017): para os aparelhos de ar-condicionado, regule o termostato para uma temperatura ambiente que proporcione conforto, sem exagero entre calor ou frio e desligue o aparelho ao se ausentar do ambiente por longo tempo; quanto aos elevadores, mantenha todos funcionando somente nos horários de maior movimentação da empresa; o monitor corresponde a maior parcela do consumo do seu computador, por isso, programe-o para ficar em modo de espera quando não estiver sendo utilizando.



### Pesquise mais

Para obter mais dicas relacionadas à economia e ao uso adequado de energia, acesse: <[https://www.elektro.com.br/Media/Default/pdf/ELEKTRO\\_Dicas\\_de\\_economia.pdf](https://www.elektro.com.br/Media/Default/pdf/ELEKTRO_Dicas_de_economia.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2017.

A eficiência energética também é uma ferramenta importante em edifícios públicos e na indústria. Para cada um desses setores, existe um material exclusivo, com dicas importantes de economia de energia, acesse: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/GUIA+EFIC+ENERG+EDIF+PUBL\\_1+0\\_12-02-2015\\_Compacta.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/GUIA+EFIC+ENERG+EDIF+PUBL_1+0_12-02-2015_Compacta.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2017.

Para saber mais sobre o uso eficiente de energia elétrica na indústria, acesse: <[https://static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/uploads/arquivos/cartilha\\_cni\\_corrente\\_FINAL-small1.pdf](https://static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/uploads/arquivos/cartilha_cni_corrente_FINAL-small1.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2017.

Você também pode encontrar mais informações sobre o uso racional de energia no canal da Abradee (Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica): <<https://www.youtube.com/watch?v=L3VY486Uths>>. Acesso em: 22 maio 2017.

A modernização de equipamentos e processos, assim como programas voltados para o consumo consciente, contribui para a economia e redução do consumo de energia. Para incentivar a eliminação de desperdícios e incentivar o uso de eletrodomésticos e equipamentos mais eficientes foi criado, em 1985, Esse programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel). O Programa promove ações de eficiência energética em diversos segmentos da economia (edificações, iluminação pública, poder público, indústria e comércio, equipamentos e conhecimento) ajudando

o país a economizar energia elétrica e gerando benefícios para toda a sociedade. A criação do selo Procel, em 1993, possibilitou parcerias importantes no desenvolvimento e melhoria de produtos e equipamentos no que se refere à sua eficiência, estabelecendo índices de desempenho e orientando o consumidor para a escolha certa no momento da compra.



### Pesquise mais

Quer conhecer quais equipamentos têm o selo Procel e os critérios do programa para a sua concessão? Acesse: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={B70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA}>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

A eficiência energética deve ser analisada não somente do ponto de vista da energia elétrica gerada e disponível para consumo, mas também pela eficiência das fontes geradoras de energia. O parâmetro que avalia o grau de eficiência é a Razão da Energia Líquida (REL) fornecida por uma determinada fonte pela energia gasta na sua produção, ou seja, quanto maior for o valor do REL, maior é a eficiência no uso da fonte empregada. Se essa razão for menor que um, ocorre uma perda de energia líquida durante a vida útil do sistema. Essa temática será abordada com mais profundidade na Unidade 4, quando trataremos das fontes alternativas de energia, mas é importante considerá-la na adoção de medidas energeticamente eficientes.

As adversidades encontradas em épocas de crise desenvolvem a necessidade de buscar alternativas para diminuir a fragilidade dos insumos energéticos. Nessa busca, houve a evolução da tecnologia de equipamentos, a modernização dos processos, estudos e ações de eficiência energética, a fim de preservar a matéria-prima geradora de energia. Ainda hoje em dia, a eficiência energética busca projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Busca-se estimular o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica. Nosso planeta tem a capacidade de se recuperar, porém o nosso ritmo de consumo de recursos naturais e geração de resíduos é maior do que é suportado por ele. Precisamos economizar

os recursos naturais alterando nosso estilo de vida e de consumo, que se tornarão insustentáveis a longo prazo, tanto para nós quanto, principalmente, para as futuras gerações.

## Sem medo de errar

Vamos agora resgatar o questionamento feito no item *Diálogo Aberto*, para compreendermos seu papel de engenheiro/analista no trabalho que você precisa cumprir na empresa em que atua, baseado em todo o aprendizado que teve até aqui.

Retomando o estudo que foi solicitado, você deve identificar os altos consumos de energia da empresa e propor soluções para essa situação.

Já na sua primeira análise da conta de luz, além do alto valor, você se deparou com a descrição da cobrança de bandeiras tarifárias e passou a se questionar em relação a em que se baseia a energia. Com os conceitos apresentados nesta seção, foi possível entender sua definição e de que forma se organiza a matriz energética. No caso das bandeiras tarifárias, estas influenciam nos custos de energia para o consumidor, já que ela passa a custar mais na sua geração, conforme a bandeira estabelecida. Infelizmente, considerando a situação energética do país, você não poderá fazer muita coisa para alterar o custo extra apresentado, mas estudou que poderá sim influenciar nos gastos de energia gerados pela empresa.

Baseado na potência e no tempo de uso de aparelhos e equipamentos é possível calcular o consumo de energia atual. Inicie mapeando todos os equipamentos utilizados na empresa durante o horário de trabalho, especialmente os de alta potência, como aparelhos de ar-condicionado e outras máquinas de porte maior. Algumas empresas têm a planta elétrica do edifício em que estão instaladas, que nada mais é que um documento com a localização de todos os pontos de utilização de energia elétrica, comandos, trajeto dos condutores, divisão dos circuitos, carga de cada circuito, carga total da instalação etc.

Caso a empresa possua uma planta elétrica, tente compará-la com o uso atual que é feito na empresa dos pontos de energia, para que possa facilitar seu trabalho no mapeamento dos equipamentos. Uma outra dica durante esse levantamento é a elaboração de uma planilha com colunas que possibilitem a anotação do tipo de equipamento,

potência, período utilizado, entre outras informações. Ela te auxiliará no diagnóstico e, posteriormente, no cálculo de consumo. Além disso, observe as tomadas em que esses equipamentos estão instalados. Em alguns casos, se as tomadas não forem adequadas, o aparelho pode não trabalhar de forma correta e consumir mais energia.

Atente também aos equipamentos que tiverem o selo Procel, para avaliar a economia do produto e a manutenção dos aparelhos, por exemplo, o ar-condicionado necessita de troca de filtros para seu bom funcionamento. Lembre-se de avaliar as lâmpadas de todas as salas, identificando se são econômicas e se estão dimensionadas de acordo com o tamanho do ambiente, verificando se a claridade externa é usufruída adequadamente. Além de todo esse levantamento físico, faz-se necessário o levantamento de rotinas dos funcionários: eles costumam atentar à quantidade de lâmpadas acesas? Utilizam o ar-condicionado adequadamente? Desligam todos os aparelhos no horário de saída do trabalho? A constatação de desperdícios, além de outras questões, deve ser levantada durante o diagnóstico para que se possa trabalhar a eficiência energética dentro da empresa.

Após a identificação de todos os fatores que influenciam nos gastos com energia na empresa, é hora de ajustar o consumo extra. Trace um plano de ações com medidas de eficiência energética para os equipamentos que podem reduzir o consumo. Troque as lâmpadas e equipamentos que contenham selo Procel de baixa eficiência: apesar do gasto inicial, essa atitude garantirá economia energética a longo prazo. Faça as melhorias fundamentais que você identificar na empresa para eliminar desperdícios e diminuir custos. Inclua também no seu plano de ações reuniões e palestras com os funcionários, para o entendimento e conscientização sobre os hábitos que acarretam consumo extra de energia, o que não é bom nem para a empresa nem para o meio ambiente.

Se necessário, utilize-se de avisos nas paredes e nos equipamentos do ambiente de trabalho para lembrar de ações necessárias para a economia elétrica. Por último, pesquise sobre formas alternativas de energia disponíveis no mercado e, se possível, proponha-as para a empresa, após um estudo detalhado de viabilidade. Uma das fontes mais procuradas hoje em dia no mercado são as placas solares ou painéis fotovoltaicos, compostos por células solares que absorvem a luz do sol e a transformam em energia elétrica, geralmente instalados

em telhados, aproveitando o espaço. Estude sobre essa sugestão e analise se ela serve para a empresa. Com certeza seu relatório atenderá a expectativa do seu gestor e de toda a empresa, trazendo retornos positivos.

## Avançando na prática

### Palestra sobre energia

#### Descrição da situação-problema

Vamos supor que você, enquanto engenheiro, atue em uma organização que trabalha com projetos voltados ao setor elétrico e foi convidado por uma instituição de ensino para palestrar para seus alunos iniciantes do curso técnico de Eletricista Residencial sobre a expansão do acesso à energia elétrica no Brasil.

Você precisa organizar sua palestra de uma maneira clara e objetiva, para que esses alunos recebam informações introdutórias importantes para a compreensão do tema energia, considerando os seguintes pontos: (I) Como eram as primeiras formas de energia e como surgiu a energia elétrica? (II) Qual é a importância da energia na vida da sociedade? (III) Como a energia elétrica influenciou o desenvolvimento? (IV) Qual é a situação atual do consumo energético no Brasil?

Após a análise desses pontos, trabalhe suas ideias no desenvolvimento do conteúdo da palestra.

#### Resolução da situação-problema

Respondendo aos pontos levantados, na sua palestra você deverá fazer um breve histórico sobre o surgimento e a definição de energia. Faça uma linha do tempo para facilitar o entendimento do público. Nos conteúdos estudados, vimos que as primeiras formas de energia não incluíam a elétrica, e sim a lenha e o fogo. Relate o surgimento da energia em outros países e depois a expansão desta para o Brasil, difundindo-se especialmente no Pós-Segunda Guerra Mundial. Relate as primeiras fontes de energia do Brasil, apresentando a instalação das primeiras hidrelétricas para o aproveitamento energético. No segundo e terceiro ponto é importante apresentar como a energia influenciou o desenvolvimento da economia e da sociedade, baseando-se no progresso industrial que ocorreu no século passado, apoiado no uso de petróleo, que era considerado abundante e barato. Essa evolução estimulou o desenvolvimento da tecnologia nacional e o acesso da

população a equipamentos e aparelhos que facilitavam as atividades diárias. Com o crescimento da economia e a ascensão de classes consideradas menos favorecidas, a população passou a ter melhores condições de vida e o acesso a aparelhos eletrônicos. Por fim, abranja o último ponto, que é a situação atual do consumo energético no Brasil, que aumentou consideravelmente, visto como um ponto positivo no aspecto de desenvolvimento econômico e tecnológico do país, mas também como ponto negativo, uma vez que há sobrecarga de energia e a necessidade constante do aumento na geração de energia. Por esses aspectos negativos, buscam-se fontes de energia renováveis para que sua geração interfira minimamente sobre o meio ambiente, atendendo à necessidade da população sobre o consumo. É indispensável falar também sobre o uso consciente da energia, utilizando medidas de eficiência energética no dia a dia que contribuam para a preservação do planeta.

## Faça valer a pena

**1.** É aquela energia obtida de fontes naturais capazes de se regenerar e cuja utilização pode ser mantida e aproveitada ao longo do tempo, sem possibilidade de esgotamento dessa mesma fonte.

Levando em consideração a informação do texto-base, qual é o conceito de fonte de energia abordado?

- Fonte de energia renovável. Exemplo: gás natural.
- Fonte de energia não renovável. Exemplo: carvão mineral.
- Fonte de energia renovável. Exemplo: hidrelétrica.
- Fonte de energia não renovável. Exemplo: energia eólica.
- Fonte de energia não renovável. Exemplo: hidrelétrica.

**2.** O consumo de energia é calculado de acordo com o tempo durante o qual determinado aparelho permanece ligado multiplicado pela sua potência. O quadro a seguir mostra os principais eletrodomésticos e suas quantidades em uma residência, a potência elétrica de cada equipamento e o tempo mensal de funcionamento em horas.

Consumo de energia por equipamento elétrico

APARELHO	QTD.	POTÊNCIA (W)	DIAS DE USO/MÊS	MÉDIA UTILIZAÇÃO/DIA
Geladeira	1	300	30	24 h
Chuveiro elétrico	1	4500	30	30 min

Ferro elétrico	1	1000	5	2 h
Lâmpada	10	15	30	6 h
TV	2	85	25	2 h

Fonte: elaborado pela autora.

De acordo com os dados do quadro e supondo que a companhia de energia elétrica cobre R\$ 0,60 por cada KWh consumido, determine o custo mensal total da energia elétrica para essa residência.

- R\$ 180,27.
- R\$ 2.584,65.
- R\$ 194,85.
- R\$ 197,40.
- R\$ 230,00.

**3.** Entre as diversas recomendações para economia de energia elétrica em uma residência, pode-se destacar as seguintes sugestões:

- Substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes.
- O melhor horário de utilização do chuveiro elétrico é em horário de pico, no qual a maioria das pessoas estão consumindo energia e o chuveiro passa a utilizar menos energia.
- Utilizar o ferro de passar roupa sempre que precisar, pois ele tem baixa potência.
- Comprar aparelho de ar-condicionado e outros eletrodomésticos com selo Procel, observando o nível de economia de energia.

É correto o que se afirma em:

- I e IV.
- I, III e IV.
- I e II.
- Todas estão corretas.
- III.

## Seção 2.2

### Política energética brasileira

#### Diálogo aberto

Olá, aluno! Vamos dar continuidade aos nossos estudos. Na Seção 2.1, conhecemos o conceito de energia, bem como suas fontes, e conceituamos o consumo energético e como este se relaciona com os aparelhos que utilizamos em nosso dia a dia. Além disso, aprendemos sobre a importância do uso consciente e eficiente de energia. Agora, nesta seção, vamos conhecer um pouco sobre o processo histórico da organização do setor energético em nosso país e de que forma o desenvolvimento econômico e social se relaciona com a energia.

Para darmos continuidade, vamos relembrar a proposta do item *Convite ao Estudo* da unidade, no início da Seção 2.1: elaborar um relatório para o seu gestor com um diagnóstico sobre o consumo de energia da empresa e uma proposta para minimizar esses custos dentro da instituição. Caso necessário, retorne à Seção 2.1 para recapitular o conteúdo.

Observando a empresa, pelos valores de energia que ela consome, em que tipo de consumidor ela se enquadra? Será que ela está compreendida adequadamente? Ou poderia se ajustar a outro molde de consumidor? Essas informações interferem nos gastos da empresa e influenciarão no desenvolvimento do seu relatório. Além disso, é necessário que você compreenda como está estruturado o setor elétrico brasileiro, para que possa desenvolver uma visão multidisciplinar do panorama nacional energético e possa interpretar esse setor do ponto de vista físico, econômico, institucional e socioambiental. A reflexão realizada nesse contexto é: como se encontra estruturado o setor energético nacional atualmente? Qual é a importância dessa estrutura? Qual é a relação entre o panorama energético nacional e o desenvolvimento social?

O conteúdo desta seção auxiliará você na assimilação dessas reflexões, contribuindo para o aperfeiçoamento do seu relatório, de forma que este fique mais completo e compreensível para sua gerência.

Então, vamos começar? Desejamos a você um bom estudo!

## Não pode faltar

Quando falamos sobre a estrutura do setor elétrico brasileiro, estamos considerando todas as instituições que fazem parte dos processos tanto de geração quanto de distribuição e comercialização de energia. O objetivo desse modelo é garantir a segurança do fornecimento de energia elétrica, promover a inserção social, por meio de programas de universalização do atendimento, e também a modicidade tarifária e de preços.

Em primeiro lugar, vamos compreender o que significa cada parte do processo de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia. A energia elétrica pode ser gerada por meio de fontes renováveis de energia ou não renováveis, como vimos na Seção 2.1. No Brasil, onde é grande o número de rios, a opção hidráulica é mais utilizada e apenas uma pequena parte é gerada a partir de combustíveis fósseis, em usinas termelétricas. Considerando a energia hidráulica, a água sai do reservatório e é conduzida com muita pressão por enormes tubos até a casa de força, onde ficam os geradores, as turbinas, que possuem pás ligadas aos geradores. O movimento dessas pás cria um campo magnético, o que produz eletricidade.

Antes de disponibilizar a energia elétrica na rede, ela é tratada, ou seja, colocada em níveis adequados de transmissão, em termos de tensão e corrente, o que é feito pelos transformadores instalados em subestações. Para que a energia chegue às cidades, é necessário aumentar a voltagem, trabalho feito pelos transformadores elevadores das subestações, entretanto, para alcançar as residências, a tensão é rebaixada na subestação abaixadora e chega por meio das redes de distribuição, formadas por postes, cabos e transformadores. Os sistemas de distribuição devem ser definidos em função da natureza dos consumidores, dos limites de utilização da fonte disponível e da tensão do sistema.

A distribuição acontece quando a energia é entregue aos consumidores conectados à rede elétrica de uma determinada empresa de distribuição, conhecida também como concessionária. Segundo a Abradee (I.S.D.), o Brasil é composto por 63 concessionárias, as quais são responsáveis pela administração e operação de linhas de transmissão de menor tensão, mas principalmente das redes de média e baixa tensão, como aquelas instaladas nas ruas e avenidas das grandes cidades. Para a comercialização de energia, as empresas

responsáveis pela produção e transmissão de energia compõem o Sistema Interligado Nacional (SIN), que atualmente abrange as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte do Brasil. Nesse sistema ocorrem as negociações de compra e venda de energia, ou seja, uma vez que um agente de mercado (distribuidor, gerador, comercializador, consumidor livre ou especial) se torna membro do SIN, ele pode negociar energia com qualquer outro agente, independentemente das restrições físicas de geração e transmissão.

Voltando a falar na estrutura do setor, vamos resgatar o histórico do setor elétrico no Brasil, dividindo-o em três momentos importantes: antes da década de 1990, depois da década de 1990 e o atual modelo do setor energético, adotado em 2004.

A história da energia na fase anterior à década de 1990 inicia-se muito antes. No final do século XIX, a energia elétrica no Brasil era inexpressiva, pois a atividade econômica era agrária. No século XX, com o desenvolvimento das cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, ocorreram investimentos estrangeiros para a instalação de companhias de energia elétrica. A partir de 1920, a economia passou a ser voltada para a industrialização, sendo necessária a expansão das construções de usinas hidrelétricas. As usinas, em geral, eram associadas às regiões industriais ou aos locais definidos por concessão municipal. Até a década de 1930, o estado limitava-se apenas a conferir as autorizações do funcionamento das usinas. Para o estado autorizar e conceder o aproveitamento da energia hidráulica foi estabelecido o Código das Águas.

Em 1934, o Código de Águas constituiu um dos principais marcos institucionais no setor de energia elétrica, pois a partir dele regulamentou-se a propriedade das águas, que passou a ser incorporada como patrimônio da União, e a sua utilização, dispondo inclusive de concessões para exploração dos serviços de energia elétrica, determinando as tarifas desses serviços públicos e a competência dos estados na execução do próprio Código. Em 1939 foi criado o Conselho Nacional das Águas (CNAE), com o objetivo de resolver problemas de suprimento, regulamentação e tarifas referentes à indústria de energia elétrica. Entretanto, o governo não possuía capital, tecnologia e capacidade de gestão suficientes para ampliar os serviços públicos de eletricidade prestados pelas concessionárias estrangeiras, portanto, as empresas estrangeiras não

conseguiram obter melhores tarifas em virtude das incertezas políticas da época. Logo, na década de 1940, após o término da Segunda Guerra Mundial e com o processo de urbanização (êxodo rural), a demanda por energia ultrapassou a oferta, iniciando o racionamento de energia nas capitais brasileiras, sendo necessário, novamente, realizar investimentos no setor elétrico. Desse modo, foram criadas as primeiras companhias estaduais.

De acordo com Lorenzo (2002), o Rio Grande do Sul foi o primeiro estado brasileiro a criar, em 1946, sua Comissão Estadual de Energia Elétrica para utilizar seu potencial hidrelétrico. No mesmo período, segundo o mesmo autor, o governo de Minas Gerais também inaugurou a Usina de Gafanhoto, e, em 1945, o governo federal cria a Companhia Elétrica de São Francisco (CHESF) para aproveitar o potencial energético da cachoeira de Paulo Afonso. A Chesf teve destacado papel na construção de grandes usinas de geração não apenas na Bahia, mas em todo o Nordeste, cabendo aos estados o desenvolvimento dos sistemas de distribuição. Baseado no sucesso da experiência no estado de Minas, em 1952, criou-se a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) que oportunizou o avanço da indústria nesse estado. Já na região Sudeste do país, onde se encontrava o grande desenvolvimento industrial brasileiro, para resolver os problemas de abastecimento de energia elétrica que a região enfrentava criou-se, em 1957, a empresa federal Central Elétrica de Furnas, no Rio Grande, com elevado aproveitamento energético (LORENZO, 2002).

A partir dessas ações, a perspectiva da atuação do Estado na geração de energia ganha importância, com as empresas estatais construindo grandes obras e conquistando o lugar das empresas estrangeiras. Em 1964, consolidou-se a presença do Estado no setor elétrico, durante as mudanças políticas ocorridas quando os militares assumiram o poder, beneficiando a expansão do sistema elétrico nacional, trazendo importantes efeitos positivos na economia, como a elevação da demanda para as indústrias de bens intermediários, a construção civil e as indústrias de bens de capital. Com a crise do petróleo em 1973, o governo incentivou as indústrias a utilizarem energia gerada por hidrelétricas em vez de combustíveis fósseis. Tal período gerou um grande investimento do governo na ampliação energética do país, além do custeamento do segundo plano nacional de desenvolvimento, tornando necessário ao país fazer empréstimos

internacionais desfavoráveis. Em média, entre os anos de 1967 e 1973, a economia cresceu 11% ao ano (BELLINGIERI, 2005), sustentada pelo desenvolvimento da produção de eletricidade que, por sua vez, gerou crescentes investimentos.

A partir dos anos 1980, havia uma organização central que orientava a expansão da geração, transmissão e distribuição de energia, e o crescimento da demanda energética acompanhava o aumento da oferta de energia. Por causa da falta de crédito nacional e internacional, os investimentos foram praticamente interrompidos, inclusive os de infraestrutura. Um fator que contribuiu para a crise foi o comprometimento do setor elétrico em duas obras monumentais: Itaipu Binacional e o Programa Nuclear Brasileiro. Apreensivo com o aumento do consumo de energia elétrica na região Sudeste e o possível esgotamento de recursos hidrelétricos, o governo criou, em 1985, o Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL), com objetivo de fomentar a racionalização da produção e do consumo, eliminar os desperdícios e reduzir os custos e os investimentos setoriais.

O valor das tarifas repassadas aos consumidores e entre as empresas não apresentavam as parcelas referentes à transmissão. Além disso, para cada classe de consumidor era considerada uma única tarifa em todo o território nacional, tornada viável por meio de subsídios cruzados entre as empresas. A crise no setor elétrico piorou com as mudanças ocorridas na Constituição Federal de 1988, que eliminou o imposto único sobre energia elétrica e transferiu para os estados a arrecadação tributária equivalente, por meio do ICMS. As condições de funcionamento do setor elétrico estavam se deteriorando e a alternativa encontrada foi fazer uma mudança qualitativa na atuação do Estado em relação ao setor.

A década de 1990 foi marcada por profundas mudanças no cenário elétrico nacional. Em 1992, foi lançado o Plano Nacional de Desestatização, com objetivo de privatizar as empresas estatais. O processo se daria pela venda das concessionárias federais atuantes no ramo de distribuição. O objetivo da reestruturação do modelo era expandir a geração e modernizar as linhas de transmissão de energia elétrica, partindo da construção de um modelo competitivo de energia elétrica no Brasil. Em março de 1993, com a Lei 8.631, houve uma mudança radical nas tarifas, revogando o regime de remuneração garantida e extinguindo o mecanismo de equalização tarifária. Este

determinava o mesmo nível de tarifa para as diferentes regiões do país, de acordo com a classe de consumo. Com essa mudança, as distribuidoras passaram a ter reajustes e tarifas diferenciadas, de acordo com seus custos. A lei também criou contratos de suprimento entre geradores e distribuidores.

Em 1995, a Lei 8.987 regulamentou o processo de concessões dos serviços do setor elétrico para investidores e a desestatização dos empreendimentos existentes. A partir daí, cada distribuidora passou a ter suas tarifas e seus reajustes fixados de forma diferenciada, de acordo com suas estruturas de custos gerenciáveis e não gerenciáveis. O objetivo do novo sistema tarifário foi viabilizar o equilíbrio econômico-financeiro das empresas e estimular sua eficiência, uma vez que elas passaram a reter uma parte dos ganhos de eficiência na sua gestão. O governo passou a promover licitações para novos empreendimentos de geração de energia; criou a figura do Produtor Independente de Energia e o conceito de Consumidor Livre; determinou o livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição, além da liberdade para os grandes consumidores escolherem onde adquirir seus suprimentos de energia.



### Refleta

É se na reforma do sistema elétrico brasileiro na década de 1990 não tivesse ocorrido o fim da equalização tarifária, o que você acha que teria acontecido com esse setor?

Ainda em 1996, segundo o Ministério de Minas e Energia, o Governo Federal criou a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), a fim de regular as atividades empresariais, fiscalizando a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Outras mudanças foram implantadas com o objetivo de organizar o mercado e a estrutura da matriz energética brasileira, como a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em 1997, que tem como objetivo coordenar a gestão integrada das águas, por meio do seu planejamento e controle, cobrando pelo seu uso, além da preocupação de preservar a água, entre outras atribuições.

Em 1997, foi criado o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) pela Lei nº 9.478, com diversos princípios e objetivos atrelados. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), o

CNPE é o órgão de assessoramento do presidente da república para a formulação de políticas e diretrizes de energia. O Conselho abrange 23 princípios e objetivos, sendo eles:

- I. Preservar o interesse nacional.
- II. Promover o desenvolvimento, ampliar o mercado de trabalho e valorizar os recursos energéticos.
- III. Proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos.
- IV. Proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia.
- V. Garantir o fornecimento de derivados de petróleo em todo o território nacional, nos termos do § 2º do art. 177 da Constituição Federal.
- VI. Incrementar, em bases econômicas, a utilização do gás natural.
- VII. Identificar as soluções mais adequadas para o suprimento de energia elétrica nas diversas regiões do país.
- VIII. Utilizar fontes alternativas de energia mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis.
- IX. Promover a livre concorrência.
- X. Atrair investimentos na produção de energia.
- XI. Ampliar a competitividade do país no mercado internacional.
- XII. Incrementar, em bases econômicas, sociais e ambientais, a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional.
- XIII. Garantir o fornecimento de biocombustíveis em todo o território nacional.
- XIV. Incentivar a geração de energia elétrica a partir da biomassa e de subprodutos da produção de biocombustíveis, em razão do seu caráter limpo, renovável e complementar à fonte hidráulica.
- XV. Promover a competitividade do país no mercado internacional de biocombustíveis.
- XVI. Atrair investimentos em infraestrutura para transporte e estocagem de biocombustíveis.
- XVII. Fomentar a pesquisa e o desenvolvimento relacionados à energia renovável.
- XVIII. Mitigar as emissões de gases causadores de efeito estufa e de

poluentes nos setores de energia e de transportes, inclusive com o uso de biocombustíveis.

Em 1998, foi criado o Mercado Atacadista de Energia (MAE), que tinha como propósito a gestão das transações comerciais de energia elétrica, e o Operador Nacional do Sistema (ONS), encarregado da coordenação da operação dos sistemas elétricos interligados, de natureza privada, mas criado por iniciativa do governo, com base na regulamentação do Grupo Coordenado de Operação Integrada (GCOI).

Em 10 de maio de 1999, por meio da portaria MME nº 150, foi criado o Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE), com o intuito de planejar a expansão do sistema elétrico, cuja estrutura, organização e forma de funcionamento foram aprovados pela Portaria MME nº 485, de 16 de dezembro de 1999.

O consumo de energia, entre 1990 e 2000, cresceu 49%, enquanto a capacidade instalada, 33%. Em razão disso e de um longo período de escassez de chuvas, em maio de 2001, os níveis dos reservatórios das hidrelétricas baixaram, forçando o país a adotar medidas emergenciais para evitar o colapso na oferta de energia, entre elas, o racionamento de energia, atrasando o crescimento do setor e afetando o Produto Interno Bruto (PIB) nacional, que mensura o crescimento econômico do país. Durante esse período, o PIB teve uma queda de 0,8% nos dois últimos trimestres do ano, conforme aponta Bardelin (2004). O reflexo na economia foi nítido e as concessionárias sofreram com as mudanças de comportamento por parte de seus consumidores. Um exemplo foram as indústrias que buscaram se tornar autossuficientes em energia para combater o aumento do preço da tarifa que o racionamento impôs. Foi a partir desse momento que o país percebeu a necessidade de incluir novas fontes geradoras na matriz energética nacional e reestruturar seu setor elétrico.

O novo/atual modelo do setor elétrico foi planejado para garantir segurança no suprimento de energia, favorecer a inserção social no Setor Elétrico Brasileiro, em particular pelos programas de universalização de atendimento, e promover a modicidade tarifária. O setor buscou a competição de mercado, porém manteve um foco na remoção dos principais riscos, atentando para a inovação tecnológica e gerencial. Nesse sentido, o Estado passou a investir

nas termelétricas, que operam a partir de combustíveis como a biomassa (bagaço de cana) e o gás natural, e a apoiar projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), fontes não convencionais e conservação de energia. Em termos de modicidade tarifária, o modelo prevê a compra de energia elétrica pelas distribuidoras no ambiente regulado por meio de leilões – observado o critério de menor tarifa, objetivando a redução do custo de aquisição da energia elétrica a ser repassada para a tarifa dos consumidores cativos.



## Vocabulário

**Consumidor cativo:** é o consumidor que compra a energia das concessionárias de distribuição às quais está ligado. Cada unidade consumidora paga apenas uma fatura de energia por mês, incluindo o serviço de distribuição e a geração da energia, as tarifas são reguladas pelo governo.

**Consumidor especial:** é um consumidor livre com demanda entre 500 kW e 3 MW, que tem o direito de adquirir energia de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) ou de fontes incentivadas especiais (eólica, biomassa ou solar).

**Consumidor livre:** compra energia diretamente dos geradores ou comercializadores por meio de contratos bilaterais com condições livremente negociadas, como preço, prazo, volume etc. O consumidor pode escolher seu fornecedor de energia elétrica por meio de livre negociação. São tipicamente indústrias de grande porte.

Disponível em: <<http://www.mercadolivredeenergia.com.br/>> e <<https://goo.gl/DarJPw>>. Acesso em: 25 maio 2017.

Em 2004, foram criados, por meio de decretos, órgãos de apoio, como a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), com a função de planejar o setor a longo prazo: o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), responsável por avaliar a segurança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional, e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), para organizar as atividades de comercialização no sistema interligado. A Lei nº 10.848 sobre a comercialização de energia elétrica dispôs acerca dos ambientes de negociação que passaram a prevalecer: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), com agentes de geração e de distribuição de energia; e o Ambiente de Contratação Livre (ACL),

com geradores, distribuidores, comercializadores, importadores e exportadores, além dos consumidores livres e especiais.

De acordo com as informações explicativas da CCEE ([s.d.]), a compra e venda de energia no ambiente regulado é formalizada por meio de contratos celebrados entre os geradores e os distribuidores, que participam dos leilões de compra e venda de energia. Os contratos desse ambiente têm regulação específica para aspectos como preço da energia, submercado de registro do contrato e vigência de suprimento, não passíveis de alterações bilaterais pelos agentes. Já no ambiente livre, os geradores, comercializadores, importadores e exportadores de energia e consumidores livres e especiais têm liberdade para negociar e estabelecer em contratos os volumes de compra e venda de energia e seus respectivos preços. Todos os contratos firmados nos ambientes livre e regulado são registrados na CCEE.



### Pesquise mais

Para se tornar um consumidor livre, é necessário atender alguns requisitos. Nos links disponibilizados a seguir, é possível observar quais são os requisitos exigidos, entender como funciona esse mercado, suas vantagens e as estratégias de comercialização de energia.

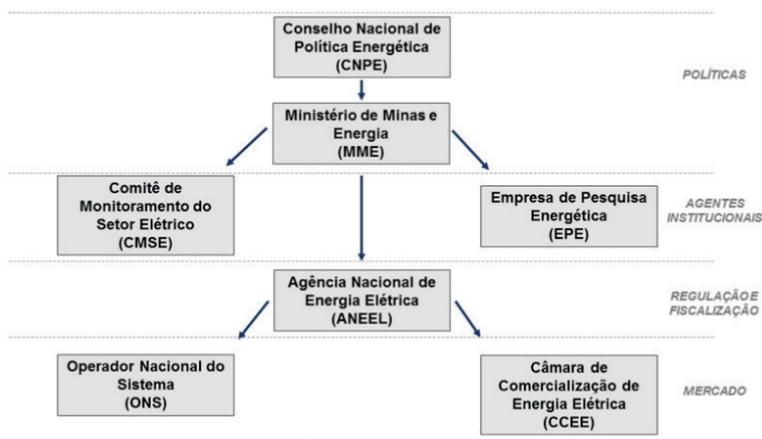
<<http://www.copelenergia.com.br/hpenergia/root/index.jsp>>. Acesso em: 16 jul. 2017.

<[http://www.abraceel.com.br/archives/files/Abraceel\\_Cartilha\\_MercadoLivre\\_V9.pdf](http://www.abraceel.com.br/archives/files/Abraceel_Cartilha_MercadoLivre_V9.pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2017.

<<https://oglobo.globo.com/economia/entenda-como-funciona-mercado-livre-de-energia-19911909>>. Acesso em: 16 jul. 2017.

As atualizações no setor elétrico propiciaram condições favoráveis a novos investimentos. A sua estrutura, baseada nas instituições que dele fazem parte, ficou configurada da seguinte forma:

Figura 2.2 | Instituições que integram o setor energético



Fonte: adaptado de CCEE. <<https://goo.gl/x9evmi>>. Acesso em: 20 maio 2017.

De fato, a energia é o fator determinante para o desenvolvimento econômico e social ao fornecer suporte mecânico, térmico e elétrico às ações humanas. Essa característica faz com que o setor de energia conviva, historicamente, com duas situações extremas: em uma delas se encontra o desenvolvimento tecnológico que busca atingir maior qualidade e eficiência tanto na produção quanto na aplicação dos recursos energéticos, e na outra busca-se aumentar o número de pessoas com acesso às fontes mais eficientes de energia. Nessa temática, foi lançado, por meio do Decreto 4.873, de 11 de novembro de 2003, o Programa Luz para Todos, com o desafio de acabar com a exclusão elétrica no país, tendo como meta levar o acesso à energia elétrica, gratuitamente, para mais de 10 milhões de pessoas do meio rural até o ano de 2008. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia, o Programa Luz para Todos atingiu, até novembro de 2016, 3.323.683 famílias, cerca de 15,9 milhões de moradores rurais de todo o país. A meta inicial de atender a 10 milhões de pessoas foi alcançada em maio de 2009. Um dos objetivos do Luz para Todos é a integração com programas sociais de saúde e educação, em uma dinâmica favorável ao desenvolvimento econômico e social. Graças aos avanços tecnológicos na geração, transmissão e distribuição para o uso final, a energia elétrica chega a diversas regiões do país, viabilizando em locais pouco desenvolvidos o progresso e o desenvolvimento de grandes centros industriais e urbanos.



## Exemplificando

Para uma melhor compreensão das três fases destacadas no texto a respeito do setor elétrico no Brasil, o Quadro 2.2 faz um resumo dos principais pontos que se alteraram ao longo da história.

Quadro 2.2 | Consumo de energia por equipamento

Modelo antes da década de 1990	Modelo depois da década de 1990	Modelo atual – a partir de 2004
Financiamento por meio de recursos públicos	Financiamento por meio de recursos públicos e privados	Financiamento por meio de recursos públicos e privados
Empresas verticalizadas	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição e comercialização	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação.
Empresas predominantemente estatais	Abertura e ênfase na privatização das empresas	Convivência entre empresas estatais e privadas
Monopólios – competição inexistente	Competição na geração e comercialização	Competição na geração e comercialização
Consumidores cativos	Consumidores livres e cativos	Consumidores livres e cativos
Tarifas reguladas em todos os segmentos	Preços livremente negociados na geração e comercialização	No ambiente livre: preços livremente negociados na geração e comercialização. No ambiente regulado: leilão e licitação pela menor tarifa
Mercado regulado	Mercado livre	Convivência entre mercados livre e regulado
Planejamento determinativo – Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS)	Planejamento indicativo pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)	Planejamento pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE)
Contratação: 100% do mercado	Contratação: 85% do mercado (até agosto/2003) e 95% do mercado (até dezembro/2004)	Contratação: 100% do mercado + reserva
Sobras/déficits do balanço energético rateados entre compradores	Sobras/déficits do balanço energético liquidados no Mercado Atacadista de Energia (MAE)	Sobras/déficits do balanço energético liquidados na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Mecanismo de Compensação de Sobras e Déficit (MCSD) para as distribuidoras.

Fonte: adaptado de <<https://goo.gl/wwsbhd>>. Acesso em: 24 maio 2017.

Para a geração e transmissão de energia elétrica, por exemplo, o país conta com um sistema principal conceituado de Sistema Interligado Nacional (SIN), que é um sistema de geração e transmissão de energia elétrica, com tamanho e características que permitem considerá-lo único em âmbito mundial, englobando as cinco regiões do Brasil e com forte predomínio de usinas hidrelétricas, que abrange a maior parte do território brasileiro. Existem também diversos sistemas de menor porte, não conectados ao SIN e, por isso, chamados de sistemas isolados.

De acordo com o Portal Brasil (2011), sistemas isolados caracterizam-se, basicamente, pelo grande número de pequenas unidades geradoras a óleo diesel e pela grande dificuldade de logística de abastecimento. Sua existência é explicada pelas dimensões continentais do Brasil e da localização afastada de algumas localidades, municípios e regiões, principalmente na região Norte do país, em relação aos maiores centros de consumo, pelo objetivo de preservação da região amazônica. Isso ocorre porque as características geográficas da região, composta por floresta densa e heterogênea, além de rios caudalosos e extensos, dificultaram a construção de linhas de transmissão de grande extensão que permitissem a conexão ao SIN. A distribuição de energia até o consumidor é realizada pelas concessionárias de energia elétrica. Além delas, as cooperativas de eletrificação rural, entidades de pequeno porte, transmitem e distribuem energia elétrica exclusivamente para os associados. Para o atendimento ao consumidor, fatores como o nível de atividade econômica, capacidade de geração e circulação de renda e densidade demográfica (número de habitantes por quilômetro quadrado) são variáveis importantes.



### Assimile

O conceito de desenvolvimento sustentável compreende o conjunto de fatores importantes à realização da dignidade da pessoa humana, entre eles sociais, econômicos, civis, políticos, culturais e ambientais. Um dos desafios é a concepção de novas fontes de energia e, sobretudo, de fontes de energia limpas e sustentáveis, que não agridam o meio ambiente, em especial com o intuito de amenizar o aquecimento global, impondo a todos uma postura socialmente responsável.

A região Norte do Brasil, como já citado, tem um grande potencial energético ainda por explorar em razão de sua rede hídrica, mas essa também é a região com maior riqueza de biodiversidade (de fauna e flora) e com grandes comunidades indígenas. No caso do setor elétrico, o principal enfoque dessa discussão é a procura por alternativas que proporcionem o crescimento econômico com o mínimo desgaste do meio ambiente, bem como com reflexos sociais na melhoria de vida das pessoas.

As decisões no âmbito do setor elétrico no país devem considerar a segurança energética, o desenvolvimento econômico, social e a proteção ambiental para manter o papel importante do país no cenário das negociações internacionais, sobretudo no uso de fontes alternativas e nos cuidados com o meio ambiente e com a população.

### **Sem medo de errar**

É hora de refletir sobre o conteúdo apresentado até aqui e resgatar o questionamento feito no item *Diálogo aberto*, para que você compreenda de que forma pode contribuir ainda mais para o desenvolvimento do seu relatório e, conseqüentemente, para o seu papel enquanto engenheiro/analista na empresa em que atua.

Retomando seu estudo, você notou o quanto, historicamente, a estrutura do setor elétrico influenciou o desenvolvimento econômico do Brasil. A questão histórica relacionada aos fatores sociais, econômicos e ambientais, como a baixa produção de energia elétrica no Brasil, era consequência da atividade econômica da época (agrária) e da reduzida operacionalização das atividades, já que o trabalho era manual e não havia máquinas ou equipamentos elétricos. O processo da industrialização, a crise do petróleo e o êxodo rural aumentaram a demanda por energia, fazendo com que o governo tivesse de investir no setor elétrico, explorando principalmente a energia hidráulica, já que o país tem um grande potencial de geração de energia via usinas hidrelétricas.

A estrutura atual do setor conta com instituições que atuam em todas as áreas da energia, desde o desenvolvimento de políticas e pesquisas no campo energético, buscando desenvolver projeções futuras, até a regulação, fiscalização e comercialização da energia, diferentemente dos modelos anteriores. A atual estrutura é importante na garantia do equilíbrio institucional entre os agentes de governo,

agentes públicos e privados, tornando o setor menos vulnerável e garantindo eficiência e segurança no fornecimento de energia. Agora, examinando a importância das diversas fases do setor elétrico e comparando as anteriores com a atual, você conseguirá aferir com mais clareza qual é o papel da empresa enquanto consumidora de energia e quais são as instituições responsáveis por cada fase do processo de geração, transmissão e distribuição de energia.

Quanto à relação entre o panorama energético nacional e o desenvolvimento social, observamos que na atualidade o modelo energético possibilita a aquisição de energia na modalidade de consumidor livre, dando liberdade para a negociação de preços e prazos pelo consumidor. Outra questão importante foi a criação de programas sociais, como o Programa Luz para Todos e a tarifa social, que possibilitam à população mais carente e distante o acesso à energia elétrica. A expansão do acesso à energia contribuiu para o desenvolvimento social e promoveu a proximidade da população com as informações e notícias da atualidade, trazendo a todos a oportunidade de conhecer o panorama energético atual, ter conhecimento de fontes alternativas de energia e quais medidas adotar dentro da sua vontade e situação. Isso inclui desde uma grande empresa a uma família simples.

Após examinar os tipos de consumidores – cativo, livre e especial – você terá condições de avaliar em qual circunstância a empresa se encontra e se há possibilidades, de acordo com o porte dela, de alterar a situação, desde que a beneficie quanto à economia nos gastos com energia. Além disso, busque avaliar a possibilidade da autossuficiência em energia por parte da empresa, optando pelas fontes sustentáveis.

É importante que você também assimile as razões das alterações no setor energético, que estão voltadas ao desenvolvimento econômico e social e, atualmente, mais do que antes, ambiental. Essa reflexão te dará a clareza necessária para o momento em que você for traçar metas para o futuro da empresa, fazendo-o avaliar todos os aspectos e circunstâncias à sua volta.

### Consumidor cativo ou livre?

#### Descrição da situação-problema

Você possui uma empresa de planejamento ambiental e foi procurado por um produtor rural para uma consultoria quanto a uma pequena agroindústria que ele está montando em sua fazenda. Ao analisar o projeto, você observou que o consumo mensal da agroindústria será de 600 kW. Avaliando a situação e discutindo algumas dúvidas com o produtor, você precisa analisar as seguintes questões:

- Como definir em que tipo de consumidor se enquadra essa agroindústria?
- O consumo da agroindústria possibilita a opção pelo perfil de consumidor livre?
- Como se tornar um consumidor livre?

#### Resolução da situação-problema

A primeira coisa que você precisa fazer é compreender os conceitos de cada tipo de consumidor de energia, para então classificar a agroindústria. Se ela se encaixar como consumidor livre, é preciso observar também em qual tipo de consumidor livre a agroindústria se encaixa: tradicional ou especial. Atente para a diferença de ambos os tipos, lembrando que consumidor cativo compra a energia diretamente das concessionárias de distribuição às quais está ligado, e o consumidor livre negocia livremente, diretamente com os geradores ou comercializadores. Depois disso, verifique como funciona o processo de migração, que se inicia na escolha de uma comercializadora de energia ou de uma empresa de consultoria para realizar todas as etapas necessárias. É preciso ter em mente os gastos que serão realizados no processo de migração, por exemplo, a adequação dos medidores de consumo, que devem atender ao padrão especificado pela CCEE.

Além disso, todo consumidor do mercado livre precisa ser agente da CCEE ou deve ser representado por um comercializador varejista. Essa é uma atividade que requer conhecimentos específicos e prazos rigorosos. Portanto, recomenda-se que os consumidores de menor porte, como é o caso da agroindústria, sejam representados

por comercializadores varejistas, para que o consumidor consiga traçar uma estratégia de contratação de energia de longo prazo, protegendo-se de variações de preços. Analisando essas informações e outras recomendações que constam nos links disponíveis no item *Pesquise mais*, você terá condições de orientar adequadamente o produtor rural sobre a melhor escolha para sua agroindústria.

## Faça valer a pena

**1.** Baseado nos tipos de consumidor de energia, analise as seguintes afirmações:

I. O consumidor livre tem o direito de adquirir energia de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) ou de fontes incentivadas especiais, como a energia solar, com demanda entre 500 kW e 3 MW.

II. O consumidor cativo compra a energia das concessionárias de distribuição às quais está ligado.

III. O consumidor especial compra energia diretamente dos geradores ou comercializadores, podendo escolher seu fornecedor por meio de livre negociação pelos contratos bilaterais.

De acordo com as afirmações do texto-base, podemos considerar que:

- a) As afirmações I e III estão corretas.
- b) Somente a afirmação II está correta.
- c) Todas as afirmações estão corretas.
- d) As afirmações I e II estão corretas.
- e) As afirmações II e III estão corretas.

**2.** Seu principal objetivo é favorecer a inserção social, promover a modicidade tarifária e garantir a segurança do suprimento energético.

O objetivo descrito no texto-base refere-se a qual conceito?

- a) Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.
- b) Modelo posterior à década de 1990.
- c) Modelo anterior à década de 1990.
- d) Agência Nacional de Energia Elétrica.
- e) Modelo atual do setor elétrico brasileiro.

**3.** Observe as informações da Coluna A e B referentes às instituições do setor elétrico brasileiro:

### **COLUNA A**

( I ) Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

( II ) Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

( III ) Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

( IV ) Operador Nacional do Sistema (ONS).

## **COLUNA B**

( ) Responsável por planejar o setor elétrico a longo prazo.

( ) Órgão de assessoramento da Presidência da República para formulação de políticas e diretrizes de energia.

( ) Encarregado da coordenação da operação dos sistemas elétricos interligados.

( ) Organização das atividades de comercialização no sistema interligado.

Enumere a segunda coluna a partir da primeira, classificando corretamente a responsabilidade, conforme a instituição a que se refere, respectivamente:

a) (I); (II); (IV); (III).

b) (II); (I); (IV); (III).

c) (I); (II); (III); (IV).

d) (III); (IV); (II); (I).

e) (IV); (III); (II); (I).

## Seção 2.3

### A crise energética no Brasil e no mundo

#### Diálogo aberto

Caro aluno, bem-vindo à última seção da Unidade 2. Já estudamos muitos conceitos e conteúdos relacionados à energia e agora, nesta seção, vamos aprender mais alguns tópicos importantes que influenciam na situação energética atual do nosso país.

Já conhecemos as formas de consumo e eficiência energética que podem ser aplicadas com a escolha certa dos equipamentos e com a adoção de medidas de economia. Vimos como o setor energético se estabelece em nosso país e influencia o desenvolvimento econômico e social. Agora, entenderemos como as crises energéticas que já foram enfrentadas no mundo e no Brasil interferem no andamento da economia e promovem o debate sobre a demanda energética, disponibilidade e limitações da nossa energia.

Relembre o desafio feito na primeira seção, no item *Convite ao estudo*. Vamos finalizar o relatório que você, enquanto engenheiro/analista da empresa em que atua, precisa entregar. Trata-se de um diagnóstico do consumo de energia da instituição e uma proposta de melhoria dessa situação, visando à economia energética.

Diante da atual situação energética que o país vive, nessa fase do relatório, você deve refletir sobre os seguintes aspectos: de que forma as crises energéticas afetaram os valores das tarifas de energia? O que pode ser esperado no futuro e o que você pode fazer pela empresa?

Essa análise é um pouco mais complexa de ser realizada, mas valerá a pena ao final de toda a reflexão e leitura que você fizer. Portanto, prepare-se para aprender um pouco mais sobre a energia. Bons estudos!

#### Não pode faltar

Composto por geradores, linha de transmissão e rede de distribuição, o sistema elétrico alimenta diversas cargas de inúmeros usuários de energia elétrica, tais como motores, inversores, transformadores, iluminação, entre outros.

Ele engloba desde a geração até a distribuição da energia para os consumidores finais. A geração de energia se realiza de acordo com as características da fonte energética. Por exemplo, as usinas hidrelétricas, que são a principal fonte geradora da matriz brasileira, necessitam do represamento de rios e lagos para que armazenem o volume ideal de água e se tornem eficientes na geração. O caminho que a energia percorre, desde a sua geração até o consumo, pode ser visualizado na Figura 2.3.

Figura 2.3 | Esquema de distribuição de energia, da geração até o consumidor final



Fonte: elaborada pela autora.

É importante ressaltar que a Aneel confere duas principais modalidades tarifárias: a monômnia e a binômnia. A monômnia é aplicada às unidades consumidoras do grupo B, clientes de menor porte ligados em baixa tensão (residências e pequenos comércios, fazendo uso apenas do medidor de energia), caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia. Já a tarifa binômnia se caracteriza por unidades consumidoras do grupo A ligadas em alta tensão (grandes indústrias, onde se utiliza o medidor de energia, mas também o medidor de demanda), identificadas por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia.

O planejamento do sistema envolve o conhecimento do limite máximo de utilização que lhe será requisitado, que é a soma das cargas de cada unidade em operação, expressa em quilowatts (kW), denominada demanda. O grande aumento de demanda por energia elétrica nas últimas décadas, o crescente número de interligações entre os sistemas elétricos existentes e da demanda por energia, além da modernização das máquinas, tornaram a operação e o controle do sistema uma tarefa extremamente complexa.

Demanda e consumo de energia são conceitos muito próximos, porém, diferenciados. De acordo com o Manual de tarifação da energia elétrica (PROCEL, 2011), demanda significa média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, sendo executada individualmente a cada unidade consumidora atendida. Já o consumo representa a quantidade de potência elétrica (kW) consumida em um intervalo de tempo, expresso em quilowatt-hora (kWh) ou em pacotes de 1000 unidades (MWh).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL, 2016), o consumo de energia elétrica é influenciado, principalmente, pelas características demográficas, macroeconômicas e setoriais do país, bem como por aquelas relativas à eficiência energética e autoprodução. Tolmasquim (2012) estima que em 2020 o consumo de eletricidade será 61% superior ao ano de 2010, atingindo 730 terawatt-hora (TWh). Em um estudo de projeção de demanda de energia elétrica, realizado pela EPE (2016), conclui-se que, ao longo dos anos, haverá ganhos em eficiência energética que influenciarão na demanda por energia, o equivalente a 5,4% até 2025, sendo que o maior índice de eficiência a ser registrado em uma classe residencial será próximo a 8,7%. Esses valores representam redução na geração de energia.



### Pesquise mais

O estudo de projeção da demanda por energia elétrica é realizado pela EPE e está disponível em uma nota técnica, com a análise para os anos de 2016 até 2025. Vale a pena conferir o resultado desse estudo completo, com todas as premissas que influenciam a demanda por energia, em: <<https://goo.gl/4NiiXL>>. Acesso em: 16 jul. 2017.

O planejamento energético é fundamental para as estimativas de disponibilidade e limitação de energia em um país, considerando não apenas a quantidade de energia a ser disponibilizada, mas também em qual região esta é mais necessária e de que forma pode ser acessível aos menos favorecidos.

O Brasil possui extensão territorial de aproximadamente 8,5 milhões de km<sup>2</sup> e uma população de 207 milhões de habitantes, segundo

dados do IBGE (2017), resultando em uma densidade demográfica de 24 habitantes/km<sup>2</sup>. O último censo (IBGE, 2010) apontou que as maiores demandas por consumo de energia estão centralizadas em regiões como Sudeste e Nordeste, onde está localizada a maior parte da população. Essas informações demográficas, bem como Produto Interno Bruto (PIB) e dados dos setores residencial e industrial, têm papel fundamental na determinação da dinâmica do consumo e demanda por energia no país.



### Assimile

O **PIB** representa a soma, em valores monetários, de **todos os bens e serviços finais produzidos em uma determinada região**, durante um determinado período. O PIB é um dos indicadores mais utilizados na macroeconomia e tem o objetivo principal de mensurar a atividade econômica de uma região. Quanto maior o PIB, mais o país é desenvolvido, podendo ser classificado como um país pobre, rico ou em desenvolvimento. Já o **PIB per capita** pode ser definido como o PIB dividido pela quantidade de habitantes de um país.

Para prever e garantir a disponibilidade de energia para suprir a demanda do país, vários estudos são realizados pela EPE. O principal deles é o Plano Decenal de Expansão de Energia (BRASIL, 2015), que apresenta importantes sinalizações para orientar as ações e decisões relacionadas ao equacionamento do equilíbrio entre as projeções de crescimento econômico do país e a necessária expansão da oferta, de forma a garantir à sociedade suprimento energético com adequados custos em bases técnicas e ambientalmente sustentável.

O último plano aprovado em 2015 foi o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2024, com previsão de investimento de R\$ 1,4 trilhão em energia elétrica, petróleo, gás natural e biocombustíveis (BRASIL, 2015). O plano compreende o período de 2014 a 2024, e nele está prevista uma ampliação de 55,3% na capacidade instalada de geração de energia elétrica, que subirá de 132,9 GW para 206,4 GW. Já a produção de petróleo deverá aumentar em 121,7%, indo de 2,3 para 5,1 milhões de barris/dia. A produção de gás natural deverá se expandir em 65,2%, subindo de 87,4 para 144,4 milhões de m<sup>3</sup>/dia; e a de etanol deverá crescer 54,0%, de 28,5 para 43,9 milhões de m<sup>3</sup> (BRASIL, 2015).

Diante da expectativa de tantos aumentos, o país precisa se planejar e garantir a expansão do setor a longo prazo. No cenário

atual, as hidrelétricas e as termelétricas compõem a maior parte da energia gerada no Brasil, entretanto, com a evolução da preocupação ambiental relacionada às construções das barragens, diversos licenciamentos foram indeferidos e apontam para a busca de fontes alternativas de energia, igualmente renováveis, e que causam menores impactos sobre o meio. O Brasil possui um forte potencial para energias renováveis de variadas fontes, como solar, dos ventos, hidráulica, entre outras. No entanto, enfrentamos a limitação da falta de políticas públicas de incentivo às outras fontes de energia. Andrade (2011) comenta que as fontes alternativas de energia ainda se deparam com barreiras técnicas, de segurança ou financeiras, que dificultam o seu aproveitamento de tal forma que substituam, no curto prazo, o papel das hidrelétricas na nossa matriz energética.

A elevada carga de tributos e encargos aplicada sobre a energia elétrica é um ponto a ser reanalisado no setor elétrico, a qual somada em toda a cadeia de produção atinge um valor aproximado de 50% do cobrado dos consumidores, um dos mais altos índices do mundo (ANDRADE, 2011). Outra questão são os investimentos em infraestrutura, que ainda são insuficientes para garantir fornecimento de energia sem riscos. Ademais, é preciso algumas mudanças para enfrentar os fatores que limitam o equilíbrio do setor energético, entre eles a instabilidade política e econômica, os avanços tecnológicos, a confiabilidade e transparência do modelo, as garantias e a previsibilidade da regulamentação do setor (CHAGAS, 2008). A estabilização regulatória e a atração de investimentos são alguns dos pontos que devem ser buscados por meio da melhoria da legislação, a fim de evitar uma nova crise energética.



### Exemplificando

Um exemplo sobre como as crises energéticas mundiais e no Brasil definiram o rumo da história do setor energético é exposto por Pompelli et al. (2011), que menciona que a primeira e principal fonte de energia consumida pela humanidade foi e continua sendo a energia fóssil, representada atualmente pelo petróleo, carvão mineral e gás natural. Desde a sua descoberta, o petróleo é responsável por conflitos na região do Oriente Médio, local com as principais jazidas de fornecimento dessa matéria-prima.

Criada em 1960 em Bagdá, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) é uma organização internacional formada, inicialmente, pelos cinco principais países produtores de petróleo do mundo na época, que eram a **Arábia Saudita, o Iraque, o Irã, o Kuwait e a Venezuela. Atualmente, os países membros da OPEP são: Argélia, Angola, Equador, Irã, Iraque, Kuwait, Líbia, Nigéria, Catar, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Venezuela. A criação da OPEP** teve o objetivo de coordenar a elaboração das políticas sobre produção e venda de petróleo dos países membros, interferindo nas ações de um grupo de empresas petrolíferas ocidentais chamado Sete Irmãs. Na história, são identificados cinco momentos de crise energética no mundo, principalmente relacionadas ao petróleo. A primeira delas ocorreu em 1956, quando o presidente do Egito nacionalizou o Canal de Suez (via de circulação de navios entre o Mar Vermelho e o Mar Mediterrâneo), que era de propriedade de uma empresa anglo-francesa, desencadeando a interrupção do abastecimento de produtos nos países ocidentais, o que causou aumento no preço do petróleo (IPEA, 2010).

A segunda crise foi desencadeada pela descoberta de que o petróleo se tratava de um recurso natural não renovável. Conforme o IPEA (2010), no início da década de 1970, os principais países produtores de petróleo, como Oriente Médio, Arábia Saudita, Irã, Iraque e Kuwait começaram a controlar as exportações do produto aos países consumidores, resultando em um grande conflito em 1973, especialmente por motivações políticas. A Arábia Saudita utilizou o petróleo como arma contra os países ocidentais, principalmente Estados Unidos e países europeus que declararam apoio a Israel na Guerra do Yom Kippur (Dia do perdão) contra Egito e Síria, causando um desespero global. Em 16 de outubro, as vendas para o maior importador mundial, EUA, e para a Europa foram suspensas e a produção foi forçada a reduzir em tempos de alta demanda, obrigando o preço do barril a subir cerca de 400% em três meses, de US\$ 2,90, em outubro de 1973, para US\$ 11,65, em janeiro do ano seguinte.

Com isso, o governo americano desistiu do controle sobre a oferta da gasolina vendida no país e os países ricos foram obrigados a diminuir os gastos públicos e as importações de petróleo, elevando suas taxas de câmbio, preservando suas contas externas e buscando outras formas de geração de energia. O Brasil manteve as compras

do óleo a preços altíssimos, buscou estimular as exportações de bens manufaturados e investiu fortemente em projetos de produção de álcool, como alternativa de combustível no lugar da gasolina que estava muito cara, como forma de evitar o desemprego e manter aquecido o setor produtivo. Em consequência dessas ações, nos anos seguintes, o endividamento brasileiro começou a subir e o nível de crescimento do PIB se sustentou positivamente, embora em patamares bem inferiores à média de 9% registrada durante os anos do Milagre Econômico, de forte crescimento econômico no Brasil, entre 1969 e fim de 1973.

De acordo com o IPEA (2010), com o impacto do preço do petróleo e os baixos preços do açúcar no mercado internacional, foi iniciado o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), idealizado pelo físico José Walter Bautista Vidal e pelo engenheiro Urbano Ernesto Stumpf. Essa política de governo foi estabelecida em 14 de novembro de 1975, por meio do Decreto 76.593, o qual possibilitou a ampliação da produção da matéria-prima no país e a conversão dos carros a gasolina em veículos movidos pelo combustível vegetal.

Com a terceira crise em 1979, causada pela interrupção da produção petrolífera do Irã, em consequência da Revolução Islâmica, o preço médio do barril explode, chegando a US\$ 40. O programa Proálcool minimizou os impactos da nova crise, já que os preços do petróleo permaneceram altos até 1986, quando voltaram a se estabilizar. A partir desse momento, a efetividade do Proálcool passa a ser questionada quanto aos seus custos altos, tornando-se desvantajoso tanto para quem produzia quanto para quem consumia, nesse caso, o motorista. Em vista disso, usineiros brasileiros se aproveitam do aumento da cotação do açúcar no mercado internacional e deixam de lado a produção do álcool, menos rentável. Nesse período, as montadoras desistem da produção de carros novos movidos a etanol. Com a importação da tecnologia de carros flex (*flex fuel*) dos Estados Unidos, nos anos 1990, ocorre o retorno ao consumo do combustível vegetal, tornando o negócio propício novamente e estimulando o cultivo de cana-de-açúcar, que apresenta crescimento expressivo em quase todo o país. Os primeiros veículos foram vendidos em 2003 (IPEA, 2010).

Em 1991, com a Guerra do Golfo, um novo momento de crise se instalou com a invasão do Kuwait pelo Iraque. Os Estados Unidos intervieram no conflito, com receio de que o Iraque invadisse outras nações produtoras de petróleo, e expulsaram os iraquianos do

Kuwait. Como consequência, os iraquianos colocaram fogo nos poços de petróleo do país, antes de saírem, ocasionando uma crise econômica e ambiental.

O quinto momento de crise aconteceu recentemente, em 2008, quando movimentos especulativos de escala global fizeram com que o preço do petróleo subisse 100% entre os seis primeiros meses do ano. Fatores políticos como a greve da indústria petrolífera na Venezuela entre 2002 e 2003, a guerra no Iraque e os problemas políticos na Nigéria são alguns dos motivos que desencadearam a crise. É importante considerar também o aumento da demanda dos países emergentes e a implicação dos agentes financeiros que investem maciçamente nas matérias-primas e no petróleo para compensar a baixa das bolsas e do dólar. Os combustíveis fósseis enfrentam, atualmente, uma grave crise em razão do aumento na demanda e do preço do petróleo, juntamente com o imenso prejuízo que causam no meio ambiente, sendo este último um dos fatores mais agravantes, tratando-se do aquecimento global, pois as emissões desses gases contribuem para o efeito estufa e tendem a elevar excessivamente a temperatura do planeta (ESCOBAR et al., 2009).

No Brasil, a reformulação do setor energético nos anos 1990 oportunizou a participação do setor privado nacional e internacional nos investimentos necessários e na responsabilidade pela garantia do suprimento nacional de energia. Quando falamos do petróleo, com a promulgação da Lei nº 9.478, de agosto de 1997, todos os seguimentos do setor foram abertos à competição e a Petrobras deixou de ser a única executora do monopólio da União. Na área de energia elétrica, nosso país enfrentou uma grande crise nos anos 2001/2002 e, atualmente, em 2015.

O baixo volume de chuvas no ano de 2000/2001 resultou em uma queda anormal nos níveis de água em diversos reservatórios utilizados pelas maiores usinas hidrelétricas do Brasil. Aliado a isso, a falta de planejamento no setor e a ausência de investimentos em geração e distribuição de energia levaram o Governo Federal a adotar restrições no consumo de energia no ano de 2001 (FÁVARO, 2001). Os reservatórios das usinas hidrelétricas são projetados para enfrentar momentos de seca como o que o Brasil viveu, porém, é fundamental operá-los de maneira cuidadosa, utilizando uma lógica de operação a longo prazo. Ainda segundo Tolmasquim (2000), entre 1990 e

2000, o consumo de energia cresceu 49%, enquanto a capacidade instalada foi expandida em apenas 35%. O abandono da gestão plurianual e a diminuição dos reservatórios é consequência inevitável do descompasso entre o crescimento do consumo de energia e da capacidade instalada. Assim, não se pode atribuir a culpa do “apagão” vivido em 2001 à má operação do sistema, e sim à pequena expansão do sistema elétrico no período. Em maio de 2001, o Presidente da República criou a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica, posteriormente transformada em Câmara de Gestão do Setor Elétrico (CGSE), com o objetivo de propor e implementar medidas de natureza emergencial para compatibilizar a demanda e a oferta de energia elétrica, de forma a evitar interrupções imprevistas de suprimento.

A CGSE estabeleceu regimes especiais de cobrança de tarifas, limites de uso e fornecimento de energia e outras medidas, com o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte. O governo preparou um plano de contingência que se apoiou no acionamento de termelétricas para a reestruturação do planejamento (com a instituição de leilões de energia futura no Mercado Atacadista de Energia – MAE) e para a realização de um rápido investimento em linhas de transmissão. Contudo, o que marcou a população foram as medidas do governo para forçar os brasileiros a racionar energia. Em julho de 2001, os consumidores tiveram que cortar voluntariamente 20% do consumo de eletricidade, caso contrário teriam um aumento no valor da energia. As consequências do racionamento foram danosas para a população e, principalmente, para o sistema produtivo. Como impacto econômico em virtude do racionamento, houve a redução do crescimento econômico, aumento do desemprego, aumento do déficit da balança comercial, perda de arrecadação de impostos e efeito inflacionário. Em fevereiro de 2002, com a melhoria nas condições hídricas no país e o êxito na política de contenção do consumo de energia elétrica, que propiciaram aumento significativo dos níveis nos reservatórios das usinas hidrelétricas, o governo federal anunciou o fim das medidas de racionamento.



### Pesquise mais

O artigo indicado trata-se de uma breve leitura sobre a crise de 2001, com destaque para as suas origens.

TOLMASQUIM, Mauricio. As origens da crise energética brasileira. **Ambient. Soc.**, Campinas, n. 6-7, p. 179-183, jun. 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2000000100012&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2000000100012&lang=pt)>. Acesso em: 16 jul. 2017.

O ano de 2015 iniciou com elevados aumentos de tarifas públicas, especialmente de energia elétrica e combustíveis. Segundo a opinião de especialistas, a atual crise energética é a pior crise pela qual o Brasil passa na história, motivada por problemas financeiros, quando o governo renovou as concessões, obrigando as empresas a reduzirem tarifas em um momento em que o custo estava crescendo no mundo inteiro, e pelo incentivo exagerado ao consumo, gerando problemas de abastecimento.

Os principais fatores que explicam o desencadeamento da crise relacionam-se à redução de investimentos na transmissão, distribuição e conservação de energia elétrica, atrasando obras; à falta de incentivos em uma matriz energética nacional com fontes variadas, criando a dependência do país de usinas hidrelétricas, responsáveis pela produção de quase toda a energia consumida no território nacional; às mudanças ambientais, incluindo os baixos índices pluviométricos, que produziram impactos negativos na matriz energética brasileira; ao aumento da demanda por energia em razão do desenvolvimento de novos empreendimentos nos diferentes setores da economia, associado a um aumento de consumo residencial de energia elétrica. Apesar da dependência hidrológica da nossa matriz, é preciso observar que o seu custo de geração é mais baixo, proporcionando fornecimento de energia mesmo quando não há investimentos no setor, além de ser uma fonte renovável de energia. Entretanto, o incentivo de novas fontes de energia na matriz energética brasileira é importante para reestruturá-la e garantir eficiência energética.



## Refleta

Relembrando o conteúdo estudado na Seção 2.2, a estrutura do setor elétrico e o conteúdo abordado nesta unidade sobre as crises energéticas, de que forma podemos analisar o atual modelo energético e sua influência na crise energética de 2001, como consequência dela, e na crise atual? Quais fatores do atual modelo interferem na crise atual?

## Sem medo de errar

Quando se desenvolve um relatório para a empresa, certamente busca-se apurar o maior volume de informações para deixá-lo o mais completo possível. No caso do relatório que você, engenheiro/analista, necessita entregar para sua empresa, avaliando as reflexões expostas e a leitura da seção que você acabou de fazer, é possível notar o quanto uma crise afeta a vida da população, da cadeia produtiva, das indústrias e do comércio. A economia de energia imposta durante períodos de racionamento atrapalha principalmente a produção e prejudica a rentabilidade final da empresa ou indústria.

Durante as crises que o Brasil enfrentou (ou ainda enfrenta), as contas de luz subiram mais de 20%, sem falar dos apagões que afetaram o trânsito das cidades, telefonia, o funcionamento de aeroportos e causaram prejuízos para a indústria e o comércio. Ou seja, as tarifas de energia são afetadas e complicam a situação da empresa, uma vez que esta precisa buscar por soluções alternativas para enfrentar o momento sem afetar seu desempenho. Uma dessas soluções já foi comentada na primeira seção desta unidade, que é o uso de equipamentos que tenham selo de eficiência energética. Com o desenvolvimento de equipamentos cada dia mais eficientes, a empresa pode optar por uma escolha sustentável e economicamente apropriada, conforme sua necessidade.

Quanto ao futuro energético, infelizmente pela crise política que o país vive atualmente, as medidas de planejamento a longo prazo ainda não têm sido suficientes para impedir uma nova crise energética. A contribuição do clima permitiu a regularização do volume hídrico de boa parte dos reservatórios, reduzindo as tarifas de energia e aliviando os custos para o consumidor final. A conscientização dos colaboradores da empresa quanto à redução do consumo de energia é uma boa ferramenta nessa situação. Busque trabalhar a eficiência energética dentro da empresa e cobrar uma postura de economia de cada funcionário. Conforme abordado na Seção 2.1, essa mudança de postura da equipe pode ser trabalhada de diversas formas, por meio de palestras, ações e cartazes espalhados pelo ambiente de trabalho, lembrando pequenas ações como: "mantenha as janelas abertas", "desligue o ar-condicionado quando sair da sala". Essas medidas contribuem muito para a economia de energia. Outra alternativa que você pode sugerir à empresa é buscar outras fontes de obtenção de

energia, após estudos de viabilidade, o que estudaremos na Unidade 4, que contribuirão para a redução dos custos.

Chegando ao final desta unidade, temos certeza de que seu relatório ficará completo com todas as informações necessárias para a aplicação de um ótimo trabalho na instituição em que você trabalha.

## **Avançando na prática**

### **Apagão**

#### **Descrição da situação-problema**

A indústria em que você atua sofreu um grande prejuízo durante um apagão inesperado que aconteceu no país, com duração de 4 horas. Entre os principais prejuízos considera-se a mão de obra parada, danos em equipamentos, prejuízos financeiros, entre outros. Você faz parte de um corpo técnico que tem como responsabilidade, após essa situação, buscar soluções para minimizar perdas caso ocorra outro apagão. Quais soluções energéticas você poderia propor para essa circunstância?

#### **Resolução da situação-problema**

No caso da indústria em que você atua, é preciso analisar o porte, os ganhos e a perda decorrente do apagão para dimensionar adequadamente as soluções financeiramente viáveis. Entretanto, você pode analisar algumas possibilidades. A principal delas é a instalação de um sistema de geração elétrica de emergência, podendo ser o gerador a diesel, o banco de baterias ou outros meios que entram automaticamente em operação quando há falta de energia na empresa. A aquisição de rádios comunicadores pode ser uma boa medida também, pois busca garantir que a comunicação entre as áreas da indústria seja mantida, controlando a situação, solucionando problemas e evitando pânico. O treinamento dos colaboradores nesses casos contribui para a tomada de ações corretas durante esse tipo de imprevisto.

Além disso, busque uma empresa de soluções elétricas para instalar equipamentos que evitem a queima de aparelhos dentro da indústria, no caso de oscilação de energia, garantindo qualidade e segurança da energia que chega até a indústria.

## Faça valer a pena

**1.** A energia hidrelétrica continua sendo a principal fonte de energia da matriz elétrica brasileira, entretanto, com a crise energética e a problemática do abastecimento de petróleo, a utilização de fontes alternativas e renováveis ganha evidência. Sobre a questão é correto afirmar que:

I. A energia hidrelétrica, embora considerada uma fonte de energia limpa e renovável, promove impactos sociais e ecológicos causados durante a construção das usinas, especialmente pela formação dos reservatórios.

II. A energia solar ainda é pouco utilizada no Brasil por causa da baixa radiação do Sol em algumas regiões do país e do período noturno, inviabilizando o investimento nessa área.

III. A energia eólica, por ser uma fonte de energia limpa e inesgotável, constitui a modalidade de energia renovável que mais cresce no mundo, sendo que a região Nordeste abrange o melhor potencial do nosso país.

IV. As fontes alternativas que são não poluentes têm um custo muito elevado e só podem ser produzidas em pequena escala para consumo muito reduzido.

De acordo com o que foi exposto no texto-base, as afirmações corretas são:

- a) Apenas as afirmativas I e II.
- b) Todas as afirmativas.
- c) Apenas as afirmativas II e IV.
- d) Apenas as afirmativas I e III.
- e) Apenas as afirmativas II, III e IV.

**2.** A matéria do jornal *O Globo*, publicada em 21 de janeiro de 2015, por Gabriel Garcia, traz na sua manchete a seguinte informação:

“O Brasil enfrenta a pior crise energética da história”.

Disponível em: <<http://noblat.oglobo.globo.com/geral/noticia/2015/01/brasil-enfrenta-pior-crise-energetica-da-historia.html>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

De acordo com a manchete exposta, quais seriam os fatores que desencadearam a crise energética de 2015 no Brasil?

- a) O principal fator que desencadeou a crise foi a descoberta de que o petróleo se trata de um recurso natural não renovável, causando preocupação no governo quanto ao futuro da energia.
- b) O incentivo em fontes alternativas de energia, gastando milhões dos cofres públicos.
- c) A redução de investimentos na transmissão, distribuição e conservação de energia elétrica, atrasando obras; a falta de incentivos em uma matriz energética nacional com fontes variadas; baixos índices pluviométricos; aumento de consumo residencial de energia elétrica.

- d) O principal motivo da crise foi o excesso de chuvas, ocasionando diversos transtornos para as usinas com o excedente de água.
- e) O aumento do preço do barril de petróleo em função da diminuição da produção.

**3.** A geração, transmissão e distribuição de energia elétrica envolve um caminho complexo, no qual é preciso transmitir, transformar e distribuir a energia elétrica dentro de rigorosos padrões de qualidade e segurança. Desde a geração até chegar aos consumidores finais, qual é a ordem do caminho que a energia percorre?

- a) Geração → Linha de transmissão → Subestação → Distribuição de energia.
- b) Geração → Transformador elevador de tensão → Linha de transmissão → Transformador abaixador de tensão → Subestação → Distribuição de energia.
- c) Geração → Transformador abaixador de tensão → Linha de transmissão → Transformador elevador de tensão → Subestação → Distribuição de energia.
- d) Subestação → Transformador elevador de tensão → Linha de transmissão → Transformador abaixador de tensão → Geração → Distribuição de energia.
- e) Linha de Transmissão → Distribuição de energia → Transformador elevador de tensão → Subestação → Transformador abaixador de tensão.

# Referências

ABRACEEL. Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia. **Cartilha mercado livre de energia elétrica**. [s.d.] Disponível em: <[http://www.abraceel.com.br/archives/files/Abraceel\\_Cartilha\\_MercadoLivre\\_V9.pdf](http://www.abraceel.com.br/archives/files/Abraceel_Cartilha_MercadoLivre_V9.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2017.

ABRADEE. Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Visão geral do setor**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>> Acesso em: 20 jun. 2017.

ANDRADE, André. O desafio do licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, v. 17, n. 2, p. 177-190, 2 sem. 2011. Disponível em: <<http://new.sbpe.org.br/artigo/o-desafio-licenciamento-ambiental-de-usinas-hidreletricas-no-brasil/>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Modalidades tarifárias**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/2rjGhb>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Bandeiras tarifárias**. [s.d.] Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset\\_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeira-tarifaria/654800?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeira-tarifaria/654800?inheritRedirect=false)>. Acesso em: 2 maio 2017.

BARDELIN, Cesar Endrigo Alves. **Os efeitos do racionamento de energia elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no consumo de energia elétrica**. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em sistemas de potência). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

BELLINGIERI, Julio Cesar. A economia no período militar (1964-1984): crescimento com endividamento. **Revista Hispec & Lema**, Bebedouro, SP, v. 8, p. 12-17, 2005.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário estatístico de energia elétrica 2015** – ano base 2014. Rio de Janeiro: 2015a. Disponível em: <<https://goo.gl/TJTfKX>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024**. Brasília: MME/EPE, 2015b. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202024.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2016-2025)**. Brasília: MME/EPE, 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/PWwA7U>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

CCEE. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Com quem se relaciona**. [s.d.] Disponível em: <<https://goo.gl/ucyfcv>>. Acesso em: 22 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Conta bandeiras**. [s.d.] Disponível em: <<https://goo.gl/Vd3Zst>>. Acesso em: 24 maio 2017.

\_\_\_\_\_. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Fontes**. [s.d.] Disponível em: <<https://goo.gl/cSynPN>>. Acesso em: 2 maio 2017.

Centro Brasileiro de Informação e Eficiência Energética. **Selo Procel**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7b88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632%7d>>. Acesso em: 15 maio 2017.

CHAGAS, Marcus Eduardo. **Sector elétrico brasileiro: o modelo após a reforma de 2004**. 2008. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

COPEL. **Uso eficiente de energia na sua empresa**. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/kutJ8C>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

EDP Energias do Brasil. **O que é energia?**. [s.d.] Disponível em: <<http://www.edp.com.br/pesquisadores-estudantes/energia/o-que-e-energia/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

ELEKTRO Distribuidora de Energia. **Dicas de economia, segurança e uso adequado da energia**. [s.d.] Disponível em: <[https://www.elektro.com.br/Media/Default/pdf/ELEKTRO\\_Dicas\\_de\\_economia.pdf](https://www.elektro.com.br/Media/Default/pdf/ELEKTRO_Dicas_de_economia.pdf)>. Acesso em: 27 jun. 2017.

ESCOBAR, J. C. et al. Biofuels: environment, technology and food security. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 6-7, p. 1275-1287, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032108001329>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

FÁVARO, Tatiana. Crise pode cortar 600 mil postos de trabalho. **Jornal da Unicamp**, Campinas, p. 2, julho de 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeções e estimativas da população do Brasil e das Unidades da Federação**. [s.d.] Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>> Acesso em: 2 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Sinopse do censo demográfico 2010**. [s.d.] Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/>>. Acesso em: 2 jun. 2017.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Petróleo: da crise aos carros flex. Desafios do desenvolvimento**, Brasília, ano 7, ed. 59, 2010. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2321:catid=28&Itemid=23](http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2321:catid=28&Itemid=23)>. Acesso em: 2 jun. 2017.

LORENZO, Helena Carvalho de. O setor elétrico brasileiro: passado e futuro. **Perspectivas**, São Paulo, v. 24-25, p. 147-170, 2001-2002. Disponível em: <<http://seer.fclar.unesp.br/perspectivas/article/view/406/291>>. Acesso em: 25 maio 2017.

MEDINA, Márcio Nasser; NISENBAUM, Moisés André. **A primeira lei da termodinâmica**. [s.d.] Disponível em: <[http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/A\\_primeira\\_lei\\_termodinamica.pdf](http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/A_primeira_lei_termodinamica.pdf)>. Acesso em: 21 jun. 2017.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Programa Luz para Todos**. Disponível em: <[https://www.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o\\_programa.asp](https://www.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o_programa.asp)>. Acesso em: 23 jun. 2017.

O Globo. **Brasil enfrenta a pior crise energética da História**. 2015. Disponível em: <<http://noblato.globo.globo.com/geral/noticia/2015/01/brasil-enfrenta-pior-crise-energetica-da-historia.html>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Evolução do setor elétrico brasileiro**. Disponível em: <<http://ons.org.br/>>. Acesso em: 28 maio 2017.

POMPELLI, Marcelo Francisco et al. Crise energética mundial e o papel do Brasil na problemática de biocombustíveis. **Revista Agronomía Colombiana**, v. 29, n. 2, p. 231-240, 2011. Disponível em: <<http://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/15861/37413>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

PORTAL Brasil. **Sistema interligado nacional**: sistemas isolados. 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/sistemas-isolados>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de tarifação da energia elétrica**. Rio de Janeiro: Procel, 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/PNuvB7>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

SANTOS, Ana Flavia. **Lavoisier nos livros didáticos**: uma análise a luz da história da ciência. 2015. 105f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) - São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2015.

TOLMASQUIM, Mauricio. As origens da crise energética brasileira. **Ambient. Soc.**, Campinas, n. 6-7, p. 179-183, jun. 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2000000100012&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2000000100012&lang=pt)>. Acesso em: 16 jul. 2017

TOLMASQUIM, Mauricio. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v26n74/a17v26n74.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2017.



# Energia nuclear

## Convite ao estudo

Olá, aluno! Até o momento você já aprendeu muita coisa interessante na nossa disciplina, não é mesmo?

Em linhas gerais, estudou sobre os recursos naturais, incluindo algumas formas de conservá-los, e aprendeu também conteúdos relacionados à energia, à organização do setor energético brasileiro e sobre o passado relacionado às crises energéticas.

Nesta terceira unidade você estudará sobre a energia nuclear! Preparado?

Certamente o assunto é muito polêmico, mas pouco difundido e estudado pelos alunos de graduação, em geral. Portanto, esta será uma boa oportunidade para que você possa saber mais sobre o tema, que é muito importante e promissor para a sociedade, como veremos adiante.

Para tornar o seu aprendizado aplicado, vamos inseri-lo novamente em um contexto que prepare você para possíveis situações que podem ocorrer em seu futuro profissional. Portanto, dedique-se para solucionar cada etapa do problema.

Você, no papel de professor universitário, foi convidado para compor um grupo de docentes que ministrarão seminários em uma semana acadêmica de uma faculdade local. Durante os três dias de evento, o assunto de sua responsabilidade será a energia nuclear.

Pelo fato de você já ter algum conhecimento sobre a temática, o coordenador do curso solicitou que realizasse a exposição de uma análise do setor. Você decidiu, então, apresentar uma análise expositiva em três tópicos, sendo que cada um será trabalhado em um encontro presencial com os alunos. Os tópicos serão os seguintes:

1. Energia atômica e reatores nucleares.
2. Impactos dos radioisótopos e gestão de resíduos radioativos.
3. O mercado da energia nuclear e acidentes nucleares.

Você tem ideia do que é a energia nuclear? E quais seriam os elementos básicos de um reator de fissão, por exemplo? Qual é o tipo de reator mais utilizado nas usinas nucleares no mundo e no Brasil? Como é realizada a gestão dos resíduos radioativos? Qual é a representatividade desta energia no Brasil? Quais são as perspectivas do setor?

Como você pode ver, são muitas perguntas. Reflita sobre elas, mas não se preocupe, pois nesta unidade você terá todas as respostas para estes e outros questionamentos que surgirão.

Percorreremos conteúdos que vão desde os conceitos de fissão e fusão nuclear, radioisótopos, decaimento radioativo, até o funcionamento de um reator nuclear. Veremos aspectos relacionados à gestão de resíduos radioativos, à legislação brasileira aplicada ao setor nuclear e suas perspectivas, e veremos também quais foram os principais acidentes nucleares que ocorreram no mundo.

Bons estudos!

# Seção 3.1

## Introdução à energia nuclear

### Diálogo aberto

Daremos início agora à primeira seção da terceira unidade da nossa disciplina, intitulada *Introdução à energia nuclear*. O nome é autoexplicativo e antes de partirmos para outros conteúdos também importantes e ligados à gestão, vamos aprender nesta seção um pouco sobre conteúdos, conceitos e processos básicos relacionados à energia nuclear.

Utilizaremos os conhecimentos desta primeira seção para resolver a primeira etapa de nosso problema, apresentado no item *Convite ao estudo* desta unidade, Você se lembra?

Você é um professor universitário com a atribuição de expor uma análise em um encontro presencial de três dias sobre o setor nuclear em uma semana acadêmica de uma faculdade local. O evento começará em breve e você deve se preparar para expor no primeiro dia uma análise sobre o tópico *energia atômica e reatores nucleares*.

Como o processo de preparo da aula expositiva demanda um certo tempo, você decidiu pesquisar um pouco sobre o assunto e conversar com o coordenador do curso para verificar o nível de conhecimento da turma sobre o tema. Ele informou que, até o momento, a grade curricular do curso não contemplou o assunto e que, por se tratar de algo muito relevante para a formação dos estudantes, é importante começar introduzindo a temática desde os seus aspectos mais gerais.

Assim, neste primeiro encontro você decidiu desmembrar a primeira etapa da análise nos seguintes pontos:

1. O que é a energia atômica ou nuclear?
2. Quais são os dois processos utilizados para o aproveitamento dessa energia e como podemos defini-los?
3. Quais destes processos são, atualmente, utilizados comercialmente para a geração de energia elétrica?
4. Qual é o tipo de reator utilizado pelas usinas nucleares brasileiras e como ele funciona?

Agora é com você! O preparo de sua análise expositiva começa agora, com a leitura desta seção. Inicie, então, o estudo dos conteúdos para que você possa, durante o encontro presencial, expor aos alunos a análise dos quatro pontos acima com propriedade.

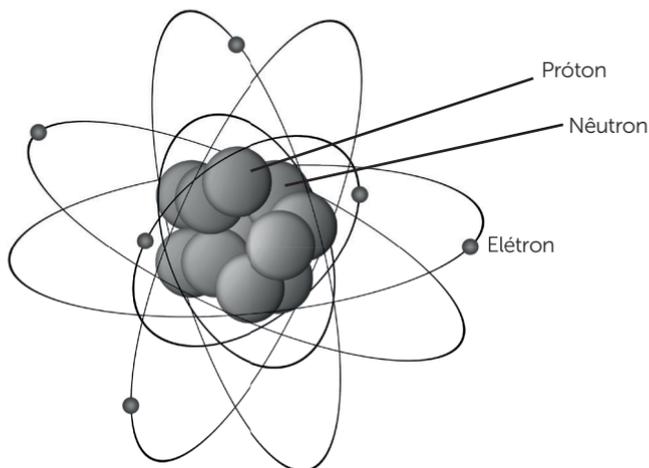
Para respondê-los, você deverá conhecer a estrutura de um átomo e saber como o seu núcleo pode ser trabalhado para que a liberação de energia ocorra. Energia que será utilizada, posteriormente, para a geração de energia elétrica. Estes conhecimentos também serão essenciais para entender o funcionamento de um reator nuclear.

Boa leitura!

## Não pode faltar

Para que você entenda a energia nuclear em seus aspectos gerais, vamos iniciar pela ideia de que tudo que possui massa e ocupa lugar no espaço tem átomos. Estes, por sua vez, possuem núcleos centrais constituídos por partículas com cargas positivas, denominados prótons, e sem carga, denominadas de nêutrons (Figura 3.1).

Figura 3.1 | A estrutura de um átomo e, girando em torno de seu núcleo, estão partículas com cargas negativas, chamadas elétrons



Fonte: adaptada de <<https://pixabay.com/pt/carbono-hidrog%C3%AAnio-%C3%A1tomo-mol%C3%A9cula-2222968/>>. Acesso em: 28 maio 2017.

No interior do núcleo do átomo, prótons e nêutrons experimentam forças de repulsão e atração, sendo esta última a força nuclear que

mantém tais partículas unidas e que, conseqüentemente, mantém prótons nucleares próximos, que são carregados positivamente e deveriam se repelir. Logo, a energia nuclear é aquela do núcleo atômico.

Os átomos dos diversos elementos químicos possuem números diferentes dessas partículas. Cada um contém um número de prótons ou atômico (Z) específico, que somado ao número de nêutrons fornece o seu número de massa. O urânio-235, por exemplo, que é o combustível das usinas nucleares de fissão, tem número de prótons igual a 92, de nêutrons 143 e seu número de massa é 235 (92 prótons + 143 nêutrons).



### Exemplificando

Em 1789, o urânio (U) foi descoberto por Martin Klaproth. É um metal branco-níquel encontrado na crosta terrestre, e as suas maiores reservas estão na Austrália, Cazaquistão, Rússia, África do Sul, Canadá, Estados Unidos e Brasil.

Após ser extraída do solo, a rocha com urânio passa por uma espécie de beneficiamento, em que é britada e, por meio de processo industrial, é dissolvida em ácido para a retirada do urânio. Após processos subsequentes, o urânio é concentrado formando o *yellowcake* ou bolo amarelo (com 70 a 90% de  $U_3O_8$ , ou octóxido de triurânio), que após a retirada de impurezas e reações químicas é transformado em dióxido de urânio ( $UO_2$ ) e, em seguida,  $UF_4$  (tetrafluoreto de urânio; granular e de cor verde) e depois em  $UF_6$  (hexafluoreto de urânio; gás). O  $UF_6$  é solidificado por resfriamento dentro de cilindros e enviado para usinas de enriquecimento, que geralmente utilizam os processos de difusão gasosa e ultracentrifugação para concentrar o isótopo de urânio físsil (PERUZZO, 2012).

Esse enriquecimento é necessário, pois além do urânio-235 também existe na natureza o urânio-238 e o urânio-234, com 146 e 142 nêutrons, respectivamente. Cada um deles é encontrado em diferentes proporções.



### Assimile

Como os urânios apresentam número de prótons igual a 92, porém, diferentes números de nêutrons e, conseqüentemente, números de massa ( ${}_{92}U^{234}$ ,  ${}_{92}U^{235}$  e  ${}_{92}U^{238}$ ), esses diferentes tipos são denominados como isótopos.

Na natureza, a mistura desses isótopos tem uma proporção de 99,3% de urânio-238 e 0,7% de urânio-235, tendo o urânio-234 uma proporção desprezível. Por isso acontece o enriquecimento, para que sejam aumentados os teores de urânio-235, que se encontra em baixos teores na natureza, até um teor suficiente para alimentar um reator nuclear de uso civil, a uma taxa de enriquecimento de 3 a 5%.



### Refleta

Por que se utiliza o urânio-235 em usinas nucleares ao invés do isótopo urânio-238, encontrado abundantemente na natureza? Porque além de apresentar meia-vida longa (conceito que veremos mais adiante), o isótopo  $U^{235}$  é um elemento facilmente fissionável, ou seja, capaz de sustentar uma reação de fissão em cadeia ao colidir com nêutrons energéticos de qualquer energia cinética, preferencialmente de baixa energia. Sua probabilidade de fissão é muito maior do que a do isótopo  $U^{238}$ , que somente sofre fissão ao colidir com neutros de energia elevada. Assim,  $U^{238}$  é considerado “fértil”, mas não fissil. “Fértil” é por causa do fato de poder ser transformado em material fissil ao absorver um nêutron, convertendo-se em plutônio-239, que é fissil, mas que não é encontrado em quantidade significativa na natureza (BETZ, 2015; CARVALHO [s.d]; CARDOSO [s.d]).



### Vocabulário

**Fissão:** divisão do núcleo atômico acompanhada de liberação de energia e nêutrons.

Como apenas  $U^{235}$  é utilizado como combustível nas usinas nucleares, este, que como dito anteriormente é fissil e encontra-se em baixas concentrações (de aproximadamente 0,7%), deve ter o seu teor elevado para uso industrial. Para isso, o processo de enriquecimento é realizado, sendo que o grau de enriquecimento do  $U^{235}$  varia para diferentes fins.

Para a geração de energia elétrica, por exemplo, os geradores das usinas nucleares brasileiras Angra 1 e Angra 2 utilizam urânio enriquecido a 3,2%. Já para a produção de bombas, utiliza-se urânio enriquecido acima de 85% (Figura 3.2).

Figura 3.2 | Amostra de urânio altamente enriquecido



Fonte: <[http://www.technologijos.lt/upload/image/n/technologijos/energija\\_ir\\_energetika/S-27934/2-1-DOE\\_Wikimedia\\_metallisches\\_Uran.jpg](http://www.technologijos.lt/upload/image/n/technologijos/energija_ir_energetika/S-27934/2-1-DOE_Wikimedia_metallisches_Uran.jpg)>. Acesso em: 4 set. 2017.

Antes de ser utilizado como combustível, o  $U^{235}$  sofre a *reconversão*, que é um processo em que o gás  $UF_6$  enriquecido é transformado em pó de  $UO_2$ . A este pó são adicionados outros compostos de U, sendo homogeneizado, estando, assim, pronto para a fabricação das pastilhas ou *pellets* em prensa rotativa, que serão utilizadas no reator nuclear.

Cada pastilha tem por volta de 2 cm de comprimento e 1 cm diâmetro e, quando prontas, são armazenadas/empilhadas em varetas combustíveis de liga super-resistente, que são tubos metálicos de 4 a 5 m de comprimento e cerca de 1 cm de diâmetro. Estas varetas, em conjunto com cerca de mais de 200 unidades, formam o elemento combustível, em cujo meio existem pastilhas de califórnio (Cf), elemento químico que emite nêutrons para iniciação da reação de fissão nuclear (processo que veremos logo adiante).



### Exemplificando

A usina Angra 1 utiliza 121 elementos combustíveis, com 4 metros de comprimento, cada um contendo 235 varetas. Em Angra 2, 193 elementos combustíveis com 5 metros de comprimento são utilizados, cada um com 236 varetas. Todos são fabricados pelas Indústrias Nucleares do Brasil – S.A (INB) (INB, [s.d.]).

A usina Angra 1 possui 640 megawatts de potência, com capacidade de atender uma cidade com 1 milhão de habitantes. Angra 2 possui 1.350 megawatts de potência, com capacidade de atender uma cidade com 2 milhões de habitantes. Atualmente, outra usina nuclear, Angra 3, está em construção no Brasil. Ela terá potência de 1.405 megawatts (INB, [s.d.]). Todas estão localizadas no estado do Rio de Janeiro.

Importante lembrar que os urânios  $U^{235}$  e  $U^{238}$ , como radioisótopos, são elementos químicos que emitem espontaneamente radiação e sofrem **decaimento radioativo**, mudando de um isótopo para outro.

Uma característica desses radioisótopos é o seu tempo de meia-vida ou período de semidesintegração, que se trata do tempo em que a quantidade de um isótopo decai para outra forma, sendo, portanto, uma característica única e imutável do isótopo radioativo.

Isso significa que isótopos com tempos de meia-vida longos, como  $U^{235}$  e  $U^{238}$ , permanecerão no ambiente durante um bom tempo, ao contrário dos com tempos de meia-vida curtos, como o polônio (Po).

Durante o processo de decaimento radioativo, até se tornar um isótopo estável (não radioativo), o elemento passa por uma progressão de mudanças nucleares associadas ao decaimento em uma espécie de reação em cadeia, que recebe o nome de *cadeia de decaimento radioativo*.



### Exemplificando

A meia-vida do  $U^{235}$  é de 700 milhões de anos, ao passo que a do  $U^{238}$  é de 4,5 bilhões de anos. Já a meia-vida do polônio-218 é de 3 minutos! No caso do  $U^{235}$ , em 10 meia-vidas, apenas 0,1% de urânio, de 1 g inicial hipotético, restará após 7 bilhões de anos. Para o polônio-218, após 30 meia-vidas (30 minutos), 0,1% de polônio estará presente.

A radiação nuclear pode ser *partículas alfa*, *beta* e *gama*. As *partículas alfa* não vão muito longe no ar (de 5 a 8 cm), pois possuem uma massa relativamente elevada. As *partículas beta* vão muito mais longe do que as *alfa*, e as *partículas gama*, as mais energéticas e penetrantes, viajam mais longe do que as duas primeiras. Ao longo de sua cadeia de decaimento radioativo, o elemento pode emitir diferentes tipos de radiação.



## Pesquise mais

Para entender mais sobre o conceito de meia-vida e radioisótopos, acesse o link a seguir e assista ao vídeo sugerido: <<https://geekiegames.geekie.com.br/aulas/quimica/periodo-de-meia-vida-e-radioisotopos-5511f8ab4722b900120151cc>>. Acesso em: 28 maio 2017.

**Fissão e fusão nuclear** – Retomando o que foi falado sobre processos de uso da energia nuclear para realização de trabalho, dois podem ser destacados: os de fissão e de fusão nuclear.

O primeiro, que se utiliza de  $U^{235}$ , é referente à divisão do núcleo atômico; o segundo, que se utiliza de isótopos de hidrogênio, como  $^2H$  (deutério) e  $^3H$  (trítio), refere-se à fusão/combinção de núcleos. Ambos geram grandes quantidades de energia para produção de eletricidade.



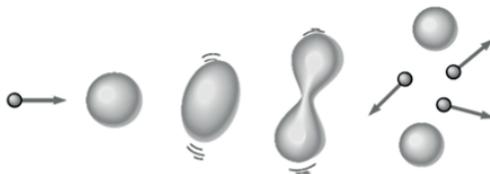
## Atenção

Atualmente, para a geração comercial de energia elétrica utilizando energia nuclear utilizam-se reatores que produzem fissão nuclear controladamente, levando em conta uma determinada quantidade de urânio fissil.

A fissão e a fusão nuclear produzem muito mais energia do que outras fontes, como os combustíveis fósseis; 1 kg de óxido de urânio pode produzir, por fissão, calor equivalente ao produzido por 16 toneladas de carvão.

Nos reatores de fissão, o  $U^{235}$ , ao ser atingido/bombardado por um nêutron térmico, cuja energia é a de aproximadamente 0,025 eV, tem o seu núcleo dividido (Figura 3.3). Esse processo produz calor e nêutrons livres, que em uma espécie de reação em cadeia da fissão atinge outros átomos de  $U^{235}$ , dando continuidade à reação, liberando mais nêutrons livres e mais calor.

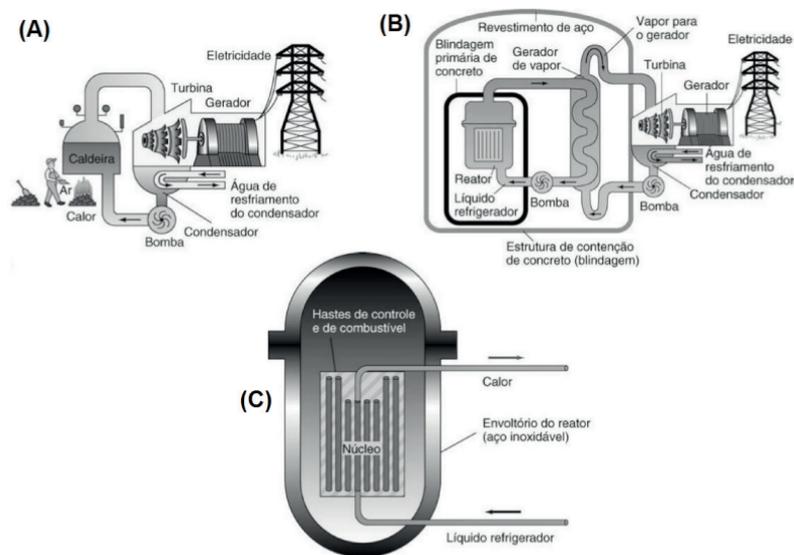
Figura 3.3 | O processo de fissão nuclear do urânio-235



Nas usinas nucleares, o reator é elemento fundamental no sistema de abastecimento, responsável por movimentar as turbinas para geração de energia elétrica (Figura 3.4B). Sua função é comparada à caldeira de uma usina que utiliza combustíveis fósseis (Figura 3.4A).

A maioria dos reatores nucleares possui como elementos: (I) um núcleo, que contém o combustível e o moderador, que pode ser, por exemplo, água. O moderador aumenta a probabilidade de captura dos nêutrons livres pelos átomos fissionáveis; (II) hastes de controle, que contêm os nêutrons e controlam a quantidade destes que está no reator; (III) hastes de combustível, que contêm as pastilhas de urânio; (IV) líquido refrigerador; e o (V) envoltório (Figura 3.4C).

Figura 3.4 | Comparação entre (A) uma usina com caldeira, que utiliza combustíveis fósseis para gerar energia, (B) usina nuclear dotada de reator com água como fluido refrigerador e (C) componentes principais de um reator nuclear



Fonte: adaptada de Botkin e Keller (2011, p. 406-407).

Uma quantidade pequena de combustível é utilizada para que o reator consiga uma reação em cadeia, e a quantidade de nêutrons deve ser mantida controlada para estabilizar a reação da fissão. O fluido refrigerante ou refrigerador (que pode ser líquido ou até gás, como o hélio, para resfriamento de reatores) é fundamental para o equilíbrio de calor no reator, sendo que a taxa de calor roubada pelo refrigerador deve coincidir com a taxa de geração de calor no combustível.

O fluido refrigerante, altamente radioativo, também é o responsável pela geração do vapor que gira a turbina. Ele transmite a energia térmica de dentro do reator para um gerador de vapor – o gerador contém água, a qual, por causa do calor, entra em ebulição, gerando vapor em alta pressão que, por meio de um duto, chega até uma turbina acoplada ao gerador elétrico (Figura 3.4B), convertendo energia mecânica em elétrica.

Após passar pela turbina, o vapor tem sua temperatura baixada no condensador, que recebe água de refrigeração de um rio ou oceano, por exemplo. Com isso, torna-se líquido novamente e volta para o gerador de vapor (Figura 3.4B).

Como medida de segurança na unidade nuclear, reator e gerador de vapor têm uma espécie de blindagem, que normalmente pode ser de concreto, ferro, água, tantálio, bismuto e tungstênio. O objetivo é evitar que a radiação seja espalhada para fora do circuito do reator.

O **principal tipo de reator utilizado** no mundo (em 65% das usinas nucleares), inclusive em Angra 1 e Angra 2, para geração de energia elétrica, é o PWR ou reator de água pressurizada (ELETROBRAS, 2011). Ele funciona como mostra o esquema apresentado na Figura 3.4B.

O PWR utiliza como moderador e fluido refrigerador água leve (normal), sendo que o urânio utilizado como combustível é levemente enriquecido (de 3 a 5%). A água que circula em seu circuito primário, ou seja, a do fluido refrigerador, entra no núcleo do reator com cerca de **290 °C**, chegando até o gerador de vapor em cerca de **350 °C**. Para a água não sofrer ebulição (que ocorre naturalmente em **100 °C**), ela é pressurizada em, aproximadamente, 150 atm (PERUZZO, 2012).

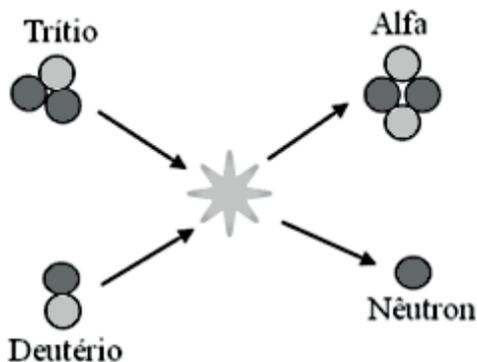
Também existe o reator BWR, ou reatores à água fervente. Esses são utilizados em cerca de 25% das usinas nucleares do mundo, como na central de Fukushima – Japão. Eles têm elementos combustíveis menores e, ao contrário do PWR, a água de refrigeração – também leve – ferve no seu núcleo, formando vapor que vai diretamente à turbina, sem necessidade de gerador de vapor (PERUZZO, 2012).

Quanto à fusão nuclear, no universo, ela é a fonte energética de todas as estrelas, incluindo o Sol. Em relação à fusão controlada, embora muito promissora, ainda se trata de uma cobiça, pelo fato de ser extremamente difícil de ser provocada e controlada, sendo que as maiores dificuldades de controlar o processo e, conseqüentemente, de construir os reatores de fusão são: (I) o alcance de altíssimas

temperaturas para o início das reações nucleares (cerca de 100.000.000 K) e (II) manter as partículas envolvidas na fusão afastadas da parede do recipiente que as contém, pois até o momento todos os materiais existentes se vaporizam na temperatura necessária para ocorrer o processo. Uma opção é o uso de reatores por confinamento magnético, pois um campo magnético gerado por bobinas potentes pode existir em qualquer temperatura para atuar sobre as partículas. Porém, o processo ainda está em fase de estudos.

Na fusão nuclear controlada, o interesse está na fusão de átomos pesados de H em reatores, como o deutério ( ${}^2\text{H}$ ) e o trítio ( ${}^3\text{H}$ ) (Figura 3.5), gerando a energia que é transformada no calor utilizado para movimentar a turbina acoplada ao gerador de energia elétrica. Os seus núcleos (carregados positivamente), para se fundir, necessitam de velocidades extremamente altas para que possam transpor a sua repulsão elétrica, de modo que se aproximem e suas forças nucleares atuem para fundi-los. Tais velocidades correspondem a temperaturas extremamente altas, como as encontradas no interior do Sol e de outras estrelas.

Figura 3.5 | Fusão nuclear entre o  ${}^2\text{H}$  (deutério) e o  ${}^3\text{H}$  (trítio)



Fonte: Peruzzo (2012, p. 153).

Quando viável economicamente, a fusão será melhor opção do que a fissão nuclear ou qualquer outro tipo de combustível, pois consegue extrair mais energia do que comparada a qualquer outra fonte. Além disso, o processo não gera poluição, pois, ao contrário da fissão, não gera lixo radioativo e o seu combustível, hidrogênio (H) e lítio (Li) – que produz  ${}^3\text{H}$  –, são elementos encontrados abundantemente na natureza.

## Sem medo de errar

Vamos, agora, responder aos questionamentos apresentados no item *Diálogo aberto*. Lembre-se de que ao respondê-los você estará concluindo o processo de preparo da primeira etapa da análise sobre o setor nuclear, intitulada *Energia atômica e reatores nucleares*, que será exposta aos estudantes em uma semana acadêmica.

Para responder às perguntas, que serão os pontos a serem abordados no primeiro dia do evento, é importante iniciar a aula tendo em mente que no núcleo do átomo (Figura 3.1), que é denso e coeso, as suas partículas nucleares – prótons e nêutrons – experimentam forças de atração e repulsão.

À força que mantém tais partículas unidas damos o nome de força nuclear. Sem ela não existiria o núcleo atômico, que se fragmentaria. Essa força, de alcance curto, é mais resistente do que a força de repulsão entre prótons e é ela que mantém as partículas nucleares coesas.

Pelo fato de a força nuclear ser muito forte, quando o núcleo é desfeito pelo processo de fissão nuclear, que é o processo de separação do núcleo atômico, grande quantidade de energia é liberada e a ela damos o nome de energia nuclear. Quando ocorre a fusão, processo em que ocorre a combinação ou união de núcleos atômicos, em que a força de repulsão elétrica é superada e as forças nucleares atuam para fundir os núcleos, grande quantidade de energia também é liberada.

Em ambos os casos, tanto na fusão quanto na fissão, temos de pensar que o vapor gerado no processo é utilizado para movimentar as turbinas acopladas a um gerador de energia elétrica. Portanto, estes são os dois processos utilizados para o aproveitamento da energia nuclear.

Porém, como vimos no item *Não pode faltar*, quanto ao processo de fusão nuclear controlada, este ainda é extremamente difícil de ocorrer, tratando-se de algo muito almejado quando se tornar viável economicamente. Então, resalte durante a exposição de sua análise que, atualmente, o que se utiliza são reatores que produzem fissão nuclear controlada para a geração comercial de energia elétrica. Para isso, leva-se em conta uma determinada quantidade de urânio físsil enriquecido a cerca de 3%, que é o isótopo  $U^{235}$ .

Em reatores de fissão controlada, o  $U^{235}$  é bombardeado com um nêutron térmico e tem o seu núcleo dividido. Com isso, ocorre a produção de calor e nêutrons livres, que atingem outros átomos de  $U^{235}$ , dando continuidade à reação em cadeia da fissão nuclear, liberando mais calor e nêutrons.

Com relação aos reatores, existem vários, mas o importante é ressaltar no primeiro encontro com os estudantes aqueles principais, como o reator de água pressurizada (PWR) e o reator à água fervente (BWR). O primeiro é utilizado em 65% das usinas nucleares do mundo e, inclusive, nas duas usinas nucleares brasileiras em funcionamento atualmente, Angra 1 e Angra 2, instaladas no Rio de Janeiro. O reator BWR é utilizado em 25% das usinas nucleares do mundo e não contém um gerador de vapor, como é o caso do gerador PWR.

A característica do reator PWR está no fato de que a água utilizada como fluido refrigerador, que circula em seu circuito primário, é pressurizada em cerca de 150 atm, o que a impede de sofrer ebulição, uma vez que entra no núcleo do reator com cerca de  $290\text{ }^{\circ}\text{C}$ , chegando até o gerador de vapor em cerca de  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



### Pesquise mais

Para você complementar a sua análise e entender mais sobre o reator PWR, sugerimos que acesse o material a seguir. Em mais detalhes são apresentadas as diferenças entre os sistemas utilizados nas usinas nucleares Angra 1 e Angra 2. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/text/fis01043/20041/Moacir/usina\\_arquivos/usinanuclear.html](http://www.if.ufrgs.br/text/fis01043/20041/Moacir/usina_arquivos/usinanuclear.html)>. Acesso em: 28 maio 2017.

Já o vídeo a seguir mostra como é, de fato, a usina nuclear Angra 1. Além disso, um esquema didático sobre o reator PWR é apresentado. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=MqxDpCG9QkU>>. Acesso em: 28 maio 2017.

## Avançando na prática

### Você na TV!

#### Descrição da situação-problema

Um programa da rede de televisão universitária, de uma faculdade local, convidou você para a gravação de uma reportagem sobre as usinas nucleares. A apresentadora iniciou o programa com a seguinte mensagem:

*Existem mais de quatrocentas usinas nucleares ao redor do mundo, a maioria em países desenvolvidos. Em um momento em que a sociedade consome grande quantidade de energia, precisamos explorar novas energias e tecnologias. Mas, infelizmente, as fontes de energia elétrica não estão livres de problemas; o que não seria diferente com a energia nuclear, alvo de polêmicas e debates. Hoje conversaremos um pouco sobre essa energia. Sabemos que o Brasil opera no setor com duas usinas nucleares, situadas no estado do Rio de Janeiro, e ambas utilizam o urânio como combustível nuclear, que depois de ser extraído da rocha e submetido a uma série de processos é transformado em pastilhas, que serão acondicionadas no reator para geração de energia.*

Neste momento, a apresentadora se volta para você e pergunta:

*Professor, como funciona esse processo de beneficiamento do urânio para a produção de energia? Explique melhor isso para os nossos telespectadores.*

Como você responderia a este questionamento?

### **Resolução da situação-problema**

Você poderia detalhar o que a apresentadora mencionou em linhas gerais, iniciando pelo processo de extração do urânio da rocha, que é britada e, por meio de processos industriais, dissolvida para retirada do urânio.

Após alguns processos subsequentes, esse urânio é concentrado formando o chamado *yellowcake*, ou bolo amarelo, que tem suas impurezas eliminadas e, após algumas reações químicas, é transformado no gás hexafluoreto de urânio ( $\text{UF}_6$ ), que é enviado para usinas de enriquecimento do isótopo urânio-235; o único elemento físsil da natureza que, portanto, é aplicado nos reatores para a produção da reação de fissão nuclear; processo utilizado na produção de energia térmica, que será utilizada para geração de eletricidade.

Importante ressaltar que, para uso industrial, o enriquecimento do urânio-235 é necessário, uma vez que este se encontra na natureza em baixas concentrações (cerca de 0,7%), sendo que o urânio deve ser enriquecido à, aproximadamente, 3% nas usinas nucleares para gerar energia elétrica.

Enfatize também que antes de ser utilizado como combustível o gás (hexafluoreto de urânio) enriquecido é transformado em pó de  $\text{UO}_2$ , sendo este usado na fabricação das pastilhas ou *pellets*, que são utilizados no reator nuclear.

## Faça valer a pena

### 1. Leia a descrição a seguir:

Trata do tempo em que a quantidade de um isótopo decai para outra forma, sendo, portanto, uma característica única e imutável do isótopo radioativo. Isso implica que alguns isótopos permanecerão no ambiente durante um bom tempo, ao contrário de outros.

A descrição apresentada no texto-base refere-se ao conceito de:

- a) Radiação.
- b) Isótopos.
- c) Radioisótopos.
- d) Tempo de meia-vida.
- e) Partículas alfa, beta e gama.

### 2. Leia o trecho que segue:

Tudo que possui massa e ocupa lugar no espaço tem \_\_\_\_\_. Estes, por sua vez, possuem \_\_\_\_\_ constituídos por partículas com cargas positivas, denominados \_\_\_\_\_, e sem carga, denominadas de \_\_\_\_\_.

Levando em conta as lacunas do texto-base, assinale a alternativa a seguir que apresenta os quatro termos que as preenchem corretamente.

- a) átomos; núcleos; elétrons; prótons.
- b) nêutrons; núcleos; átomos; prótons.
- c) átomos; núcleos; nêutrons; prótons.
- d) átomos; núcleos; prótons; nêutrons.
- e) núcleos; átomos; prótons; nêutrons.

### 3. Nas usinas nucleares, o reator é elemento fundamental no sistema de abastecimento, responsável por movimentar as turbinas para a geração de energia elétrica.

Com relação às usinas de fissão nuclear, o combustível utilizado é o:

- a) Urânio-234.
- b) Urânio-238.
- c) Vapor d'água.
- d) Deutério.
- e) Urânio-235.

## Seção 3.2

### Efeito dos radioisótopos e gestão de resíduos radioativos

#### Diálogo aberto

Olá, estudante! Vamos dar continuidade aos seus estudos sobre a energia nuclear?

Lembre-se que na seção anterior você estudou o que é a energia nuclear e o decaimento radioativo, compreendeu os processos de fissão e fusão nuclear e conheceu como funcionam, em aspectos genéricos, os reatores.

Agora é o momento da disciplina em que você aprenderá quais são os principais efeitos biológicos dos radioisótopos, focando no organismo humano, e terá uma noção geral sobre a gestão dos rejeitos radioativos das usinas nucleares do Brasil. Paralelamente a isso, trabalharemos na resolução da segunda etapa do nosso contexto de aprendizagem, você se lembra dele?

Sugerimos que retorne ao item *Convite ao estudo* desta unidade e relembre a situação em que você se encontra inserido, pois daremos continuidade a ela a partir de agora!

O primeiro encontro com a turma foi um sucesso! Na apresentação da primeira etapa de sua análise expositiva sobre a energia nuclear no minicurso da semana acadêmica da faculdade, você permeou os aspectos básicos do assunto e os alunos ficaram interessados, saindo empolgados do encontro presencial.

Agora, aproveitando que este é o momento em que você se encontra no seu ambiente de estudos, adquirindo mais conhecimento, que tal se preparar para o segundo encontro presencial? Nesse encontro será debatido o próximo tema da análise: *Os impactos dos radioisótopos no organismo humano e a gestão de resíduos radioativos das usinas nucleares*.

Quando se é professor, no dia da aula tudo deve estar bem programado, e é preciso estar preparado para qualquer tipo de pergunta. No dia do segundo encontro, os seguintes pontos deverão ser esclarecidos por você, para contemplar a segunda etapa da análise com os estudantes:

- No que diz respeito à dose de radiação, qual é o valor de referência para indicar o possível aparecimento dos seus efeitos na saúde?
- Quais são os efeitos dos radioisótopos no corpo humano?
- Existe alguma norma que nos informa sobre qual é o limite de dose anual de radiação a que nós, da sociedade em geral, podemos estar submetidos? Qual é esse limite?
- Em território nacional, quem é o responsável pela gestão dos rejeitos radioativos gerados, por exemplo, nas nossas usinas nucleares? Onde esses rejeitos são acondicionados?

Bons estudos!

## Não pode faltar

Aprendemos na Seção 3.1 que os radioisótopos são elementos químicos que sofrem decaimento radioativo de forma espontânea, transformando-se em diferentes isótopos que emitem algumas formas de radiação ou partículas para se tornarem estáveis. Estudamos também que a radiação pode ser por partículas alfa, beta ou gama, apresentando diferentes características, sendo a mais energética e penetrante em tecidos vivos as partículas gama.

Conseqüentemente, a radiação gama é o tipo que exige as maiores medidas de proteção, sendo, por exemplo, requerida blindagem grossa de, aproximadamente, 1 m de concreto ou vários centímetros de chumbo para bloqueá-la, ao passo que a radiação alfa pode ser bloqueada por folhas de papel ou afins; contra a radiação beta, uma blindagem fina (fina folha de metal ou bloco de madeira) é suficiente (BOTKIN; KELLER, 2011).

Cada tipo de radiação tem um potencial diferente de causar danos. A alfa, por não penetrar em tecidos, é tóxica quando inalada ou ingerida. A beta consegue penetrar na pele cerca de 1 a 2 cm. A radiação gama pode atravessar o corpo por completo (BOTKIN; KELLER, 2011; PERUZZO, 2012).



### Pesquise mais

Para entender mais sobre a radiação ionizante e as partículas alfa, beta e gama, sugerimos que assista ao vídeo a seguir sobre radiação ionizante: Disponível em: Leticia C. REUNI Biofísica 2010 - Radiação Ionizante: o que é? Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7ODu7-wsm-M>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

De toda a radiação ionizante a que um ser humano está submetido, 3% é proveniente de usinas e testes nucleares (PERUZZO, 2012). Esta radiação, quando gerida de forma imprudente, pode entrar no meio ambiente e causar sérios danos a todos os seres que o constituem. No organismo humano, por exemplo, os efeitos dos radioisótopos podem resultar em diarreia, danos no sistema nervoso e vascular, até a morte, como veremos adiante.

Assim, além de entender o efeito dos radioisótopos, é também muito importante ter uma noção das medidas comumente utilizadas para quantificar a radiação.

A primeira unidade para medir a **atividade** de uma amostra radioativa, ou seja, para medir o grau ou potencial de radioatividade – devido às desintegrações nucleares dos seus átomos na unidade de tempo – foi o *Ci* (*Curie*), que no Sistema Internacional de Unidades (SI) é equivalente ao *Bq* (*Becquerel*) (BOTKIN; KELLER, 2011; PERUZZO, 2012).

Quanto à **exposição** às radiações ionizantes, como é o caso da gama, a unidade é *R* (*Röntgen*), que mede a quantidade de carga elétrica produzida por ionização no ar por unidade de massa de ar (PERUZZO, 2012, p. 294). Nos últimos anos, *R* vem sendo substituída por *C/kg* (*Coulomb* por quilograma).

Com relação à **dose**, esta é medida em *rads* (sigla rd; do inglês *Radiation Absorbed Dose* ou Dose Absorvida de Radiação) e *rems*, cujas unidades correspondentes do Sistema Internacional são *grays* (Gy) e *sieverts* (Sv), respectivamente. *Rad* e *gray* são as unidades da Dose Absorvida e *rems* e *sieverts* relativos à Dose Equivalente (BOTKIN; KELLER, 2011).

A Dose Absorvida (D), medida em *grays* no Sistema Internacional de Unidades, é a energia depositada por unidade de massa do meio, e a Dose Equivalente (H), medida em *sieverts*, é uma medida da dose de radiação em um tecido (TECNOLOGIA, [s.d.]). Segundo Tauhata et al. (2014, p. 151-152), a Dose Equivalente é um produto da Dose Absorvida, obtida multiplicando a Dose Absorvida pelo fator de qualidade Q, “que constitui um fator de peso proveniente da simplificação dos valores da Eficácia Biológica Relativa [...] dos diferentes tipos de radiação, na indução de determinado tipo de efeito biológico”. Lembrando que diferentes tipos de radiação possuem diferentes graus de danos, como vimos anteriormente.



1. A *efetividade ou eficácia biológica relativa* trata-se de uma medida relativa da efetividade dos diferentes tipos e energias de radiação em induzir ou causar um determinado efeito à saúde.

2. Para *atividade* de uma amostra radioativa:

- 1 Bq (*Becquerel*) é uma desintegração ou decaimento radioativo por segundo. Ou seja, 1 Bq = 1 des/s.

- 1 Ci (*Curie*) =  $3,7 \times 10^{10}$  Bq.

- *Becquerel* por metro cúbico ( $\text{Bq/m}^3$ ), portanto, é uma medida do número de decaimentos radioativos que ocorrem a cada segundo em um metro cúbico de ar.

3. Para *exposição*:

- 1 R (*Röntgen*) =  $2,58 \times 10^{-4}$  C/kg (*Coulomb* por quilograma).

4. Para *dose absorvida*:

- 1 Gy (*Gray*) = 100 rd (*rads*).

5. Para *doses equivalentes*:

- 1 Sv (*Sieverts*) = 100 *rems*.

A norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) NN 3.01 de 2014 estabelece diretrizes básicas de proteção radiológica e apresenta limites de dose anuais relacionados à exposição em decorrência de prática autorizada – em condições normais de operação –, incluindo casos de imprevistos que possam ser mantidos sob controle.

Observe na Tabela 3.1 que o limite de dose anual de um indivíduo do público, ou seja, que não está submetido à exposição médica ou ocupacional (em decorrência de seu trabalho ou treinamento), é de 1 mSv (1000  $\mu\text{Sv}$ ). Já para os trabalhadores (indivíduos ocupacionalmente expostos), a dose limite é de 20 mSv/ano.

Tabela 3.1 | Limites de dose de radiação especificados de acordo com a Norma CNEN NN 3.01. Março/2014. Tais limites não se aplicam às exposições médicas

Limites de Doses Anuais (a)			
Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo do público
Dose efetiva (b)	Corpo inteiro	20 mSv (c)	1 mSv
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv (c)	15 mSv

Pele	500 mSv	50 mSv
Mãos e pés	500 mSv	

(a) De janeiro a dezembro de cada ano; (b) soma das doses equivalentes ponderadas nos diversos órgãos e tecidos; (c) Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano. Fonte: adaptada de CNEN (2014, p. 13).



### Exemplificando

Quatro dias após o acidente de Fukushima, no Japão, foi registrado 400 mSv por hora dentro da central nuclear, sendo que no portão frontal da central foi registrado um valor de 11,93 mSv por hora (CNEN, 201-a).



### Refleta

Em um dia, a quanto de radiação uma pessoa recebendo a dose de radiação/hora registrada no portão da central estaria sujeita? Quantas vezes esse valor está acima do limite especificado? Quais seriam as implicações disso para a saúde desse indivíduo?

Os **efeitos da radiação** são “invisíveis”, sem cheiro e de ação microscópica, podendo demorar poucas horas, dias ou até vários anos para se tornarem evidentes no organismo, surgindo então os sintomas.

Segundo a CNEN (l.s.d.)a, a exposição de 1000 mSv já pode ser considerada uma referência para que apareçam efeitos observáveis, como astenia (fraqueza), náuseas e vômitos. Já uma exposição de 5000 mSv, de acordo com Botkin e Keller (2011), pode ser considerada letal para metade (50%) das pessoas expostas.

Como o nosso organismo contém desde moléculas pequenas, como as da água (mais de 70% do nosso corpo é composto de água), até moléculas grandes, como as do DNA, quando atingidas pela radiação, essas moléculas se desestabilizam, podendo se quebrar e gerar fragmentos, que, por sua vez, podem se unir a outras moléculas e ocasionar efeitos bioquímicos e fisiológicos com alterações na morfologia e funcionamento dos órgãos (OKUNO, 2013).

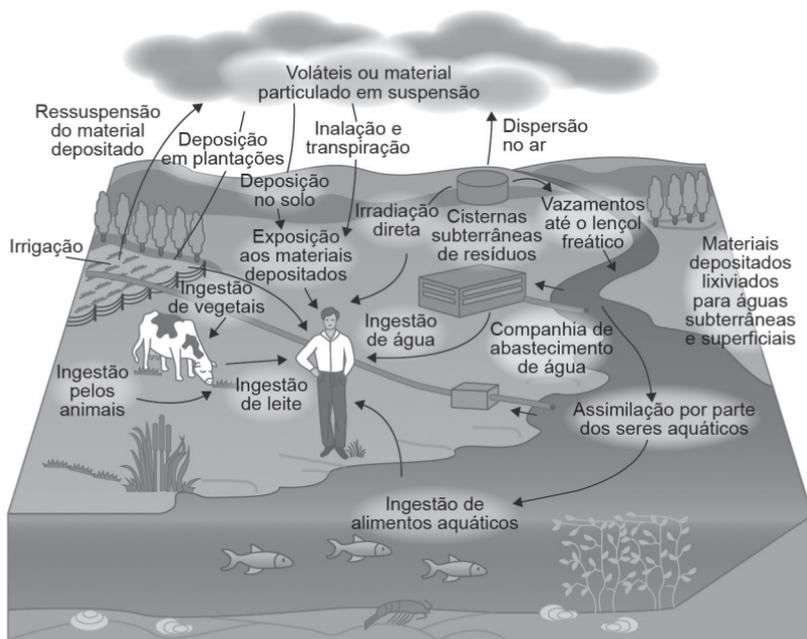
Baixas doses de radiação tendem a modificar ou danificar as células e altas doses tendem a destruí-las, sendo os tecidos, as paredes do intestino, o baço, as gônadas e a medula óssea os mais sensíveis aos efeitos da radiação (PERUZZO, 2012).

De acordo com Okuno (2013), pessoas que sobreviveram ao atentado nuclear no Japão manifestaram tardiamente doenças cardiovasculares, cerebrais, catarata e câncer, com efeitos hereditários. Já as pessoas afetadas pela exposição direta ao Césio-137, no acidente radiológico de Goiânia, no ano de 1987, considerado o maior acidente radiológico do Brasil, manifestaram tontura, náuseas, vômito e perda de cabelos, ao passo que os sobreviventes, a longo prazo, desenvolveram problemas de pressão alta, transtornos psiquiátricos, problemas de medula, osteoporose e lesões no corpo (FILHO, 2012).

Quanto às diferentes doses absorvidas de radiação no corpo todo, Okuno (2013) cita que as manifestações que podem ser registradas são: diarreia e depressão do sistema sanguíneo (de 0.25 a 1 Gy); infecção por agentes oportunistas (entre 1 e 3 Gy); queda de pelos, hemorragias e esterilidade (entre 3 e 5 Gy); inflamação dos pulmões; danos no sistema nervoso e cardiovascular; e morte (ao redor de 10 Gy).

Além disso, radioisótopos podem afetar o meio ambiente entrando nas cadeias alimentares ecológicas, contaminando todo um conjunto de organismos que interagem entre si ou contaminando outros materiais, por causa da emissão de radiação, que acaba os atingindo. Um esquema de como as substâncias radioativas podem alcançar o ser humano é apresentado na Figura 3.6.

Figura 3.6 | Representação de como substâncias radioativas podem atingir o ser humano



Fonte: Botkin e Keller (2011, p. 412).

Logo, é razoável compreendermos a necessidade de que, em usinas nucleares, a quantidade de radiação seja rigorosamente controlada e acompanhada. Nelas, a fonte de radiação e a instalação (no caso o reator ou a própria usina nuclear, por exemplo) devem ser mantidos em condições de segurança e proteção, para que sejam evitados desde roubos, avarias, até exposições potenciais, que são aquelas cuja ocorrência não se pode prever, mas que podem resultar em acidentes e graves problemas de saúde, como vimos anteriormente.

Cada instalação, de acordo com o seu porte, deve manter uma estrutura de proteção radiológica para proteger o ser humano e os seus descendentes contra os efeitos indesejados causados pela radiação ionizante, e deve conter pelo menos um supervisor de proteção radiológica habilitado pelo CNEN (CNEN, 2014).



No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é o órgão que faz as adequações nas normas internacionais e as adota para regulamentar o uso das radiações. A CNEN é vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e estabelece normas e regulamentos relacionados à radioproteção e regula, licencia e fiscaliza a produção e o uso da energia nuclear no nosso país.

Para saber mais sobre a estrutura e as áreas de atuação da CNEN, acesse: <<http://www.cnem.gov.br/quem-somos>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

Em território nacional, a União, tendo como base os artigos 21, inciso XXIII, e 22, inciso XXVI, da Constituição Federal (BRASIL, 1988), por meio da CNEN, é a responsável pela destinação final dos rejeitos radioativos produzidos, incluindo não só os rejeitos das usinas nucleares, que são o foco desta seção, mas também aqueles provenientes das atividades de saúde humana e animal (Posição Regulatória-3.01/001:2011 da CNEN), por exemplo, cuja utilização é imprópria e não prevista (BRASIL, 2005).

A CNEN, por meio da Norma CNEN NN 8.02, conforme expresso na Resolução CNEN/CD nº 168 (2014b), dispõe os rejeitos radioativos em classes, segundo os seus níveis e natureza de radiação e tempo de meia-vida, podendo estes ser de Classe 0, 1, 2 (subclasses 2.1, 2.2, 2.3, 2.4) e Classe 3, conforme detalhes do Quadro 3.1.

Quadro 3.1 | Classificação dos rejeitos radioativos e descrição das classes

Classe	Descrição da Classe
0	<b>Rejeitos isentos:</b> com valores de atividade ou de concentração de atividade inferiores ou iguais aos níveis de dispensa estabelecidos pela CNEN.
1	<b>De meia-vida curta:</b> inferior ou da ordem de 100 dias. Níveis de atividade ou de concentração de atividade superiores aos respectivos níveis de dispensa.
2	<b>De baixo e médio níveis de radiação:</b> meia-vida superior à dos rejeitos Classe 1. Níveis de atividade ou de concentração de atividade superiores aos de dispensa, estabelecidos pela CNEN. Potência térmica inferior a $2 \text{ kW / m}^3$ .

2.1	<b>De baixo e médio níveis de radiação:</b> emissores beta/gama, com meia-vida inferior ou da ordem de 30 anos e com concentração de radionuclídeos emissores alfa de meia-vida longa limitada em 3700 kBq/kg, acondicionados em volumes individuais e com um valor médio de 370 kBq/kg para o conjunto de volumes.
2.2	<b>De baixo e médio níveis de radiação:</b> provenientes de extração e exploração de petróleo, contendo radionuclídeos das séries do urânio e tório em concentrações de atividade ou atividades acima dos níveis de dispensa estabelecidos pela CNEN.
2.3	<b>De baixo e médio níveis de radiação:</b> contendo matérias-primas minerais, naturais ou industrializadas, contendo radionuclídeos das séries do urânio e tório em concentrações de atividade ou atividades acima dos limites de dispensa.
2.4	<b>De baixo e médio níveis de radiação:</b> não enquadrados nas Classes 2.2 e 2.3, com concentrações de radionuclídeos de meia-vida longa.
3	<b>De Alto Nível de Radiação:</b> com potência térmica superior a $2 \text{ kW} / \text{m}^3$ e com concentrações de radionuclídeos de meia-vida longa.

Fonte: adaptado de CNEN (2014b, p. 1-2).

Segundo a Resolução CNEN 168 (2014), art. 4º, os rejeitos de Classe 0 podem ser dispensados sem restrições radiológicas; os de Classe 1 devem ser armazenados para decaimento e, posteriormente, dispensados sem restrições na rede de esgotos sanitários ou em sistema de coleta de resíduo urbano; os rejeitos de Classe 2.1 devem ser depositados em depósitos localizados próximos à superfície; os de Classe 2.2 e 2.3, em depósitos localizados próximos à superfície ou em profundidade definida pela análise de segurança; e os de Classe 2.4 em formações geológicas com profundidade definida pela análise de segurança.

Todos os tipos de depósitos de rejeitos radioativos devem ser construídos, licenciados, administrados e operados segundo as diretrizes da CNEN, vedado para os rejeitos na forma líquida ou gasosa, sendo proibido o depósito nas ilhas oceânicas, na plataforma continental e nas águas territoriais brasileiras (BRASIL, 2001).



### Assimile

- Segundo a CNEN (2014), existem quatro tipos de depósitos para os rejeitos radioativos. O **inicial**, junto ao gerador, que é responsável pela sua administração; o **intermediário**, de responsabilidade da CNEN, objetivando a remoção dos rejeitos para depósito final; o **final**, onde é

feita a deposição final de rejeitos radioativos; e o **provisório**, que é aquele que recebe os rejeitos oriundos de acidentes radiológicos ou nucleares.

- Para rejeitos radioativos líquidos, o armazenamento deve ser feito sobre bacia de contenção, bandeja ou material que seja absorvente, cuja capacidade de conter ou absorver seja o dobro do rejeito líquido contido na embalagem.
- Para a dispensa incondicional na rede de esgotos sanitários do rejeito líquido, deve-se seguir rigorosamente os requisitos estabelecidos pela CNEN; o mesmo vale para o descarte dos rejeitos sólidos em sistema de coleta de lixo urbano e para os rejeitos gasosos, cuja autorização para liberação na atmosfera é feita com base em análise técnica dos fatores que são pertinentes (IAEA, [s.d]).

Voltando ao caso das usinas nucleares, em um reator nuclear de potência, como os utilizados para a geração de energia elétrica, o combustível ( $U^{235}$ ) é utilizado de 2 a 3 anos e, durante a sua queima, alguns produtos de fissão são formados, entre eles os radioisótopos com tempo de meia-vida longos e muito perigosos, como o cério-137 (Cs) e o estrôncio-90 (Sr), ambos solúveis em água e com meias-vidas de 30,1 e 29,1 anos, respectivamente (PERUZZO, 2012).

Nas usinas nucleares do Brasil, os rejeitos tidos como de baixa radioatividade (luvas, sapatilhas, roupas especiais, equipamentos, fitas etc.) são descontaminados, processados e acondicionados em recipientes que blindam a radiação. Os de média radioatividade (como filtros, efluentes e resinas) são acondicionados em matriz de cimento e mantidos dentro de recipientes de aço (ELETROBAS, [s.d]). Esses rejeitos, de baixa e média radioatividade, são encaminhados para o depósito inicial construído no sítio da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) – no caso, Angra 1 –, ou em um depósito no interior da própria usina (no caso de Angra 2) (ELETROBRAS, 2011).

Os de alta radioatividade (elementos combustíveis utilizados para geração de energia) ficam armazenados em piscinas especiais com sistemas de resfriamento dentro dos prédios das usinas, uma vez que podem ser reaproveitados (ELETROBAS, [s.d.]) e, portanto, não são necessariamente rejeitos. Essas piscinas são consideradas depósitos intermediários de longa duração (ELETROBRAS, 2011), que são destinados a receber e, eventualmente, acondicionar rejeitos radioativos, mas objetiva a sua remoção para um depósito final (Norma CNEN NN 8.02, de 2014). Após a diminuição da radiação,

esse combustível pode ser armazenado a seco, sendo usado metal e concreto como barreira de radiação (PERUZZO, 2012). Esse material, após a desativação da usina nuclear, deve ser abrigado em depósitos de terrenos geologicamente selecionados, seguindo critérios específicos estabelecidos pelo órgão competente (CNEN, [s.d.]).

Os depósitos iniciais são frequentemente monitorados por técnicos e especialistas com vistas a manter o nível de radiação dentro dos padrões exigidos nacional e internacionalmente para proteção das pessoas e do meio ambiente em geral, sendo licenciados, além da CNEN, também pelo Ibama (ELETROBRAS, 2011).

O Brasil, pelo fato de ser membro da Agência Internacional de Energia Atômica (no inglês IAEA – *International Atomic Energy Agency*), ser signatário de várias convenções internacionais relacionadas às atividades nucleares – como a de Responsabilidade Civil por Danos Nucleares (1993), a Convenção sobre Assistência no Caso de Acidente Nuclear ou Emergência Radiológica (1991) e a Convenção de Segurança Nuclear (1998) – e ter normas que regem desde a segurança na operação de usinas nucleoeletricas (NORMA CNEN NE 1.26, de 1997) até sua manutenção (NORMA CNEN 03, de 1991), é possuidor de altos padrões de segurança no setor.

Nosso país, de acordo com a Constituição Federal, mediante aprovação do Congresso Nacional, só admite atividade nuclear para fins pacíficos (BRASIL, 1988) e, mediante permissão, a comercialização e a utilização de radioisótopos para a pesquisa e usos médicos, industriais e agrícolas é autorizada (BRASIL, 2006).

Embora a Constituição enfatize a finalidade pacífica das atividades nucleares nacionais, a tecnologia nuclear no Brasil emergiu ligada aos interesses militares relacionados à Segunda Guerra Mundial, época em que apenas os Estados Unidos eram os detentores da tecnologia. Após o fim do primeiro acordo nuclear com os Estados Unidos, e os governos de Juscelino Kubitschek (1956-1961) e de Jânio Quadros (1961), em 1962 foi decretada e sancionada pelo então presidente João Goulart (1961-64) a Lei nº 4.118, que cria a Política Nacional de Energia Nuclear (PNEN) brasileira e a CNEN (BRASIL, 1962), cujos membros e presidente são nomeados pelo Poder Executivo.

Da PNEN podemos destacar os artigos 31 e 39. O artigo 31 diz: “As minas e jazidas de substâncias de interesse para a produção de energia atômica constituem reservas nacionais, consideradas

essenciais à segurança do País e são mantidas no domínio da União como bens imprescritíveis e inalienáveis” (BRASIL, 1962, capítulo III, art. 31). O artigo 39 enfatiza que a importação ou exportação clandestina de materiais nucleares é crime contra a segurança nacional.

## Sem medo de errar

Quatro pontos devem ser esclarecidos com os participantes do minicurso sobre energia nuclear para contemplar o segundo momento da análise expositiva. Portanto, este é o momento em que percorremos com você o que deve ser desmembrado sobre cada um deles no dia da aula. Então, vamos lá!

**Ponto 1: No que diz respeito à dose de radiação, qual é o valor de referência para indicar o possível aparecimento dos seus efeitos na saúde?**

Como vimos no item *Não pode faltar*, a exposição de 1000 mSv já pode ser considerada uma referência para que apareçam os efeitos da radiação. Uma exposição de 5000 mSv pode ser considerada letal para metade (50%) das pessoas expostas.

Note que estamos usando o Sv (*Sieverts*), utilizado para medir *doses equivalentes* de radiação!

**Ponto 2: Quais são os efeitos dos radioisótopos no corpo humano?**

Os efeitos dos radioisótopos podem ser desastrosos, dependendo do tempo de exposição. Vimos que a radiação em doses baixas tende a modificar ou danificar as células e as altas doses tendem a destruí-las. As moléculas de nosso corpo, quando atingidas pela radiação, tendem a se desestabilizar e quebrar, gerando fragmentos que podem aderir às outras moléculas, causando danos na morfologia e funcionamento dos órgãos.

Entre os efeitos da radiação registrados na literatura, podemos destacar: fraqueza, diarreia, náuseas, vômitos, queda de pelos, hemorragias, esterilidade (temporária ou permanente), doenças cardiovasculares, doenças cerebrais, catarata, câncer, efeitos hereditários, depressão do sistema sanguíneo, vulnerabilidade do corpo para infecção por doenças oportunistas, infecção nos pulmões e morte.

***Ponto 3: Existe alguma norma que nos informa sobre qual é o limite de dose anual de radiação a que nós, da sociedade em geral, podemos estar submetidos? Qual é esse limite?***

Visando garantir a proteção radiológica da população, existe no país a norma CNEN NN 3.01, de 2014. Ela estabelece diretrizes básicas de proteção e apresenta, para indivíduos que não estão submetidos à exposição médica ou em decorrência ao seu trabalho ou treinamento, um limite de dose anual de 1 mSv (1000  $\mu$ Sv). Essa dose é relativa à dose efetiva, que é a soma das doses equivalentes ponderadas nos diversos órgãos e tecidos.

Adicionalmente, para indivíduos ocupacionalmente expostos (que trabalham com radiação, por exemplo), a dose limite é de 20 mSv/ano.

***Ponto 4: Em território nacional, quem é o responsável pela gestão dos rejeitos radioativos gerados, por exemplo, nas nossas usinas nucleares? Onde esses rejeitos são acondicionados?***

Para garantir que os rejeitos radioativos de nossas usinas nucleares não causem danos à saúde, a União, por meio exclusivamente da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), é a responsável pela destinação final dos rejeitos produzidos. O CNEN é o órgão que estabelece as normas e regulamentos relacionados à radioproteção e regula, licencia e fiscaliza a produção e o uso da energia nuclear no nosso país.

O CNEN estabelece que os rejeitos sejam acondicionados em locais apropriados e seguros, para proteger o ser humano e o meio ambiente, em geral, de possíveis contaminações.

Os rejeitos das usinas são acondicionados de diferentes formas, segundo o seu teor de radioatividade. Os de baixo teor são processados e acondicionados em recipientes que blindam a radiação. Os de médio teor são acondicionados em matrizes de cimento e, depois, mantidos em recipientes de aço. Ambos, rejeitos de médio e baixo teor de radioatividade, são encaminhados para depósitos iniciais, ao passo que os de alto teor de radioatividade – no caso os elementos combustíveis, que não são necessariamente rejeitos, pois podem ser reaproveitados no futuro – são armazenados em piscinas especiais, consideradas como depósitos intermediários de longa duração.

Após a desativação da usina nuclear, o material com radiação deve ser abrigado em depósitos de terrenos geologicamente selecionados.



O que foi apresentado aqui é apenas um panorama geral do que está na bibliografia básica sobre o assunto. Para entender mais a fundo os efeitos da radiação ionizante e apresentá-los em sua análise expositiva, seria interessante se você aprofundasse ou reforçasse o seu conhecimento sobre o ciclo e reprodução celular, os tipos de danos celulares que podem ocorrer de acordo com o tempo de exposição, os tipos de mutações existentes e como são classificados os efeitos radioinduzidos. Para isso, sugerimos a leitura de:

TAUHATA, L. et al. *Efeitos biológicos da radiação*. In:\_\_\_\_\_. **Radioproteção e dosimetria: fundamentos**. 10. rev. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2014. Disponível em: <[http://www.ird.gov.br/index.php/component/jdownloads/send/36-apostilas/105-radioprotecao-e-dosimetria-fundamentos-final-i?option=com\\_jdownloads](http://www.ird.gov.br/index.php/component/jdownloads/send/36-apostilas/105-radioprotecao-e-dosimetria-fundamentos-final-i?option=com_jdownloads)>. Acesso em: 20 jun. 2016.

## Avançando na prática

### Testes nucleares

#### Descrição da situação-problema

Em uma região está ocorrendo testes de armas nucleares e, após a explosão das bombas, ocorre a liberação na atmosfera de uma cinza contendo um radioisótopo muito tóxico. No inverno chove bastante nessa região, sendo esta uma época propícia para o crescimento de uma *planta* que faz parte da dieta de um mamífero local de grande porte, que também é consumido pelos habitantes de um povoado próximo e outro predador nativo da redondeza.

Testes indicaram:

I. Existe tendência à acumulação no inverno de grande quantidade do radioisótopo na carne do *mamífero de grande porte* e nas folhas da *planta* que serve como seu alimento.

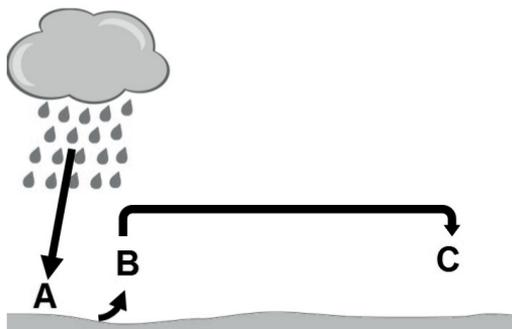
II. Os *habitantes do povoado* apresentaram também em seus corpos concentração do radioisótopo.

Qual foi o caminho que esse radioisótopo seguiu nesse ambiente?

## Resolução da situação-problema

A tarefa é simples e bem intuitiva. Basta lembrar como os radioisótopos podem afetar o meio ambiente e seguir a dica da Figura 3.7, que será o seu caminho para a resolução. O que você deve descobrir é quem são os elementos A, B e C da figura e, após isso, construir o seu raciocínio com base nas informações do texto anterior, que cita os elementos A, B e C.

Figura 3.7 | Dica para desvendar o caminho do radioisótopo no ambiente



Fonte: adaptada de <<https://pixabay.com/pt/chuva-nuvem-tempo-gr%C3%A1ficos-figura-2017532/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

### Faça valer a pena

**1.** A radiação pode ser por partículas alfa, beta ou gama. Tais partículas apresentam diferentes características, sendo algumas mais energéticas e penetrantes em tecidos vivos do que outras.

Qual é o tipo de radiação que exige as maiores medidas de proteção?

- a) A radiação alfa.
- b) A radiação beta.
- c) A radiação gama.
- d) A radiação ionizante.
- e) A radiação solar.

**2.** A Norma CNEN NN 3.01, de 2014, estabelece diretrizes básicas de proteção radiológica e apresenta limites de dose anuais relacionados à exposição em decorrência de prática autorizada, incluindo casos de imprevistos que possam ser mantidos sob controle.

De acordo com essa norma, quais são os limites de dose anual (dose efetiva) de um indivíduo público e ocupacionalmente exposto, respectivamente?

- a) Os limites de doses anuais são 20 mSv e 1 mSv.
- b) Os limites de doses anuais são 1 mSv e 60 mSv.
- c) Os limites de doses anuais são 10 mSv e 20 mSv.
- d) Os limites de doses anuais são 1 mSv e 20 mSv.
- e) Os limites de doses anuais são 1 mSv/hora e 20 mSv/hora.

**3.** Cada instalação de atividade nuclear deve manter uma estrutura de proteção radiológica para proteger as pessoas contra os efeitos indesejados causados pela radiação ionizante, e deve conter pelo menos um supervisor de proteção radiológica.

No Brasil, esse supervisor de proteção radiológica deve ser habilitado pelo(a):

- a) Ministério do Meio Ambiente.
- b) Ministério da Saúde.
- c) Agência Internacional de Energia Atômica.
- d) Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
- e) Comissão Nacional de Energia Nuclear.

## Seção 3.3

### Energia nuclear: acidentes, o mercado e perspectivas futuras

#### Diálogo aberto

Olá, aluno! Vamos iniciar agora a última etapa dos seus estudos sobre a energia nuclear.

Após explorar conceitos e conhecer algumas tecnologias e procedimentos importantes nas Seções 3.1 e 3.2, este será o momento de você se atualizar a respeito do mercado da energia nuclear no Brasil e no mundo.

Embora tenhamos ressaltado no item *Convite ao estudo* desta unidade que a energia nuclear é uma fonte promissora para a sociedade – e de fato é –, quando levado em conta o contexto atual em que vivemos, em que uma crise ambiental foi desencadeada por causa do uso intensivo de combustíveis fósseis, veremos também que as atividades desse setor geraram e ainda podem gerar danos muito graves a nós e ao meio ambiente, se não monitoradas com extremo cuidado e não seguirem rigorosamente as diretrizes de segurança. Dessa forma, você conhecerá, nesta última seção, um pouco também sobre os três acidentes considerados mais graves da história em instalações nucleares, segundo a Agência Internacional de Energia Atômica.

De fato, se bem explanados, esses conteúdos se tornam muito interessantes em qualquer ocasião, formal ou informal, pois envolvem um pouco da história e ao mesmo tempo são atuais. Portanto, aproveite e se inteire para concluir com êxito o seu desafio, lançado no início da unidade. Você se lembra dele?

Nesta seção, a última etapa de sua análise expositiva sobre o setor nuclear, que está sendo apresentada aos alunos em uma semana acadêmica da graduação, deve ser concluída. Lembre-se de que já foram realizadas as duas primeiras etapas, sendo elas: (1ª) exposição sobre a *energia atômica e reatores nucleares*; e (2ª) exposição sobre os *impactos dos radioisótopos e a gestão de resíduos radioativos*. Agora, a terceira (3ª) etapa, como mencionado no item *Convite ao estudo*, deve contemplar o *mercado da energia nuclear e os acidentes em instalações nucleares*.

Para que sejam apresentadas informações sobre esse mercado, vamos primar pelas referências dos últimos anos, pois trata-se de um setor em constante expansão e a cada ano novas informações tendem a surgir e novos países se interessam em adquirir a tecnologia nuclear para fins pacíficos.

Afinal, quantos reatores existem atualmente em operação no mundo? E em construção, quantos existem? Qual é a participação da fonte nuclear na oferta interna de energia elétrica do Brasil? E em nível mundial, qual é a contribuição do nosso país na geração de energia por fonte nuclear?

Com relação aos acidentes nucleares que mais marcaram a história, onde e quando eles ocorreram? Quais foram as suas causas e como eles foram classificados segundo a Escala Internacional de Eventos Nucleares e Radiológicos da Agência Internacional de Energia Atômica?

Para responder todos esses pontos, que constituirão a última etapa de sua análise, avance em seus estudos. O item *Não pode faltar* desta seção contém tudo o que você precisa!

Boa leitura!

## **Não pode faltar**

O próprio glossário técnico da CNEN ([s.d.]c) define energia nuclear como aquela que mantém os nêutrons e prótons juntos no núcleo, e que pode ser liberada por uma reação de fissão nuclear ou por decaimento radioativo; o que resume bem o que foi visto até agora, certo?

Adicionalmente, quando estudamos o funcionamento do reator nuclear, vimos que a energia liberada pela fissão do núcleo do átomo do urânio pode ser utilizada para a geração de eletricidade. Mas cabe aqui fazer um adendo: a energia nuclear também pode ser utilizada para outros fins pacíficos, por exemplo, movimentar navios, como é o caso do famoso Otto Hahn, da Alemanha, e submarinos, como o USS Dallas (SSN-700), dos Estados Unidos. Além disso, a radiação pode ser utilizada na indústria e na medicina.

Na medicina, radioisótopos ou radiofármacos com tempo de vida relativamente curto podem ser utilizados em atividades diagnósticas, com o auxílio de métodos radiológicos, para avaliar o funcionamento e a morfologia de órgãos, fornecendo informações

importantes sobre o seu comportamento metabólico e sobre as diversas patologias que acometem o ser humano. Entre os exames realizados pela medicina nuclear destacam-se as análises de funcionamento do cérebro, coração, fígado, dos rins, pulmões, da tireoide, a avaliação de doenças ósseas e o diagnóstico e tratamento de tumores (HUAP, [s.d.]). Como exemplos de radiofármacos, temos o tecnécio-99, utilizado em análises diagnósticas, e o samário-153, utilizado no tratamento de dor óssea.

Outras aplicações das fontes radioativas estão na agronomia, em que são utilizadas no controle de pragas e no estudo do metabolismo vegetal; na paleontologia, para o estudo da idade dos fósseis; e na indústria, onde podem ser utilizadas no controle da qualidade de peças metálicas, detectando fissuras, e na verificação de possíveis "fadigas" em partes metálicas ou soldas. Na indústria farmacêutica, as fontes radioativas podem ser utilizadas para esterilizar materiais como ponteiras plásticas, seringas, gaze e luvas cirúrgicas.

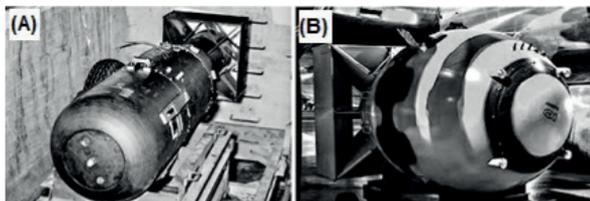
Esses exemplos demonstram as diversas aplicações da tecnologia nuclear e o nosso país praticamente domina essa tecnologia. Mas, quanto às usinas nucleares no Brasil, ainda existe grande resistência da população, de ambientalistas e especialistas à construção de novas usinas no país por causa de nosso amplo potencial energético; embora estimativas apontem para um aumento da importância dessa fonte na geração de eletricidade futuramente, como veremos adiante.



## Assimile

Além das finalidades pacíficas, a energia nuclear pode ser utilizada para a fabricação de bombas (Figura 3.8). Sua força de destruição é imensa e ao longo da história foi responsável por dizimar milhares de vidas, como no caso dos atentados de Hiroshima (6 de agosto de 1945) e Nagasaki (9 de agosto de 1945), no Japão.

Figura 3.8 | Foto das bombas atômicas Little Boy (A), lançada em Hiroshima e Fat Man (B), lançada em Nagasaki

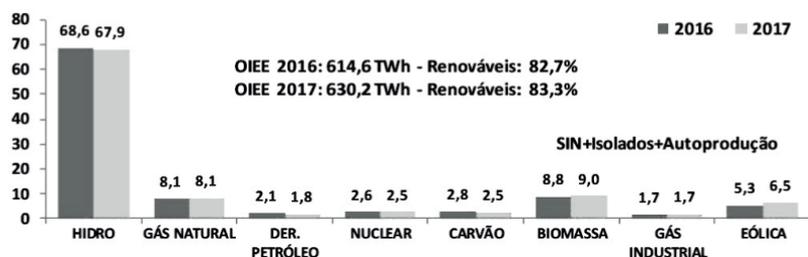


Fonte: (A) <<http://www.atomicarchive.com/Photos/LBFM/image3.shtml>>; (B) <<http://www.williammaloney.com/Aviation/USAFMuseum/WWII/BocksCarBoeingB29/pages/17FatMan.htm>>. Acesso em: 2 jul. 2017.

O receio da comunidade internacional com relação aos danos que as armas nucleares poderiam causar em casos de guerra fez com que, em 1970, surgisse o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP), sendo o Brasil signatário. Nosso país também faz parte do Tratado para a Proscrição de Armas Nucleares na América Latina e no Caribe (Tratado de Tlatelolco) e do Tratado de Proibição Completa dos Testes Nucleares.

No mundo industrializado, a matriz energética brasileira é a mais renovável, e a fonte nuclear (não renovável), atualmente, tem uma participação média de 2,5% na oferta interna de energia elétrica (Figura 3.9), que representa a demanda brasileira de energia (MME, [s.d.]). No mundo, as usinas nucleares forneceram 11% da produção de energia elétrica em 2014 e, em 2016, um total de 13 países dependeram desse tipo de energia para fornecer ao menos ¼ de sua eletricidade total (NEI, 2017).

Figura 3.9 | Comparação da oferta interna de energia elétrica de 2016 e 2017, por fonte (%)



\*DER= Derivados.

Fonte: MME (2017, p. 1).

Segundo dados da Eletrobras (2016), dos 441 reatores nucleares em operação até 2015 no mundo – sendo a maioria (282) do tipo PWR –, 99 eram propriedade dos Estados Unidos da América, seguido da França (58), Japão (43), Rússia (34) e China (31), tendo o Brasil dois reatores em operação, cuja capacidade elétrica líquida total é de 1884 MWe (megawatt), possuindo mais um em construção (1245 MWe) em Angra 3.

Em 2016 existiam mais de 40 países com interesse em possuir a tecnologia nuclear (ELETROBRAS, 2016) e, em 2017, segundo o Sistema de Informação de Reatores (PRIS) da IAEA (*International Atomic Energy Agency* ou Agência Internacional de Energia Atômica), já existem 447 reatores de energia nuclear em operação no mundo

(mais que 2016), com capacidade líquida total instalada de 391067 MWe e 60 em construção, com capacidade de 59917 MWe.

Atualmente, o maior número das plantas de energia nuclear está distribuído principalmente entre Europa ocidental, extremo oriente da Ásia e América do Norte (PRIS, 2017; NEI, 2016). Um fato interessante é que a maioria dos reatores em construção no mundo recebeu financiamento estatal, até como uma forma de manter o alto nível de controle desse tipo de atividade.



### Assimile

A IAEA é um centro internacional para a cooperação sobre as questões nucleares. Trabalha em todo o mundo junto aos seus membros para promover o uso seguro e pacífico desse tipo de tecnologia. Atualmente conta com mais de 160 países membros, tendo o Brasil aderido à IAEA em 1957, ano em que a agência foi criada. Ela também fornece assistência e informação aos países que pretendem fazer o uso da energia nuclear.



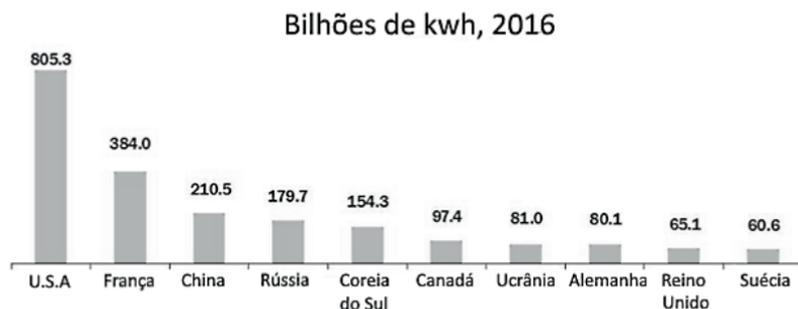
### Pesquise mais

As primeiras páginas do documento a seguir falam um pouco mais sobre a IAEA, sua história, missão, localização e relação com a Assembleia Geral da ONU (Organização das Nações Unidas). Aprofunde a sua leitura!

ROMANO, Ana Carolina de Paula et al. **Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA):** guia de estudos. 2014. Disponível em: <<http://sinus.org.br/2014/wp-content/uploads/2013/11/AIEA-Guia-Online.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

Em nível mundial, o Brasil é responsável por 0,58% da geração de energia por fonte nuclear e os Estados Unidos lideram o *ranking*, sendo responsável por 33% da geração total, seguido da França, que é responsável por 17,34% (ELETROBRAS, 2016). Esses dois últimos países, juntos com a China, Rússia, Coreia do Sul, Canadá, Ucrânia, Alemanha, o Reino Unido e a Suécia, respectivamente, estão no top 10 mundial da geração de energia nuclear, segundo o *Nuclear Energy Institute* (NEI) – traduzido como Instituto de Energia Nuclear – Figura 3.10.

Figura 3.10 | Os 10 principais produtores de energia nuclear no mundo em 2016



Fonte: adaptada de <<https://www.nei.org/Knowledge-Center/Nuclear-Statistics/World-Statistics/Top-10-Nuclear-Generating-Countries>>. Acesso em: 1 jun. 2017.



### Refleta

Mesmo após o acidente de Fukushima, em 2011 (cujos detalhes veremos adiante), levando em conta o contexto em que a sociedade global se encontra atualmente, está claro que a energia nuclear permanecerá como uma importante opção para muitos países (IAEA, 2015). Mas quais seriam as vantagens desse tipo de fonte energética, considerada por alguns tão perigosa e por outros tão promissora?

No mundo globalizado em que vivemos, uma das grandes consequências geradas pelo uso de fontes energéticas fósseis é a mudança climática. Ao mesmo tempo, existe uma demanda crescente do consumo energético, exigindo-se cada vez mais oferta de energia em larga escala, como a elétrica, para movimentar as indústrias, os comércios, garantir a saúde, comunicação, os serviços públicos e o crescimento da população. Nesse contexto, a tecnologia nuclear tem ganhado destaque por, segundo os seus defensores, (i) gerar grande quantidade de calor e (ii) não emitir GEEs (Gases de Efeito Estufa), o que poderá contribuir significativamente para a redução desses gases na atmosfera e garantir a continuidade do desenvolvimento social e econômico no futuro.

A estimativa da IEA é a de que a demanda global por energia cresça 37% até 2040, com aumento concentrado na Ásia (60%), África, Oriente Médio e América Latina, sendo a China, até o início da década de 2030, o país que mais consumirá fonte energética fóssil, junto com os Estados Unidos (IEA, 2014).

Até dezembro de 2015, a China era o país que apresentava o maior número de reatores nucleares em construção (24), com capacidade nuclear total líquida de 24128 MWe (ELETROBRAS, 2016). Até 2040, a capacidade global da energia nuclear também tenderá a crescer e a China poderá representar 45% desse crescimento, com a Índia, Coreia do Sul e Rússia, representando em conjunto 30% (IEA, 2014).

No Brasil, um estudo prospectivo da oferta e demanda de energia elétrica em um horizonte de cinquenta anos (até 2060) realizado por Mafra et al. (2013) demonstrou que se fosse estendido o planejamento energético oficial existente no país (cenário básico), a energia nuclear estaria entre as quatro fontes primárias que atenderiam a demanda das centrais de serviço público, junto com as fontes hídricas, térmicas convencionais e outras renováveis (eólica e fotovoltaica), atrás apenas da fonte hídrica. Segundo os autores, no horizonte de 50 anos do estudo, energia nuclear, gás natural, energia eólica e xisto estariam adquirindo maior relevância quando comparado aos dias de hoje.

Desse modo, é possível perceber que além das perspectivas do crescimento dessa fonte de energia, ela está, como apontado no relatório de 2015 da IAEA, entre as fontes e tecnologias disponíveis atualmente que poderiam ajudar a enfrentar o desafio das mudanças climáticas, assim como alcançar as metas estabelecidas em Copenhague no ano de 2009, em que chefes de Estado, de governo, ministros e demais chefes das delegações presentes na Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima concordaram em realizar cortes das emissões globais de GEEs e que o aumento da temperatura global não deve ultrapassar 2 °C.

Em contrapartida, ambientalistas enfatizam que isso não é bem verdade. O Greenpeace, por exemplo, por meio do relatório intitulado *Cortina de Fumaça: emissões de CO<sub>2</sub> e outros impactos da energia nuclear* (2007), ressalta que se consideradas todas as etapas da cadeia nuclear (como extração de urânio, construção das usinas e o seu descomissionamento), as emissões indiretas de CO<sub>2</sub> (grande responsável pelo aquecimento global) são superiores às geradas pela fonte energética hídrica, fotovoltaica, de biomassa e eólica; o que tornaria essa fonte energética não tão limpa assim.

Voltando ao ocorrido na cidade de Fukushima, esse foi apenas um dos grandes acidentes em usinas nucleares que ocorreram ao redor do mundo, segundo a IAEA (2012), e que veremos com

mais detalhes adiante, seguindo a ordem cronológica dos fatos. Abordaremos três acidentes: os ocorridos nas usinas de Three Mile Island, Cherbonyl e Fukushima.

O primeiro deles, na usina de Three Mile Island, ocorreu próximo à cidade de Harrisburg, nos Estados Unidos. É considerado o mais grave acidente nuclear do país e ocorreu no dia 28 de março de 1979, época em que a energia nuclear era tida como uma grande ameaça.

Por causa de problemas elétricos e mecânicos, uma das bombas de água que contribuíam para o resfriamento do reator parou, fazendo com que a temperatura e a pressão do reator aumentassem consideravelmente. Após a abertura de uma válvula para baixar a pressão do sistema, houve liberação de gás dentro do edifício do reator. Como essa válvula não foi fechada, houve perda de água de resfriamento, aumentando bastante a temperatura do núcleo do reator. Depois de uma série de erros técnicos, cerca de dois milhões de litros de água radioativa vazaram dentro do prédio do reator, sendo que uma parte dela foi despejada em um rio chamado Susquehanna. Também houve liberação no ambiente de gases radioativos.

Agentes federais informaram na época que a usina tinha cometido 22 infrações de segurança, mas a usina negou as acusações. O acidente atingiu nível 5 na escala internacional de eventos nucleares e radiológicos, de um total de 7 níveis. O governador da época solicitou que mulheres grávidas e crianças que habitassem até 10 km da usina deixassem a área. Após o acidente houveram protestos contra a proliferação de usinas nucleares. Nenhuma morte humana foi ligada diretamente ao ocorrido.



### Exemplificando

Em uma escala de 1 até 7, a IAEA estabeleceu a Escala Internacional de Eventos Nucleares e Radiológicos (INES – *International Nuclear and Radiological Event Scale*), classificando os acidentes ou eventos em diferentes níveis, conforme a Figura 3.11.

Figura 3.11 | Escala internacional de eventos nucleares e radiológicos, segundo a IAEA



Fonte: adaptada de <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:International\\_Nuclear\\_Event\\_Scale\\_Triangle\\_en.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:International_Nuclear_Event_Scale_Triangle_en.svg)>. Acesso em: 2 jun. 2017.

No dia 26 de abril de 1986 ocorreu o desastre da Central Nuclear de Chernobyl, na Ucrânia. Ele atingiu o número 7 na escala de eventos nucleares e radiológicos. Na época do acidente existiam quatro reatores em operação na usina e mais dois em construção, e o acidente ocorreu após testes de segurança malsucedidos no reator número 4.

Resumidamente, houve uma redução brusca da potência do gerador, que ficou instável e deveria ter sido desligado, mas não foi, e normas de segurança foram ignoradas, dando continuidade aos testes. Além de falhas humanas, a instabilidade no interior do reator não constou no painel de controle durante o procedimento, houve evaporação de água e o combustível superaqueceu. Adicionalmente a uma elevação inesperada de potência e uma tentativa malsucedida de refrigeração emergencial, houve uma explosão que liberou um fluxo de vapor radioativo envolta da usina e formou uma coluna radioativa de cerca de 1 km que se espalhou com os ventos, cobrindo a cidade de Pripjat (hoje uma cidade fantasma), a vizinha Bielorrússia, passando pela Europa oriental e Escandinávia (GILDING, 2014).

Após a explosão foram detectados níveis de radiação 600 mil vezes superiores ao considerado inofensivo aos humanos, cidades foram evacuadas, plantações, fauna e flora da região foram contaminadas

e somente após dias é que o acidente foi oficialmente comunicado. Hoje, para deter a radiação, um sarcófago blindado cobre a unidade do reator 4 da usina. Foram gastos bilhões de dólares para sua construção.

Segundo o Greenpeace (2015), de um total de 600, 28 trabalhadores da usina morreram em decorrência do desastre e 106 foram contaminados, foram registrados 6 mil casos de câncer de tireoide relacionados ao acidente e 600 mil trabalhadores e muitos bilhões de dólares foram gastos nos trabalhos de limpeza. Segundo a organização, o ocorrido também gera polêmicas e colocaria em xeque os argumentos que dizem que essa fonte de energia é limpa e segura, somado ao fato de que ainda não existe uma solução permanente para o lixo nuclear que é produzido.

Dos acidentes envolvendo instalações nucleares, o de Fukushima é o mais recente. Ocorreu no dia 11 de março de 2011, período da tarde, durante um terremoto de 9,0 graus na escala Richter, gerando um tsunami que atingiu a região da usina, também povoada por outras instalações industriais e residências. Após o tsunami atingir a costa nordeste do Japão e, conseqüentemente, Fukushima, o seu sistema de resfriamento emergencial, antes acionado por causa da falta de fornecimento de energia, foi inviabilizado, danificando os reatores, o que ocasionou a explosão e outros danos severos. Uma área de 20 km da usina foi evacuada e o plano de emergência nuclear se deu em paralelo à destruição causada pelo terremoto, que matou milhares de pessoas e deixou outros milhares desaparecidos. Foi um verdadeiro caos.

Segundo a IAEA, estima-se que foi liberado 10% da radiação de Cherbonyl nesse acidente, classificado no nível 7 da escala INES. Não houveram mortes diretas relacionadas a ele, a população voltou para as suas residências no mesmo ano do acidente e o governo japonês desenvolveu de maneira exemplar a evacuação da área próxima aos reatores. Porém, a IAEA salienta que ocorreu na época uma subestimação dos riscos advindos de catástrofes naturais.

Após Fukushima, governos de outros países que utilizam a energia nuclear revisaram as suas diretrizes para que acidentes desse tipo não ocorram em seus territórios. Segundo a Eletrobras (2016), as ações foram concentradas principalmente na estrutura regulatória; avaliação da resistência sísmica da central; verificação

das defesas para enchentes e tsunamis; instalação de geradores diesel de emergência, quando necessário; verificação das bombas de refrigeração de emergência; verificação da refrigeração da piscina dos elementos combustíveis usados; verificação da instrumentação da piscina dos elementos combustíveis; instalação de recombinadores de hidrogênio; instalação de ventilação especial na contenção; criar procedimentos para gestão de acidentes severos; avaliação de acidentes múltiplos para centrais com mais de um reator.



### Exemplificando

Embora não seja um acidente relacionado à usina nuclear, cabe lembrar um evento marcante que ocorreu no cenário brasileiro envolvendo fonte de radiação, o acidente de Goiânia, com Césio-137, em 1987; classificado no nível 5 da Escala INES (INES [s.d]). Na ocasião, dois amigos abriram a cápsula de chumbo de um aparelho contendo material radioativo (pó de Césio), que estava em um prédio abandonado. Por causa de sua aparência, muitos curiosos procuraram conhecer o pó misterioso que brilhava no escuro, e acabaram involuntariamente disseminando o pó radioativo. Relacionadas a esse evento foram registradas quatro mortes logo após o ocorrido, mas estima-se que mais de 600 pessoas foram contaminadas.



### Pesquise mais

Saiba mais sobre o acidente radiológico com Césio-137 em Goiânia. Acesse e leia o artigo sugerido a seguir.

CHEMELLO, E. Césio 137: a tragédia radioativa do Brasil. **Química Virtual**, p. 1-3, 2010. Disponível em: <<http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2010agosto-cesio137.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

## Sem medo de errar

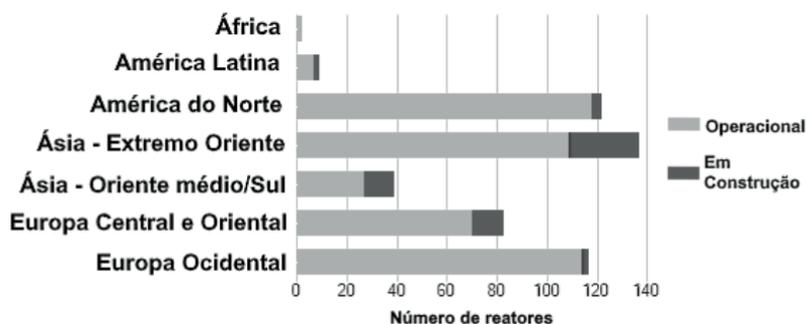
Vamos, agora, retornar aos questionamentos do item *Diálogo aberto*, para que você possa ter os argumentos necessários para completar a sua análise sobre energia nuclear.

Com relação aos dois primeiros – “Quantos reatores atualmente existem em operação no mundo?”; “E em construção, quantos existem?” –, vimos que, atualmente, 447 reatores de energia nuclear

operam e mais 60 estão em construção segundo o Sistema de Informação de Reatores (PRIS) da IAEA (*International Atomic Energy Agency* ou Agência Internacional de Energia Atômica).

Adicionalmente, você pode completar o raciocínio informando aos alunos que, regionalmente, os reatores em operação encontram-se distribuídos majoritariamente na América do Norte (principalmente EUA), seguido da Ásia (extremo oriente) e Europa Ocidental, ao passo que os em construção encontram-se localizados majoritariamente na região do extremo oriente da Ásia (principalmente China), como é possível verificar na Figura 3.12, que pode se tornar um ótimo exemplo didático para mencionar essas informações aos alunos durante o último encontro presencial da semana acadêmica.

Figura 3.12 | Distribuição regional das plantas de energia nuclear



Fonte: <<https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

Quanto ao terceiro e quarto pontos – “Qual é a participação da fonte nuclear na oferta interna de energia elétrica do Brasil?”; “Em nível mundial, qual é a contribuição do nosso país na geração de energia por fonte nuclear?” –, você pode ressaltar que no Brasil a fonte nuclear, atualmente, tem participação média de 2,5% na oferta interna de energia elétrica e que tem participação modesta no mercado nuclear mundial, sendo responsável por apenas 0,58% da geração de energia por fonte nuclear.

Avançando para os dois últimos pontos, relacionados aos acidentes nucleares que marcaram a história, você deve se basear nos seguintes dados; que devem ser melhor complementados durante a sua aula:

1º Acidente da usina nuclear de Three Mile Island, considerado o mais grave acidente nuclear dos Estados Unidos. Ocorreu no dia 28 de março de 1979, por causa de problemas elétricos e mecânicos que

fizeram com que uma das bombas do sistema de resfriamento do reator parasse de funcionar, desencadeando uma série de problemas, seguidos de erros técnicos e infrações de segurança. Classificação na Escala Internacional de Eventos Nucleares e Radiológicos da Agência Internacional de Energia Atômica (Escala INES): nível 5.

2º Acidente da Central Nuclear de Chernobyl, Ucrânia, ocorrido em 26 de abril de 1986. Causa: teste de segurança malsucedido que gerou instabilidade do reator, ocasionando uma grande explosão. Este é considerado o maior acidente em instalações nucleares da história, e atingiu o nível 7 da escala INES.

3º Acidente de Fukushima, ocorrido no dia 11 de março de 2011, durante um terremoto de 9,0 graus na escala Richter. É classificado como nível 7 na escala INES.



### Pesquise mais

Para tornar a sua apresentação ainda mais interessante e atrativa, sugerimos apresentar o vídeo a seguir, relacionado ao maior acidente da história da indústria nuclear, o ocorrido em Chernobyl.

Acidente Nuclear Chernobyl – 30 anos. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=jslHCA19kWg>>. Acesso em: 3 jul. 2017.

## Avançando na prática

### Instalações nucleares: vantagens e desvantagens

#### Descrição da situação-problema

Você foi convidado para compor uma mesa-redonda cujo assunto central é as perspectivas sobre o uso da energia nuclear: prós e contras. Você deverá iniciar a sua apresentação partindo dos seguintes pontos:

1. Qual seria a principal vantagem da utilização da energia nuclear, em longo prazo?
2. Qual é a principal crítica ao uso da energia nuclear, principalmente quanto às instalações nucleares, utilizadas para geração de eletricidade?

Agora é com você! Baseando-se no que vimos até agora (em toda a disciplina), como você abordaria esses dois pontos?

## Resolução da situação-problema

Como vimos no item *Não pode faltar* desta seção, estamos em um momento da história em que a sociedade global sofre com os efeitos das mudanças climáticas.

Recordando o que vimos na segunda seção da Unidade 1, as atividades humanas relacionadas aos GEEs antrópicos estão fazendo que ocorra o aquecimento anormal da superfície do planeta por causa da intensificação do efeito estufa, sendo o **CO<sub>2</sub>** o grande vilão.

Esse gás é advindo das queimadas de florestas e fontes fósseis (carvão, petróleo e gás natural) e, por causa da sua grande concentração na atmosfera nas últimas décadas, cada vez mais absorve radiação infravermelha e a reemite, em parte, para a superfície terrestre/aquática, aquecendo-a cada vez mais e alterando o clima.

Isso tem gerado grande questionamento por parte da comunidade científica, que reconhece que as mudanças climáticas são, atualmente, um dos maiores desafios ambientais, sendo esses os argumentos favoráveis à utilização da energia nuclear em uma sociedade que consome cada vez mais energia e exige mais a sua oferta para movimentar as indústrias, os comércios, garantir a saúde, comunicação, os serviços públicos e o seu crescimento em geral. São eles:

1. A energia nuclear gera grande quantidade de calor, o que capacita o seu uso em larga escala para geração de energia.
2. Ela não emite GEEs, o que poderá contribuir para a redução desses gases na atmosfera, mitigar os seus efeitos e garantir a continuidade do desenvolvimento social e econômico no futuro.
3. Devido aos dois argumentos anteriores, essa fonte contribuirá para que acordos internacionais possam ser alcançados, como o de Copenhague, que entre os seus objetivos visa o controle da emissão de gases de efeito estufa.

Em contrapartida, a principal crítica com relação à energia nuclear é quanto à segurança do meio ambiente. Isso porque:

1. Ao longo da história grandes desastres nucleares ocorreram, cujas consequências foram catastróficas; como nos casos das instalações de Three Mile Island, Chernobyl e Fukushima, colocando em xeque os argumentos que dizem que essa fonte de energia é limpa e segura.
2. Ainda não existe uma solução permanente para o lixo nuclear

que é produzido nas usinas.

## Faça valer a pena

**1.** Podemos dizer que a matriz energética brasileira apresenta grande percentual de fontes (1) \_\_\_\_\_, sendo o (a) (2) \_\_\_\_\_ o (a) que teve maior participação na oferta interna de energia elétrica em 2016 e 2017. A fonte nuclear, atualmente, tem uma participação média de (3) \_\_\_\_\_.

Escolha a alternativa a seguir que apresenta os três termos que preenchem corretamente as lacunas do texto-base.

- a) (1) não renováveis; (2) petróleo; (3) 11%.
- b) (1) renováveis; (2) hidráulica; (3) 2,5%.
- c) (1) renováveis; (2) biomassa; (3) 2,4%.
- d) (1) não renováveis; (2) hidráulica; (3) 2,4%.
- e) (1) renováveis; (2) hidráulica; (3) 3,4%.

**2.** No mundo, as usinas nucleares forneceram 11% da produção de energia elétrica em 2014 e, em 2016, um total de 13 países dependeram desse tipo de energia para fornecer ao menos  $\frac{1}{4}$  de sua eletricidade total (NEI, 2017). Qual é o país que mais contribui para a geração de energia por fonte nuclear, atualmente?

- a) França.
- b) Rússia.
- c) Índia.
- d) Estados Unidos.
- e) Brasil.

**3.** Segundo a IEA (*International Energy Agency* ou Agência Internacional de Energia), a estimativa é a de que a demanda global por energia crescerá 37% até 2040, junto com a capacidade global da energia nuclear.

Qual será o país que representará a maior demanda por energia nuclear até 2040?

- a) França.
- b) Brasil.
- c) Rússia.
- d) Coreia do Sul.
- e) China.

# Referências

IAEA. Agência Internacional de Energia Atômica. **Concretos**. In: SIMULAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES INTERNACIONAIS, 17. Natal: SOI, 2017.

\_\_\_\_\_. **Climate change and nuclear power 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www.pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CCANP2015Web-78834554.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **The international nuclear and radiological event scale**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.iaea.org/sites/default/files/ines.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2017.

BETZ, M. E. M. **Fissão nuclear: por que se usa o urânio?** 2015. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1292>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

BOTKIN, D. B.; KELLER, E. A. **Ciência ambiental: Terra, um planeta vivo**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

\_\_\_\_\_. **Emenda Constitucional nº 49, de 8 de fevereiro de 2006**. Altera a redação da alínea b e acrescenta alínea c ao inciso XXIII do caput do art. 21 e altera a redação do inciso V do caput do art. 177 da Constituição Federal para excluir do monopólio da União a produção, a comercialização e a utilização de radioisótopos de meia-vida curta, para usos médicos, agrícolas e industriais. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/Emendas/Emc/emc49.htm#art1](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Emendas/Emc/emc49.htm#art1)>. Acesso em: 17 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962**. Dispõe sobre a política nacional de energia nuclear, cria a Comissão Nacional de Energia Nuclear, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4118.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4118.htm)>. Acesso em: 17 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 10.308, de 20 de novembro de 2001**. Dispõe sobre a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10308.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10308.htm)>. Acesso em: 17 jun. 2017.

CHEMELLO, E. Césio 137: a tragédia radioativa do Brasil. **Química Virtual**, p. 1-3, 2010. Disponível em: <<http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2010agosto-cesio137.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NE 1.21: Manutenção de Usinas Nucleoelétricas**. 1991. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm121.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Norma CNEN NE 1.26: Segurança na operação de usinas nucleoeletricas**. 1997. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm126.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Norma CNEN NN 3.01: Diretrizes básicas de proteção radiológica**. 2014a. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Norma CNEN NN 8.02:** Licenciamento de depósitos de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação. 2014b. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/segurancanormas/pdf/Nrm802.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Entendendo um pouco sobre as doses de radiação e a sua unidade de medida Sievert.** [s.d.]a. Disponível em: <[http://www.cnen.gov.br/noticias/documentos/entendendo\\_radiao.pdf](http://www.cnen.gov.br/noticias/documentos/entendendo_radiao.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Perguntas frequentes.** [s.d.]b. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/perguntas-frequentes#31>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Glossário de termos usados em energia nuclear.** [s.d.]c. Disponível em: <[http://www.cnen.gov.br/noticias/documentos/glossario\\_tecnico.pdf](http://www.cnen.gov.br/noticias/documentos/glossario_tecnico.pdf)>. Acesso em: 3 jun. 2017.

ELETRONUCLEAR. **Critérios de segurança adotados para as usinas nucleares Angra 1, Angra 2 e Angra 3.** 2011a. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/LinkClick.aspx?fileticket=Du9hc2tTMpk%3D&tabid=117>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Esclarecimentos sobre as diferenças entre as usinas do tipo PWR, existentes no Brasil, e as BWR, de Fukushima Daiichi, no Japão.** 2011b. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/Not%C3%ADcias/NoticiaDetalhes.aspx?NoticialD=321>>. Acesso em: 2 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Gerenciamento de resíduos radioativos.** [s.d.]. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/Saibamais/Gerenciamentoderes%C3%ADduos/Res%C3%ADduosradioativos.aspx>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Panorama da energia nuclear no mundo.** 2016. Disponível em: <[http://www.eletronuclear.gov.br/LinkClick.aspx?fileticket=5G\\_9CnL80wM%3d&tabid=406](http://www.eletronuclear.gov.br/LinkClick.aspx?fileticket=5G_9CnL80wM%3d&tabid=406)>. Acesso em: 1 jul. 2017.

FAT man atomic bomb. Disponível em: <<http://www.williammaloney.com/Aviation/USAFMuseum/WWII/BocksCarBoeingB29/pages/17FatMan.htm>>. Acesso em: 2 jul. 2017.

GEEKIE GAMES. Química. [s.d.] Disponível em: <<https://geekiegames.geekie.com.br/aulas/quimica/periodo-de-meia-vida-e-radioisotopos-5511f8ab4722b900120151cc>>. Acesso em: 28 maio 2017.

GILDING, P. **A grande ruptura:** como a crise climática vai acabar como o consumo e criar um novo mundo. Rio de Janeiro: Apicuri, 2014. 330p.

GREENPEACE. **Cortina de fumaça:** as emissões de gases estufa e outros impactos da energia nuclear. 2007. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/report/2007/12/cortina-de-fuma-a.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Desastre nuclear de Chernobyl completa 29 anos.** 2015. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/Desastre-nuclear-de-Chernobyl-completa-29-anos/>>. Acesso em: 1 jul. 2017.

HUAP. Hospital Universitário Antônio Pedro. **O que é Medicina Nuclear?** [s.d.]. Disponível em: <<http://www.huap.uff.br/medicinanuclear/content/o-que-e-medicina-nuclear>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Montagem do elemento combustível.** [s.d.]. Disponível em: <<http://www.inb.gov.br/pt-br/Nossas-Atividades/Ciclo-do-combustivel-nuclear/Montagem-do-Elemento-Combust%C3%ADvel>>. Acesso em: 31 maio 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World energy outlook 2014**: executive summary. 2014. Disponível em: <[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO\\_2014\\_ES\\_English\\_WEB.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO_2014_ES_English_WEB.pdf)>. Acesso em: 1 jul. 2017.

LITTLE Boy Bomb. Disponível em: <<http://www.atomicarchive.com/Photos/LBFM/image3.shtml>>. Acesso em: 2 jul. 2017.

MAFRA, O, Y. et al. Projeção das energias primárias na geração de eletricidade com avaliação da demanda e oferta de energia, em horizonte de médio prazo (2020), longo prazo (2035) e muito longo prazo (2060). **Economia & Energia**, [s.l.], ano XVII, n. 89, jan./mar. 2013. Disponível em: <<http://ecen.com/eee89/eee89p/Proj%20Energia%20Primaria.htm#>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Boletim mensal de energia**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138787/7994286/Boletim+Mensal+de+Energia+jan+2017.pdf/f9f255a3-7c0e-491d-8f6a-672907692b77>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

NEI. Nuclear Energy Institute. **Nuclear energy around the world**. 2017. Disponível em: <<https://www.nei.org/Knowledge-Center/Nuclear-Statistics/World-Statistics>>. Acesso em: 1 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Nuclear units under construction worldwide**. 2016. Disponível em: <<https://www.nei.org/Knowledge-Center/Nuclear-Statistics/World-Statistics/Top-10-Nuclear-Generating-Countries>>. Acesso em: 1 jul. 2017.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142013000100014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100014)>. Acesso em: 19 ago. 2017.

PERUZZO, J. **Fundamentos de energia nuclear**. Irani: Edição do autor. 2012. 485 p.

PORTAL BRASIL. **Depósito definitivo para rejeitos radioativos será escolhido por meio de licitação até 2018**. 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/governo/2011/07/deposito-definitivo-para-rejeitos-radioativos-sera-escolhido-por-meio-de-licitacao-ate-2018>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

POWER REACTOR INFORMATION SYSTEM. **Power Reactor Information System (PRIS)**: 2017. Disponível em: <<https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

ROMANO, Ana Carolina de Paula et al. **Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA)**: guia de estudos. 2014. Disponível em: <<http://sinus.org.br/2014/wp-content/uploads/2013/11/AIEA-Guia-Online.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

SILVA, P. H. P. **Processo de beneficiamento do urânio visando a produção de energia elétrica**. Monografia (Centro de Ciências e Tecnologia)- Curso de Física - Universidade Estadual do Ceará, 2011.

TAUHATA, L. et al. **Radioproteção e dosimetria**: fundamentos. 10. rev. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2014. 344p

TECNOLOGIA RADIOLÓGICA. **Unidades e grandezas das radiações**. Disponível em: <[http://www.tecnologiaradiologica.com/materia\\_unidades\\_grandezas.htm](http://www.tecnologiaradiologica.com/materia_unidades_grandezas.htm)>. Acesso em: 28 ago. 2017.

# Fontes alternativas de energia e suas perspectivas

### Convite ao estudo

Olá, aluno! Como foi proveitoso seu estudo até aqui, não é mesmo? Nas unidades anteriores você aprendeu sobre os recursos naturais, a geração de energia, a organização do setor energético brasileiro e sobre as crises energéticas. Aprendeu também sobre as perspectivas, a legislação e os conceitos básicos referentes à energia nuclear, incluindo as suas consequências ambientais e para a saúde humana. Nesta quarta unidade, você terá a oportunidade de saber mais sobre os combustíveis fósseis, a dependência da sociedade moderna em relação a esses recursos e seus impactos ambientais e como é realizada a gestão ambiental desses combustíveis no Brasil. Conhecerá também a importância da diversificação da matriz energética, os diferentes tipos de energias renováveis e suas perspectivas futuras.

Para seu estudo ser mais dinâmico e prático, vamos propor uma situação para expandir seus conhecimentos e compreender como esse estudo pode ser aplicado em sua vida profissional.

Você, consultor de meio ambiente e desenvolvimento, foi procurado por uma indústria de automóveis que tem interesse em investir na sustentabilidade em relação à energia e ao meio ambiente. Nesse sentido, você foi contratado como consultor especialista na área para apresentar a melhor forma de atuação da indústria sobre essa questão. Atualmente, a empresa utiliza em sua indústria 40% da energia elétrica da concessionária local e 60% de energia gerada por fontes de combustíveis fósseis.

Dessa forma, você concluiu que deverá elaborar um relatório contendo as seguintes informações: a) o uso dos combustíveis fósseis e seus impactos; b) busca pela utilização

de fontes de energias alternativas e c) perspectivas dos setores de energia limpa.

No primeiro momento de sua consultoria, você foi indagado sobre: o que é combustível fóssil? Quais são os combustíveis fósseis? Onde são encontrados? Quais são os impactos causados por esses combustíveis? Quais são os órgãos responsáveis pela gestão ambiental desses recursos? Como a sustentabilidade poderá ser aplicada ao consumo de combustíveis fósseis?

Refleta sobre essas questões, durante esta unidade iremos estudá-las e você compreenderá o conceito, saberá quais são os combustíveis fósseis e como eles afetam a sociedade. Preparado? Bons estudos!

# Seção 4.1

## Combustíveis fósseis

### Diálogo aberto

Durante esta seção, vamos percorrer a temática dos combustíveis fósseis, apresentando os principais combustíveis e seus impactos no meio ambiente e sociedade.

A maior parte da energia consumida pela indústria de automóveis é de fonte de combustíveis fósseis, uma fonte de energia não renovável e que gera alto nível de poluição ao meio ambiente. Tendo em vista que seu cliente possui interesse em investir em sustentabilidade, você, com intuito de convencê-lo a investir em seu projeto que visa à substituição de fontes de combustíveis fósseis, deverá elaborar um primeiro relatório e uma apresentação para a indústria, explicando o que são os combustíveis fósseis e as desvantagens de seu consumo para a sociedade e o meio ambiente.

Com o aumento da conscientização ambiental da sociedade, cresceu a pressão sobre as indústrias para minimizarem os impactos ambientais gerados durante seus processos produtivos. A maior parte da energia consumida pela indústria de automóveis é gerada por fontes de combustíveis fósseis, uma fonte de energia não renovável e que gera alto nível de poluição do meio ambiente. Você, como consultor, deverá por meio do relatório e da apresentação convencer seu cliente a investir na substituição dos combustíveis fósseis por fontes de energias renováveis na indústria.

Para tanto, em um primeiro momento, você deverá conceituar o que são combustíveis fósseis e os principais impactos ambientais causados durante sua extração até seu consumo na indústria. Dessa forma, seu cliente estará ciente dos danos ao meio ambiente causados pela indústria e poderá tomar a decisão de investir nesse projeto.

Você sabia que quando uma empresa investe em projetos de melhoria ambiental, aumenta sua competitividade no mercado, melhora sua relação com a sociedade, clientes, fornecedores e investidores? Isso mesmo, essas são algumas das vantagens das empresas em investir nas questões ambientais.

Para a elaboração do seu relatório e apresentação, será necessário que mostre ao seu cliente o conceito de combustíveis fósseis, em que são encontrados os impactos causados por esses combustíveis e os órgãos responsáveis pela gestão ambiental desses recursos no país. Como você poderá fazer isso para uma empresa? Quais são os principais aspectos que deverão ser ressaltados?

Refleta sobre essas questões, durante esta seção iremos estudá-las e você compreenderá o conceito, quais são os combustíveis fósseis e como eles afetam a sociedade.

## **Não pode faltar**

Os combustíveis fósseis são compostos de carbono, considerados recursos naturais não renováveis, que originam-se a partir da decomposição da matéria orgânica e seu processo de formação ocorre em milhões de anos. Esses combustíveis são extraídos de áreas profundas do solo e do mar, e são direcionados para geração de energia térmica e elétrica e fins industriais.

A sociedade moderna é dependente dos combustíveis fósseis, segundo o Relatório de Energias Renováveis (REN 21, 2016), a energia elétrica gerada a partir dessas fontes não renováveis correspondente a 78,3% do total da energia produzida mundialmente. Embora os combustíveis fósseis sejam a principal fonte de energia no mundo, são responsáveis por graves impactos ao meio ambiente, danos à saúde da população e causa de problemas sociopolíticos.

A queima dos combustíveis fósseis emite gases poluentes e substâncias tóxicas na atmosfera, prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, sendo estes os principais poluidores da atmosfera, responsáveis pelo efeito estufa e aquecimento global. Alguns exemplos de combustíveis fósseis são petróleo, gás natural, xisto betuminoso e carvão mineral.

Além da problemática ambiental envolvendo os combustíveis fósseis, as questões energéticas refletem nos fatores políticos, principalmente nos países produtores de petróleo. Destacam-se as guerras no Oriente Médio, grandes exportadores de petróleo, causando impactos econômicos em escala mundial.



Os Estados Unidos têm somente 5% da população mundial, porém, em consequência do estilo de vida da população, utilizam mais de um quarto da oferta mundial de combustíveis fósseis. Somente os EUA, em nível mundial, queimam em torno de 25% do carvão, 26% do petróleo e 27% do gás natural. Nesse país, mais de 90% da sua poluição atmosférica é por causa da queima de combustíveis fósseis.

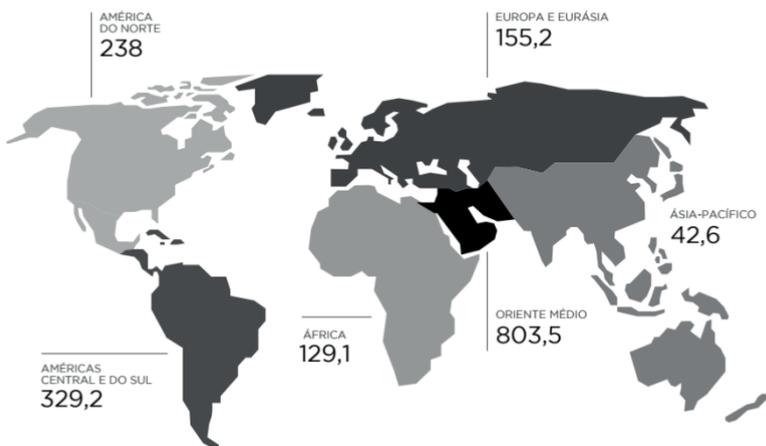
O combustível fóssil mais conhecido é o petróleo, trata-se de um líquido composto basicamente por hidrocarbonetos e contém uma pequena parcela de nitrogênio, enxofre e oxigênio. O petróleo pode ser dividido em dois grupos: leve e pesado. O primeiro trata-se do petróleo mais puro, contendo pouca presença de impurezas de enxofre e com maior quantidade de compostos orgânicos facilmente refináveis. O segundo refere-se ao petróleo menos valioso, com mais impurezas, sendo necessário maior investimento para o seu refino.

Uma vez extraído, o petróleo é encaminhado a refinarias onde passa pelo processo de separação da gasolina, óleo combustível, óleo diesel e outros compostos. Os produtos petroquímicos são direcionados às indústrias de produtos químicos, fertilizantes, plásticos, remédios, entre outros (BRAGA et al., 2005).

O principal impacto ambiental decorrente do petróleo são os vazamentos do óleo no ambiente durante o processo de extração, que provoca graves danos quando entra em contato com os recursos hídricos e solo. As consequências desses vazamentos, em sua maioria, podem ser irreversíveis, destruindo ecossistemas (fauna e flora), prejudicando a população que vive nos locais afetados.

Em 2015, as reservas de petróleo no mundo produziram 1,7 trilhão de barris, mantendo o mesmo percentual de 2014. O Oriente Médio, conforme exposto pela Figura 4.1, é a região em que se encontram as maiores reservas mundiais, mas não registrou crescimento em suas reservas de petróleo, que alcançaram 803,5 bilhões de barris (47,3% do total mundial). O Brasil ficou na 15ª posição no ranking mundial de reservas de petróleo, com a produção de 13 bilhões de barris (ANP, 2016).

Figura 4.1 | Reservas de petróleo, por regiões geográficas (bilhões/barris) em 2015



Fonte: <[http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario\\_Estatistico\\_ANP\\_2016.pdf](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2017. p. 30.



### Pesquise mais

Como vimos, os combustíveis fósseis são produzidos a partir de processos naturais, podem ser queimados e geram grande quantidade de energia. A energia dos combustíveis fósseis é determinante nas mudanças tecnológicas, econômicas, sociais, políticas e ambientais que vem acontecendo desde a Revolução Industrial. Assista ao vídeo *História dos combustíveis fósseis* e entenda as vantagens e desvantagens desses combustíveis. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=Sg2ihWBm\\_Vs](https://www.youtube.com/watch?v=Sg2ihWBm_Vs)>. Acesso em: 8 ago. 2017.

Outro combustível fóssil bastante conhecido é o gás natural, este gás é composto por diversos gases, predominando o gás metano e pequenas quantidades de butano e propano. O gás natural é um combustível inodoro, atóxico, incolor e mais leve que o ar. Na utilização do gás natural, os gases propano e butano são liquefeitos, produzindo assim o gás liquefeito de petróleo (GLP). O GLP é o gás utilizado nas cozinhas e indústrias. Esses gás é acondicionado e pressurizado em cilindros, principalmente em locais onde não existe rede de distribuição de gás.

Segundo a Agência Nacional do Petróleo – ANP (2016), no ano de 2015, as reservas mundiais de gás natural geraram 186,9 trilhões  $m^3$ . No ranking mundial, a primeira colocação é do Irã, com produção total

de 18,2% em relação à produção mundial, seguido pela Rússia, com 17,3% e Catar, com 13,1%. O Brasil ocupa a 36ª colocação do ranking mundial de exploração do gás natural.

O gás natural é considerado o combustível fóssil menos impactante ao meio ambiente, sua queima emite menor quantidade de gases poluentes, comparada a dos demais combustíveis. Entretanto, o vazamento desse gás durante sua exploração e queima contribui para o aquecimento global e pode causar danos à saúde e ao meio ambiente.

Um combustível fóssil que vem causando diversas discussões devido aos impactos ambientais decorrentes da sua exploração é o xisto betuminoso (Figura 4.2). Este combustível, também denominado como xisto de petróleo, trata-se de qualquer rocha que tenha elementos betuminosos sólidos, que a partir de um processo de aquecimento libera um líquido similar ao petróleo. A formação desse material é parecida com a do petróleo e gás natural, leva milhões de anos para se constituir por meio da decomposição de matéria orgânica, sem presença de oxigênio, geralmente nas profundidades de lagos e mares. Entretanto, durante sua constituição, a pressão e o calor não foram suficientes para produzir o hidrocarboneto líquido ou gasoso, por esse motivo os reservatórios são considerados não maduros. Segundo a ANP (2016), em 2015, o Brasil explorou 1,7 milhão de  $m^3$  de volume de xisto bruto.

Figura 4.2 | Rocha de xisto betuminoso bruto



Fonte: <<http://www.istockphoto.com/br/foto/schist-stones-gm629606244-112082335>>. Acesso em: 29 set. 2017.

O grande problema desse combustível é o impacto ambiental, o petróleo de xisto é extraído a partir da injeção de grandes quantidades de águas e produtos químicos com alta pressão sobre a rocha, podendo causar contaminação hídrica e dos solos, emissões de gases de enxofre e perigo de incêndios.

O carvão mineral, combustível fóssil também formado pela decomposição de matéria orgânica, é uma rocha de cor preta, composto em sua maioria por carbono. Esse combustível é encontrado no subsolo terrestre e extraído pelo sistema de mineração. Seu uso como fonte de energia em grande escala ocorreu durante a Revolução Industrial, século XVIII, e até atualmente é um dos combustíveis fósseis mais utilizados mundialmente na produção de energia.

Segundo a Companhia Riograndense de Mineração – CRM ((s.d.)), o carvão mineral produz 40% da produção de energia elétrica mundial. A China se destaca com aproximadamente 80% de sua energia elétrica gerada por meio desse combustível. No Brasil, cerca de 1,5% da energia é gerada por usinas termoelétricas a carvão.

O principal problema do uso do carvão mineral são os impactos socioambientais causados pelo seu processo de extração e consumo. A exploração destrói a vegetação, altera o habitat de ecossistemas e provoca imensas erosões, além do uso de substâncias químicas que podem causar contaminação hídrica. Durante o consumo do carvão mineral são emitidos na atmosfera gases como óxidos de enxofre e nitrogênio, responsáveis pelo efeito “*smog industrial*” e chuvas ácidas, bem como a liberação de dióxido de carbono, principal gás causador do efeito estufa.



### Pesquise mais

O efeito *smog* trata-se de uma poluição atmosférica formada por uma neblina composta por gases, fumaça e vapor d'água. Este efeito pode causar sérios danos à saúde, principalmente doenças respiratórias. Em 1952, uma frente fria chegou a Londres e teve a queima de mais carvão, houve inversão térmica causada pela densa massa de ar frio. O acúmulo de poluentes foi crescente, especialmente de fumaça e partículas do carvão que era queimado, ocorrendo, então, o efeito *smog*. Este resultou em doenças respiratórias e mortes de 4 mil a 8 mil pessoas.

Saiba mais assistindo ao vídeo *Grande impacto ambiental (nevoeiro de Londres)*. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=c7W6dhuM\\_uk](https://www.youtube.com/watch?v=c7W6dhuM_uk)>. Acesso em: 5 set. 2017.

Além dos diversos danos ao meio ambiente causados pela extração e uso dos combustíveis fósseis, existem os desastres ambientais decorrentes de acidentes de vazamento do petróleo e seus derivados.

Agora, estudaremos alguns acidentes causados por esses combustíveis. O primeiro trata-se do acidente em consequência da Guerra do Golfo, Kuwait, em 1991. Com o intuito de diminuir a oferta do petróleo, tropas iraquianas abriram válvulas dos poços do combustível, causando o derramamento de cerca de 240 milhões de galões de petróleo bruto no Golfo Pérsico. Este acidente causou danos irreversíveis ao ecossistema do Golfo.

O segundo acidente ocorreu no Golfo do México, em 2010, e é considerado o maior desastre acidental da história. Em consequência de um vazamento de gás durante o processo de exploração, ocorreu uma explosão na plataforma petroquímica. Este acidente causou a morte de 11 pessoas e acarretou no derramamento de cerca de 206 milhões de galões de petróleo. O acidente resultou em mais de mil quilômetros da costa atingida, impactos irreversíveis ao meio ambiente, ecossistemas e danos à população local de Louisiana, nos EUA.

No Brasil também ocorreram acidentes envolvendo vazamento de petróleo. Em 2000, no estado do Paraná, foram derramados em torno de quatro milhões de litros de óleo no Rio Iguazu durante o percurso do combustível por meio de um oleoduto, com destino a uma refinaria em Araucária, no estado do Paraná. Considerado um dos maiores acidentes envolvendo a Petrobras, devastou a fauna e flora local. No mesmo ano, ocorreu o derramamento de aproximadamente 1,3 milhões de litros de petróleo na baía da Guanabara, no Rio de Janeiro, acidente decorrente de um problema na tubulação da refinaria Duque de Caxias. Este desastre ambiental causou danos à fauna e à flora, atingiu áreas de proteção ambiental, além de prejudicar a população local.



### Reflita

Os combustíveis fósseis devem ser substituídos por outras fontes de energia? Por quê?

Os combustíveis fósseis são recursos naturais não renováveis, ou seja, são finitos, demoram milhões de anos para se constituir. Durante o processo de extração e utilização desses combustíveis são gerados

impactos significativos ao meio ambiente e à saúde humana. Os acidentes decorrentes do vazamento do petróleo causam danos ambientais irreversíveis.

A Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), criada em 1997 por meio da Lei nº 9.487, é o órgão responsável por fiscalizar as atividades de exploração e produção de petróleo e seus derivados no país. Entre suas atribuições estão a investigação de acidentes, emissão de pareceres sobre segurança operacional, coordenação de ações com agentes externos e formulação de diretrizes para fiscalização de instalações da indústria do petróleo, gás natural e biocombustíveis (ANP, 2016). A ANP atua em parceria com a Marinha do Brasil, com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e com os órgãos ambientais estaduais para envolver todos os fatores de segurança referentes às atividades de exploração e produção de petróleo e seus derivados.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2017), conforme a Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007, tem como principais atribuições:



**exercer o poder de polícia ambiental; executar ações das políticas nacionais de meio ambiente, referentes às atribuições federais, relativas ao licenciamento ambiental, ao controle da qualidade ambiental, à autorização de uso dos recursos naturais e à fiscalização, monitoramento e controle ambiental; e executar as ações supletivas de competência da União de conformidade com a legislação ambiental vigente. (BRASIL, 2007)**

De acordo com art. 6º da Instrução Normativa IBAMA nº 15, de 6 de outubro de 2014, o poluidor responsável por vazamento de petróleo ou produtos perigosos com atividades licenciadas ou autorizadas pelo Ibama deverá, obrigatoriamente, efetuar de forma imediata a comunicação do acidente, independentemente das medidas tomadas para seu controle.

Em 2013, foi instituído por meio do Decreto nº 8.127, de 22 de outubro de 2013 o Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional (PNC), este plano estabelece responsabilidades, define diretrizes e procedimentos com o objetivo de aumentar a eficiência de respostas em incidentes de poluição por óleo e diminuir os impactos ambientais e prejuízos à

saúde pública. O Ibama, juntamente com demais órgãos pertencentes à estrutura organizacional do PNC, dentre suas responsabilidades, orienta na estruturação de atividades relacionadas à prevenção e à resposta a incidentes de poluição por óleo e tem o objetivo de desenvolver, implantar e operar o Sistema de Informação Sobre Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional, instrumento para obter e disseminar informações sobre a situação do acidente e ações de prevenção e resposta a este (IBAMA, 2017).

Portanto, constata-se que os combustíveis fósseis estão presentes no nosso cotidiano e interferem em questões econômicas, políticas, sociais e ambientais. A sociedade, apesar dos impactos ambientais, ainda é extremamente dependente desses recursos naturais não renováveis e altamente poluidores, dessa forma, é necessário buscar fontes de energias renováveis, com menor potencial poluidor.



### Exemplificando

À medida que o carbono atmosférico é absorvido pelo oceano, a acidez da água aumenta. Esse fenômeno compromete o ecossistema marinho, causando impacto ambiental, social e econômico. Os danos socioeconômicos decorrem da dependência de pessoas que utilizam os recursos do mar para sua subsistência e fins financeiros.

## Sem medo de errar

Iremos agora refletir sobre as questões levantadas no item *Diálogo Aberto*. Para a elaboração do seu relatório e apresentação, será necessário que mostre ao seu cliente o conceito de combustíveis fósseis, em que são encontrados os impactos causados por esses combustíveis e os órgãos responsáveis pela gestão ambiental desses recursos no país. Como você poderá fazer isso para uma empresa? Quais são os principais aspectos que deverão ser ressaltados?

Primeiramente, é importante lembrar ao cliente que os combustíveis fósseis são compostos de carbono, considerados recursos naturais não renováveis, originam-se a partir da decomposição da matéria orgânica e seu processo de formação ocorre em milhões de anos. Esses combustíveis são extraídos de áreas profundas do solo e do mar e são direcionados para geração de energia térmica e elétrica e fins industriais. Os principais combustíveis fósseis são o petróleo, gás natural, xisto betuminoso e carvão mineral.

É importante que você ressalte que o principal impacto ambiental decorrente do petróleo são os vazamentos do óleo no ambiente, provocando graves danos quando entra em contato com os recursos hídricos e solo. As consequências dos vazamentos, em sua maioria, podem ser irreversíveis, destruindo ecossistemas, a fauna e flora e prejudicando a população que vive nos locais afetados. Já o gás natural é considerado o combustível fóssil menos impactante ao meio ambiente, sendo composto por diversos gases, predominando o gás metano.

O xisto betuminoso, também denominado como xisto de petróleo, trata-se de qualquer rocha que tenha elementos betuminosos sólidos, que a partir de um processo de aquecimento libera um líquido similar ao petróleo. O grande problema desse combustível é o impacto ambiental: o petróleo de xisto é extraído a partir da injeção de grandes quantidades de água e produtos químicos em alta pressão sobre a rocha, podendo causar contaminação hídrica e dos solos, emissões de gases de enxofre e perigo de incêndios.

O carvão mineral é atualmente é um dos combustíveis fósseis mais utilizados mundialmente na produção de energia. O principal problema do uso do carvão mineral são os impactos socioambientais causados pelo seu processo de extração e consumo. A exploração destrói a vegetação, altera o habitat de ecossistemas e provoca imensas erosões, além do uso de substâncias químicas que podem causar contaminação hídrica. Durante o consumo do carvão mineral são emitidos na atmosfera gases como óxidos de enxofre e nitrogênio, responsáveis pelo efeito *“smog industrial”* e chuvas ácidas, bem como a liberação de dióxido de carbono, principal gás causador do efeito estufa.

Como vimos, os combustíveis fósseis são responsáveis por diversos impactos ao meio ambiente, sendo necessário realizar a gestão ambiental desses combustíveis. No Brasil, a Agência Nacional de Petróleo (ANP) é o órgão responsável por fiscalizar as atividades de exploração e produção de petróleo e seus derivados no país. Entre suas atribuições estão a investigação de acidentes, emissão de pareceres sobre segurança operacional, coordenação de ações com agentes externos e formulação de diretrizes para fiscalização de instalações da indústria do petróleo, gás natural e biocombustíveis. Atua em parceria com a Marinha do Brasil, Ibama e órgãos ambientais estaduais para envolver todos os fatores de segurança referentes às

atividades de exploração e produção de petróleo e seus derivados.

Portanto, você pode finalizar explicando que apesar de os combustíveis fósseis serem as principais fontes de energia em escala mundial e a sociedade moderna ser dependente desses recursos, eles são responsáveis por graves impactos ambientais, além disso, afetam questões tecnológicas, sociais e econômicas.

## Avançando na prática

### Seminário sobre fontes de energia

#### Descrição da situação-problema

Você foi convidado a dar uma palestra sobre combustíveis fósseis em um seminário com a temática "Fontes de Energia". Durante a palestra, você apresentou os diferentes tipos desse combustível, onde encontrá-los, índices de exploração e alguns impactos ao meio ambiente.

Ao terminar a palestra, uma pessoa da plateia levantou-se e perguntou: "Por que a extração do xisto betuminoso é tão polêmica entre os ambientalistas?". Como você responderia a esta pergunta?

#### Resolução da situação-problema

Você poderia iniciar explicando o que xisto betuminoso é qualquer rocha que possui elementos betuminosos sólidos e que sua formação também é realizada por meio da degradação da matéria orgânica em condições específicas, similares à formação do petróleo.

Entretanto, o que gera grande discussão é o impacto ambiental causado durante o processo de exploração desse combustível, ele é extraído a partir de injeção de grandes quantidades de água e produtos químicos em alta pressão sobre a rocha, podendo causar contaminação hídrica e dos solos, emissões de gases de enxofre e riscos de explosão.

## Faça valer a pena

**1.** Apesar de ser considerado o combustível fóssil menos impactante ao meio ambiente, o vazamento deste durante sua exploração e queima contribui para o aquecimento global e pode causar danos à saúde e ao meio ambiente.

A descrição apresentada no texto-base refere-se a qual combustível fóssil?

- a) Gás natural.
- b) Petróleo.
- c) Xisto betuminoso.
- d) Carvão mineral.
- e) Carvão vegetal.

**2.** Leia o trecho a seguir.

Durante o consumo do \_\_\_\_\_ são emitidos na atmosfera gases como óxidos de enxofre e nitrogênio, responsáveis pelo efeito \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_, bem como a liberação de dióxido de carbono, principal gás causador do \_\_\_\_\_.

Levando em conta as lacunas do texto-base, assinale a alternativa a seguir que apresenta os quatro termos que as preenchem corretamente:

- a) Gás natural, smog industrial, chuva ácida e efeito estufa.
- b) Carvão mineral, smog industrial, chuva ácida e efeito estufa.
- c) Petróleo, inversão térmica, chuva ácida e efeito estufa.
- d) Carvão mineral, inversão térmica, chuva ácida e efeito estufa.
- e) Petróleo, smog industrial, efeito estufa e carvão mineral.

**3.** Sua exploração é bastante discutida por ambientalistas, devido ao seu processo de extração necessitar de grandes injeções de águas e produtos químicos em alta pressão, responsáveis por causar graves problemas ambientais.

A descrição apresentada no texto-base refere-se a qual combustível fóssil?

- a) Petróleo.
- b) Gás natural.
- c) Xisto betuminoso.
- d) Carvão mineral.
- e) Energia solar.

# Seção 4.2

## Fontes alternativas de energia

### Diálogo aberto

Olá, aluno! Iremos dar continuidade aos seus estudos. Na seção anterior, você aprendeu sobre os combustíveis fósseis, uma fonte de energia não renovável, considerada a principal responsável pela poluição atmosférica. Então, pôde-se constatar a importância do uso de fontes de energias alternativas. Agora, na Seção 4.2, intitulada *Fontes Alternativas de energia*, você terá a oportunidade de conhecer diferentes fontes de energias renováveis, seus aspectos técnicos e ambientais.

Sugerimos que reveja o item *Diálogo aberto* desta unidade e revise a situação-problema proposta. Agora, continuaremos com a problemática daqui em diante.

A primeira parte do seu relatório já está pronta e a apresentação para a indústria sobre os combustíveis fósseis e as consequências de seu uso ao meio ambiente e à sociedade ultrapassou as expectativas. Seu cliente ficou ainda mais interessado em investir em sustentabilidade na indústria, substituindo sua principal fonte de energia, combustível fóssil, por fontes de energia alternativa.

Na etapa anterior, você já conseguiu convencer seu cliente sobre a importância da substituição das fontes de combustíveis fósseis na indústria, agora, deverá motivá-lo a investir na utilização de fontes alternativas de energias. Neste momento, você poderá estudar as principais fontes alternativas de energia e se preparar para elaborar a segunda parte de seu relatório.

Na segunda etapa da sua consultoria, você deverá esclarecer alguns pontos para seu cliente, como:

- Quais são as principais fontes de energia renováveis e limpas disponíveis?
- Quais são os aspectos técnicos da obtenção dessas fontes de energia?
- Quais são as principais características ambientais das diferentes fontes de energia renováveis?

Bons estudos!

## Não pode faltar

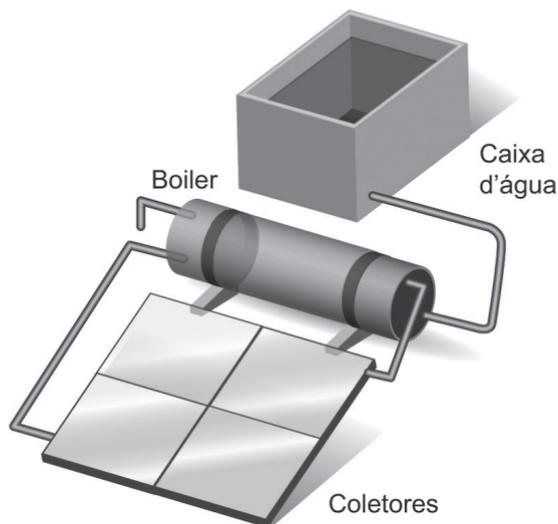
O excesso do consumo de energia ameaça o estilo de vida da sociedade moderna, devido aos danos causados ao meio ambiente pelo crescente consumo de energias por fontes não renováveis e poluidoras. Dessa forma, em busca da segurança energética e proteção ambiental, novos paradigmas são discutidos com o intuito de estabelecer um novo modelo econômico, social e ambiental. A criação de meios para proteção das reservas de fontes de combustíveis fósseis e a redução de seu consumo é a principal pauta de discussões internacionais em prol de um desenvolvimento mais sustentável.

As conferências internacionais propõem a substituição das energias não renováveis, pela ampliação e desenvolvimento do uso de fontes de energias renováveis e limpas. As fontes renováveis são aquelas que se renovam naturalmente no ambiente e as fontes de energia limpa são aquelas que não causam impactos ambientais. É improvável que o uso dos combustíveis fósseis seja alterado por somente uma fonte de energia. Nesse sentido, é necessário diversificar as fontes energéticas, como: energia solar, energia eólica, energia hídrica, energia das marés, biomassa, biogás, entre outras.

A maioria das fontes de energia são formas indiretas da energia solar, como a eólica, combustíveis fósseis, biomassa e hidráulica. A luz solar pode ser usada de forma direta como fonte de energia térmica, em aquecimento de ambientes e fluidos, bem como pode ser convertida em energia elétrica através de instrumentos como o termoelétrico e o fotovoltaico (ANEEL, 2005).

A utilização da luminosidade natural e do calor para aquecimento de edificações é considerada como aquecimento solar passivo, devido à captação da radiação solar nos ambientes, diminuindo a necessidade do uso de outras fontes de energia para iluminação e aquecimento. A aplicação térmica para aquecimento de fluidos é realizada a partir de coletores e concentradores de radiação solar (Figura 4.3). Os coletores são utilizados em residências e pequenos empreendimentos para aquecimento da água, e os concentradores solares são empregados em secadores de grãos e produção de vapor, em que se exige uma demanda de temperatura elevada.

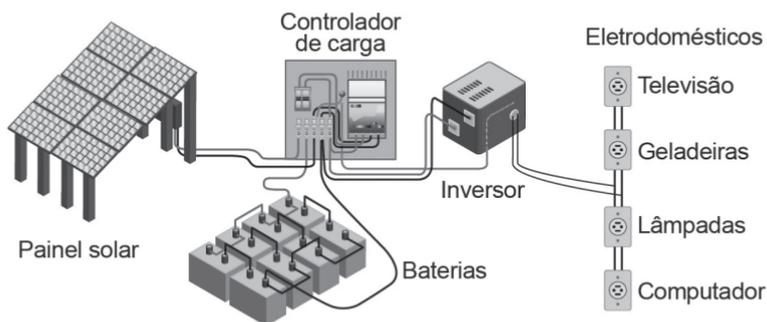
Figura 4.3 | Sistema solar de aquecimento de água



Fonte: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia\\_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf)>. Acesso em: 9 ago. 2017.

A geração direta de energia elétrica a partir da radiação solar ocorre quando o calor e a luz solar atingirem materiais específicos, os semicondutores, como termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro utiliza a diferença potencial decorrente da união de dois metais em condições específicas, e o segundo emprega células solares na conversão de fótons compostos na luz solar em energia elétrica. O processo fotovoltaico ocorre com a agitação de elétrons em alguns materiais na presença da luz solar (Figura 4.4), o silício se destaca entre os materiais mais apropriados para a conversão da energia solar em elétrica.

Figura 4.4 | Ilustração de um sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica



Fonte: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia\\_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf)>. Acesso em: 9 ago. 2017.



## Exemplificando

Um exemplo de usina solar no Brasil é a construída no prédio administrativo da Eletrosul em Florianópolis, Santa Catarina. Apesar de ter somente 1 MW de potência instalada, destaca-se por ser a primeira usina solar desse porte a ser implantada em um edifício.

Quer saber mais sobre a tecnologia, comercialização de energia fotovoltaica e sobre o projeto de energia solar da Eletrosul? Acesse:

<<http://www.eletrosul.gov.br/ampnbsp/megawatt-solar>>. Acesso em: 16 set. 2017.

A utilização de energia solar proporciona benefícios ambientais pelo fato de ser uma fonte de energia renovável e limpa, seu uso possibilita a diversificação da matriz energética, reduzindo a necessidade de construção de novas usinas hidroelétricas e diminuindo a utilização de combustíveis fósseis, minimizando, assim, a alteração da biodiversidade e as emissões dos gases de efeito estufa.



## Refleta

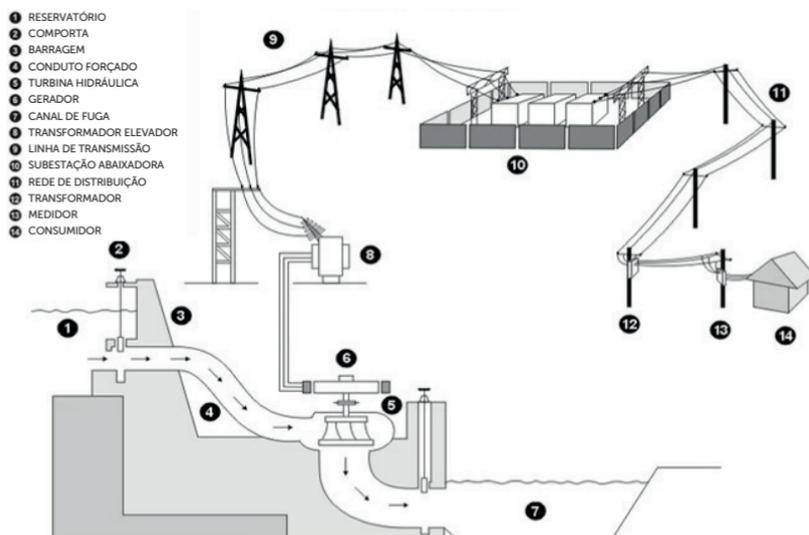
Quais são as possíveis desvantagens da energia solar? A energia solar pode ter algumas desvantagens, como extração de minérios necessários para a fabricação das placas solares e o custo das placas fotovoltaicas é alto, porém, com o aumento da tecnologia e procura por sua instalação, os custos tendem a diminuir.

A matriz energética do Brasil é considerada a mais renovável do mundo, gerando em torno de 60% de sua energia elétrica por fontes de energia hídrica, a partir de usinas hidrelétricas (EPE, 2016). Esse tipo de geração de energia é classificado como energia renovável, porém não se enquadra como energia limpa, o que gera grandes discussões entre especialistas, pois o processo de construção das barragens causa impactos socioambientais, sendo necessário o deslocamento de pessoas para outras áreas, por causa de inundações, devastação de ecossistemas, alteração da biodiversidade, destruição de patrimônios culturais e ambientais, entre outros danos.

O aproveitamento hídrico em usinas é considerado um dos mais eficientes (Figura 4.5), baseia-se em usufruir da energia cinética ou potencial da água, convertendo-a em energia mecânica por meio de turbinas e gerando eletricidade através de geradores. A energia

produzida é direcionada por cabos ao transformador e, em seguida, encaminhada por meio de linhas de transmissão para distribuição até o consumidor.

Figura 4.5 | Usina hidroelétrica



Fonte: <[http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/magnify.asp?p=imagens/usina\\_hidro.jpg&c](http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/magnify.asp?p=imagens/usina_hidro.jpg&c)>. Acesso em: 9 ago. 2017.

O Brasil, em conjunto com o Paraguai, construiu a maior usina em geração de energia elétrica do mundo, a Itaipu Binacional. Esta hidroelétrica produziu mais de 2,4 bilhões de MWh desde 1984, tem 20 unidades geradoras, proporciona em torno de 17% da energia elétrica consumida no Brasil e 76% no Paraguai (ITAIPU BINACIONAL, 2010).



## Pesquise mais

Para construir a usina hidroelétrica de Itaipu foi necessário concreto (volume total) equivalente ao utilizado na construção de 210 estádios de futebol como o Maracanã; o ferro e aço utilizados permitiriam a construção de 380 Torres Eiffel. O Brasil teria que queimar 536 mil barris de petróleo por dia para obter em usinas termelétricas a mesma produção de energia da Itaipu. O reservatório de Itaipu tem 170 quilômetros de extensão, 1.350 km<sup>2</sup> de área e armazena 29 bilhões m<sup>3</sup> de água.

De acordo com o que estudamos até aqui, esses números grandiosos de Itaipu apresentam quais vantagens e desvantagens para o meio ambiente e a sociedade? Saiba mais em: <<https://www.itaipu.gov.br/energia/comparacoes>>. Acesso em: 9 ago. 2017.

O Brasil também se destaca na produção de energia eólica, apresentando-se como o maior gerador dessa energia na América Latina. A energia eólica é a conversão da energia do vento em energia elétrica, considerada uma fonte de energia limpa e renovável. Seu aproveitamento ocorre na transformação da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o uso aerogeradores, que são turbinas eólicas para a geração de energia elétrica. São utilizados também cata-ventos e moinhos para esforço mecânico em bombeamentos de água e moagem de grãos.

Segundo a Aneel (2005), atualmente os aerogeradores são compostos pelos seguintes elementos: eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indução e estrutura não flexível, a Figura 4.6 apresenta exemplos de turbinas eólicas.

Figura 4.6 | Exemplos de aerogeradores (da esquerda para a direita: pequena, média e grande)



Fonte: <goo.gl/NkTNvq>; <goo.gl/dsGhUC>; <goo.gl/Gz2tTo>. Acesso em: 29 set. 2017.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016), o estado brasileiro que mais gerou energia eólica, responsável por mais de 30% desta energia do país, foi o Rio Grande do Norte (31,3%), seguido pelo Ceará (23,4%) e Bahia (16,9%). No entanto, apesar do aumento na produção de energia eólica no Brasil, essa energia representa somente 2,1% da matriz energética.

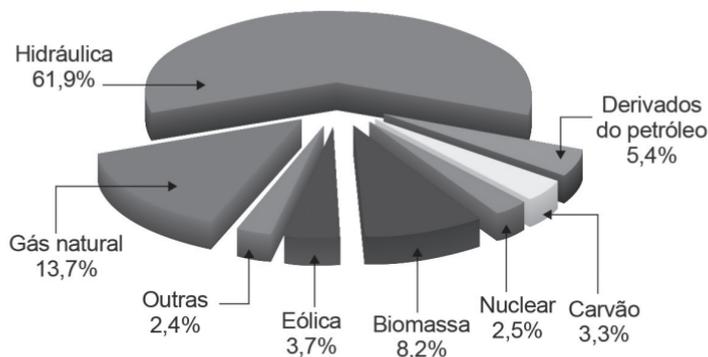
Um exemplo de projeto interessante que une a indústria com a geração de energia por fonte alternativa é o projeto de energia eólica da Honda Energy do Brasil. A Honda inaugurou em 2014 o seu primeiro parque eólico do mundo, localizado no município de Xangrilá, no estado do Rio Grande do Sul, a produção de energia do parque

é o suficiente para abastecer toda a demanda de energia elétrica da fábrica de automóveis da empresa em Sumaré, reduzindo as emissões em mais de 7 mil toneladas de dióxido de carbono por ano (30% do total gerado pela fábrica). O projeto teve o investimento de 100 milhões de reais, o parque eólico é constituído por 9 aerogeradores, com potência de geração de 80.000 MW por ano (HONDA, 2015).

A energia eólica poder ter também algumas desvantagens, como a alteração da paisagem, causando impacto visual e sonoro, principalmente para os moradores locais, como também impactos sobre as aves, pelo choque dos animais nas pás e possível alteração em comportamentos de migração.

O Brasil busca o crescimento da diversificação de sua matriz energética, a Figura. 4.7 apresenta a geração de energia elétrica por diferentes fontes no país no ano de 2015, segundo o Balanço Energético Nacional – BEN (BRASIL, 2016).

Figura 4.7 | Geração de energia elétrica por fonte no Brasil



Fonte: <<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202016.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2017.

O desempenho de energias alternativas como as fontes hídrica, solar e eólica incentiva a utilização de novas fontes de energias renováveis, como a biomassa. Segundo a ANEEL (2005), a biomassa é qualquer matéria orgânica capaz de ser convertida em energia elétrica, mecânica ou térmica, podendo ter origem florestal (madeira), agrícola (milho e cana de açúcar, entre outras) e rejeitos urbanos e industriais.

O potencial energético de cada biomassa depende de suas características e da tecnologia aplicada para obtenção de energia.

Em 2016, a biomassa apresentou-se em segundo lugar na oferta de potência de geração elétrica no Brasil, com 9,1%, ultrapassando a atuação do gás natural de 8,3%. Há diversas rotas tecnológicas para a produção da energia elétrica a partir da biomassa, como ciclo a vapor com turbinas de contrapressão, ciclo a vapor com turbinas de condensação e extração e ciclo combinado integrado à gaseificação da biomassa (MME, 2017).

Os biocombustíveis também vêm se destacando no cenário brasileiro, na diversificação de fontes de combustíveis, como os combustíveis fósseis. Os biocombustíveis são substâncias oriundas de biomassa renovável e biodegradável, seus impactos ao meio ambiente são menores comparados aos dos demais combustíveis. No Brasil, os dois principais biocombustíveis são o etanol e o biodiesel.



### Assimile

O Etanol é obtido a partir da fermentação de biomassas ricas em açúcares como o milho, sorgo, beterraba e cana-de-açúcar, sendo a última a mais simples e produtiva. O etanol é uma energia de baixo custo e de baixo poder poluente, suas emissões gasosas são em torno de 60% menores quando comparada à queima de gasolina. Já o biodiesel pode ser produzido por diversos processos, o mais utilizado é a transesterificação, que consiste na reação química de óleos animais ou vegetais com álcool comum (etanol), impulsionado por um catalisador. Existem no Brasil várias espécies de vegetais que podem ser utilizadas como matéria-prima na produção do biodiesel, como mamona, girassol, amendoim, pinhão, soja, entre outras (MME, 2017).

### Sem medo de errar

Agora, iremos apresentar os itens que deverão compor a segunda parte do seu relatório, conforme proposto no item *Diálogo aberto*. As conferências internacionais propõem a substituição das energias não renováveis pela ampliação e desenvolvimento do uso de fontes renováveis de energia e fontes de energia limpa. As fontes renováveis são aquelas que se renovam naturalmente no ambiente e as fontes de energia limpa são aquelas que não causam impactos ambientais. É improvável que os combustíveis fósseis sejam alterados por somente uma fonte de energia. Nesse sentido, é necessário diversificar as fontes energéticas, como: energia solar, energia eólica, energia hídrica/hidráulica, energia das marés, biomassa, biogás, entre outras.

A maioria das fontes de energia são formas indiretas da energia solar, como a eólica, combustíveis fósseis, biomassa e hidráulica. A luz solar pode ser usada de forma direta como fonte de energia térmica, em aquecimento de ambientes e fluidos, bem como pode ser convertida em energia elétrica através de instrumentos como o termoelétrico e o fotovoltaico (ANEEL, 2005).

A geração direta de energia elétrica a partir da radiação solar ocorre quando o calor e a luz solar atingem materiais específicos, os semicondutores, como termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro utiliza a diferença potencial decorrente da união de dois metais em condições especiais, e o segundo emprega células solares na conversão de fótons compostos na luz solar em energia elétrica. O processo fotovoltaico ocorre da agitação de elétrons em alguns materiais na presença da luz solar, o silício se destaca entre os materiais mais apropriados para a conversão da energia solar em elétrica.

Outra energia renovável é a energia hídrica, que se baseia no aproveitamento hídrico em usinas hidroelétricas, utiliza a energia cinética ou potencial da água, convertendo-a em energia mecânica, por meio de turbinas e gerando eletricidade através de geradores. A energia produzida é direcionada por cabos ao transformador e, em seguida, encaminhada por meio de linhas de transmissão e distribuição até o consumidor. Esse tipo de geração de energia é classificado como energia renovável, porém não se enquadra como energia limpa, o que gera grandes discussões entre especialistas, pois o processo de construção das barragens causa impactos socioambientais, sendo necessário o deslocamento de pessoas, inundações, devastação de ecossistemas, alteração da biodiversidade, destruição de patrimônios culturais e ambientais, entre outros danos.

Destaca-se também a energia eólica, esta energia converte a energia do vento em energia elétrica, e é considerada uma fonte de energia limpa e renovável. Seu aproveitamento ocorre pela transformação da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o uso de aerogeradores, turbinas eólicas, para a geração de energia elétrica. São utilizados também cata-ventos e moinhos para esforço mecânico em bombeamentos de água e moagem de grãos.

O desempenho das energias alternativas como as fontes hídrica, solar e eólica incentivam a utilização de novas fontes de energias renováveis, como a biomassa. A biomassa é qualquer matéria orgânica

que seja capaz de ser convertida em energia elétrica, mecânica ou térmica, podendo ter origem florestal (madeira), agrícola (milho e cana-de-açúcar, entre outras) e de rejeitos urbanos e industriais. O potencial energético de cada biomassa depende de suas características e da tecnologia aplicada para obtenção de energia. Há diversas rotas tecnológicas para a produção da energia elétrica a partir da biomassa, como ciclo a vapor com turbinas de contrapressão, ciclo a vapor com turbinas de condensação e extração e ciclo combinado integrado à gaseificação da biomassa (MME, 2017).

Os biocombustíveis também vêm se destacando no cenário brasileiro, na diversificação de fontes de combustíveis, como os combustíveis fósseis. Os biocombustíveis são substâncias oriundas de biomassa renovável e biodegradável, seus impactos ao meio ambiente são menores se comparados aos dos demais combustíveis. No Brasil, os dois principais biocombustíveis são o etanol e o biodiesel. O etanol é obtido a partir da fermentação de biomassas ricas em açúcares, como o milho, sorgo, beterraba e cana-de-açúcar, sendo a última a mais simples e produtiva. O etanol é uma energia de baixo custo e de baixo poder poluente, suas emissões gasosas são em torno de 60% menores quando comparada a queima da gasolina. Já o biodiesel pode ser produzido por diversos processos, o mais utilizado é a transesterificação, que consiste na reação química de óleos animais ou vegetais com álcool comum (etanol), impulsionado por um catalisador. Existem no Brasil várias espécies de vegetais que podem ser utilizadas como matéria-prima na produção do biodiesel, como mamona, girassol, amendoim, pinhão, soja, entre outras (MME, 2017).

## Avançando na prática

### Seminário de energias renováveis

#### Descrição da situação-problema

Você, representante de uma concessionária de energia, está participando de uma mesa-redonda composta por especialistas na área de energia elétrica. Durante o evento, você divulgou que sua empresa iniciou um processo de reestruturação de sua matriz energética, com o intuito de incentivar a geração de energias renováveis, não agressivas ao patrimônio natural e cultural.

No momento das perguntas, após a mesa-redonda, um participante na plateia questiona você sobre qual seria o tipo de geração renovável de energia que é agressiva ao patrimônio natural e cultural. Como você responderia a esse questionamento?

### Resolução da situação-problema

Você poderia iniciar relatando que todo tipo de geração de energia pode resultar em algum tipo de impacto, mesmo que este seja mínimo. Porém, você estava falando sobre a produção de energia por meio de fonte hídrica em usinas hidroelétricas, essa fonte de energia, apesar de ser renovável, ainda gera inúmeras discussões sobre ser considerada energia limpa, por causa de seus impactos sociais e ambientais na região onde é construída, como conflitos socioambientais, inundações de grandes áreas, perdas de ecossistemas, alteração da biodiversidade e paisagem, deslocamento de pessoas, entre outros.



#### Pesquise mais

Você pode dar exemplos sobre os conflitos e impactos socioambientais na construção da usina hidroelétrica de Belo Monte. A construção da usina hidrelétrica de Belo Monte foi responsável por diversos períodos de tensão. A hidrelétrica, localizada no rio Xingu, no estado do Pará, é criticada principalmente por seus impactos sociais e ambientais, que geraram protestos das populações ribeirinhas e indígenas, além dos ambientalistas.

Para ter maiores informações você pode assistir ao vídeo *A batalha de Belo Monte*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=CUqGWNyZSIQ>>. Acesso em: 17 set. 2017.

Ou leia *A usina hidroelétrica Belo Monte e suas implicações quanto aos direitos fundamentais da população que vive em torno do projeto*. Disponível em: <<https://mauriciocarneiro.jusbrasil.com.br/artigos/113959939/a-usina-hidreletrica-de-belo-monte-e-suas-implicacoes-quanto-aos-direitos-fundamentais-da-populacao-que-vive-em-torno-do-projeto>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

## Faça valer a pena

### 1. Analise as afirmativas a seguir:

I. As conferências internacionais propõem a substituição das energias renováveis pela ampliação e desenvolvimento do uso de fontes não renováveis, como os combustíveis fósseis.

II. Os combustíveis fósseis só podem ser substituídos por uma fonte de energia em escala mundial.

III. As fontes renováveis são aquelas que se renovam naturalmente no ambiente e as fontes de energia limpas são aquelas que não causam impactos ambientais.

IV. São fontes de energias renováveis: energia solar, eólica, hídrica, biomassa e gás natural.

Julgue as afirmações sobre fontes alternativas de energia apresentadas no texto-base como V (verdadeiras) ou F (falsas).

a) F; F; V; F.

d) F; F; V; V.

b) F; V; V; F.

e) V; F; V; F.

c) V; V; V; F.

### 2. A maioria das fontes de energia são formas indiretas da \_\_\_\_\_.

A luz solar pode ser usada de forma direta como fonte de \_\_\_\_\_, em aquecimento de ambientes e fluidos, bem como pode ser convertida em \_\_\_\_\_ através de instrumentos como o termoelétrico e o fotovoltaico.

Assinale a alternativa a seguir que apresenta os três termos que preenchem as lacunas corretamente:

a) Energia térmica; energia elétrica; energia solar.

b) Energia solar; energia eólica; energia elétrica.

c) Energia solar; energia térmica; energia elétrica.

d) Energia da biomassa; energia térmica; energia elétrica.

e) Energia solar; energia térmica; energia solar.

### 3. A geração direta de energia elétrica a partir da radiação solar ocorre quando o calor e a luz solar atingem materiais específicos, os semicondutores, como termoelétrico e fotovoltaico. O processo fotovoltaico ocorre da agitação de elétrons em alguns materiais na presença da luz solar.

Assinale a alternativa que apresenta o material mais adequado atualmente para a conversão da energia solar em elétrica:

a) Mercúrio.

d) Silício.

b) Xisto betuminoso.

e) Estanho.

c) Cobre.

## Seção 4.3

### Perspectivas dos setores de energia limpa

#### Diálogo aberto

Olá, aluno! Esta é a última seção dos seus estudos sobre as fontes alternativas de energia. Após estudar os conceitos de energias renováveis e limpas, os diferentes tipos de energias renováveis e seus principais impactos ambientais, este será o momento de você conhecer a atual situação e perspectivas das fontes renováveis de energia (energia solar, energia eólica e energia hídrica) no Brasil e no mundo.

Como vimos, as fontes renováveis de energia são aquelas que se renovam em um curto período de tempo, causam mínimos impactos ambientais quando comparadas às fontes de energia não renováveis, como os combustíveis fósseis. Nesta seção, veremos a importância da expansão do uso das fontes de energias renováveis, a fim de diminuir o efeito estufa causado pela emissão de gases poluentes na camada de ozônio. Veremos também a crescente utilização das fontes renováveis de energia no Brasil e no mundo.

O estudo desta seção te ajudará a concluir o desafio inicial proposto, lembra dele?

Nesta seção você concluirá sua consultoria para uma indústria automotiva, lembre-se de que duas metas já foram realizadas: (I) você apresentou o conceito dos combustíveis fósseis e seus principais impactos; e (II) o conceito, as vantagens e desvantagens das fontes renováveis de energia. Nesta terceira etapa, você conhecerá as perspectivas dos setores de energia limpa.

Enfim, qual é a capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil e no mundo? É crescente a utilização de energias renováveis no Brasil e no mundo? Quais são as perspectivas futuras de aproveitamento das energias renováveis? Quais fontes de energias renováveis que mais se destacam no âmbito nacional e internacional?

As respostas a estes questionamentos irão compor seu relatório da consultoria, a fim de apresentar as perspectivas positivas de investimento em energias renováveis.

Bons estudos!

## Não pode faltar

A energia é um tema frequente em discussões internacionais, devido à sua importância para a sociedade, que cada vez mais está dependente desse recurso. No setor econômico, a energia, principalmente de baixo custo, é um fator essencial para o progresso de qualquer país, é fundamental para o avanço da produtividade, competitividade e relações comerciais internacionais.

A International Energy Agency – IEA (2013) estima que a demanda no mundo por energia elétrica deverá aumentar em torno de 70% até 2040. Em paralelo, crescem as discussões internacionais visando ao aumento de fontes de energias renováveis, com o intuito de reduzir os impactos ambientais causados pelo processo de geração de energia. A IEA (2013) prevê que até 2030 a produção de energia elétrica por fontes de energias renováveis excederá a energia produzida pelo carvão, fonte não renovável e mais utilizada no mundo.

Durante a conferência de Kyoto, em 1997, foram definidos compromissos para a redução das emissões de gases causadores do efeito estufa, com a participação de mais de 50 países. Os Estados Unidos e alguns outros países não aderiram a esses compromissos em consequência dos possíveis impactos para suas economias (MME, 2017). Em 2015, no acordo do clima assinado em Paris, foi concluído que não será possível a redução de dióxido de carbono na atmosfera sem o aumento da participação das fontes renováveis de energia. No entanto, ações efetivas para implementação do acordo não foram definidas, como as fontes de financiamento para o desenvolvimento de tecnologias e projetos voltados às energias renováveis (MMA, 2017).

A capacidade instalada de geração de energia elétrica no mundo, segundo estimativa do Ministério de Minas e Energias (MME), em 2016, foi cerca de 6.450 GW, sendo 33% por fontes renováveis, e obteve crescimento de 188 GW no ano, desses 72% por fontes renováveis. As energias solar e eólica foram responsáveis por 55% do crescimento. No nosso país, as fontes renováveis apresentaram 90% do crescimento na geração de energia (MME, 2017).

No Brasil, a capacidade instalada de produção de energia elétrica, no final do ano de 2016, alcançou 150,4 GW, sendo 80,6% por fontes renováveis, com 9,5 GW de aumento em relação a 2015. A energia por fonte hidráulica se destacou com potencial de 96,9 GW, respondendo

por 64,5% do total da energia gerada, seguida da biomassa, com 14 GW e 9,3% do total de energia gerada.

Segundo o MME (2016), o crescimento da produção de energia no país nos próximos três anos será de 18,6 GW, somente no primeiro semestre de 2017 ocorreu o aumento de 1,8 GW. O Quadro 4.1 apresenta a expansão das fontes renováveis contratadas da capacidade instalada (MW).

Quadro 4.1 | Expansão contratada da capacidade instalada (MW)

Fonte	2017	2018	2019
Hidráulica	3.133	4.235	2.747
Eólica	1.195	2.821	1.434
Solar	256	1.581	210
Outras	654	8	340
<b>Total</b>	<b>5238</b>	<b>8.645</b>	<b>4.731</b>

Fonte: <<https://goo.gl/pQmw1n>>. Acesso em: 1 ago. 2017.

O Brasil tem alto potencial energético por fontes de energia renováveis, sendo um fator que possibilita o desenvolvimento do país de forma segura, econômica e atendendo aos requisitos ambientais. Nessa perspectiva, o Brasil, pretendendo manter seu compromisso de desenvolvimento econômico, com base na geração de energia por fontes renováveis, priorizou no Plano Decenal de Expansão 2026 (PDE) a expansão da participação dessas fontes de energia para atender à crescente demanda por energia elétrica. O PDE é um documento elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), com objetivo de comunicar e apoiar no planejamento de estratégias para a expansão da oferta de energia no setor elétrico para os próximos anos.



### Pesquise mais

O Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 (PDE – 2026) é um documento informativo voltado para toda a sociedade, com perspectivas de expansão futura do setor de energia sob a ótica do governo até 2026.

Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pde/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 1 set. 2017.

A hidroeletricidade se destaca na expansão e geração de energia no país. O Brasil produz mais de 60% de sua energia elétrica por fonte hídrica, a maior parcela do potencial ainda a ser explorado está localizada na região Norte do país, local de decorrentes conflitos socioambientais. Dessa forma, planeja-se desenvolver projetos hidrelétricos com o objetivo de assegurar benefícios para a sociedade, considerando as restrições socioambientais e implantando ações de mitigação dos impactos causados.

Nesse sentido, em sinergia com as demais fontes de energias renováveis, o PDE propõe um importante incentivo à exploração do potencial proporcionado pelas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). Grande parte desse potencial ainda está disponível para aproveitamento e causa menores impactos ambientais quando comparado às grandes hidrelétricas. As PCHs são usinas hidrelétricas de tamanho e potência reduzidos, apresentando de 5 a 30 megawatts (MW) de potência e menos de 13 km<sup>2</sup> de área de reservatório. Apesar das PCHs terem o mesmo regime hidrológico das grandes usinas, operam de maneira complementar a estas, têm potencial para substituir as termelétricas em períodos úmidos, proporcionando tempo para a recomposição do estoque dos reservatórios das demais hidrelétricas.



### Assimile

As PCHs são uma alternativa para a diversificação da matriz energética, em consequência do seu pequeno porte, custo de implantação reduzido e menor impacto ambiental. O Quadro 4.2 apresenta as principais características que diferenciam as centrais geradoras hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas e usinas hidrelétricas.

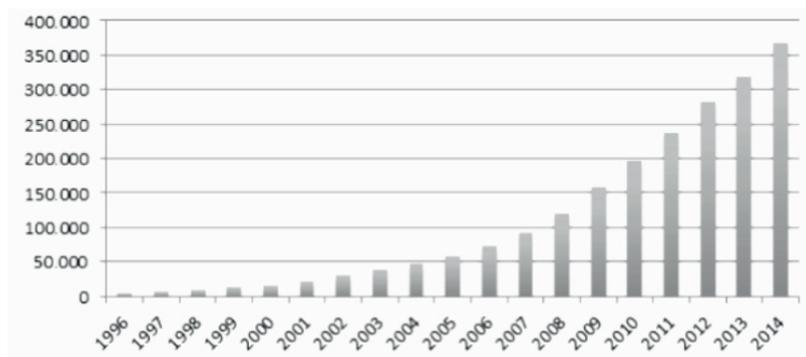
Quadro 4.2 | Características das centrais geradoras hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas e usinas hidrelétricas

Tipo	Características
Central Geradora Hidrelétrica (CGH)	Potência instalada de até 1,0 MW.
Pequena Central Hidrelétrica (PCH)	Potência instalada entre 1,0 MW e 30,0 MW e que atenda às condições de área citadas na Resolução nº 652 da ANEEL.
Usina Hidrelétrica (UHE)	Potência instalada maior que 30,0 MW.

Fonte: adaptado de <[http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/usinas\\_hidreletricas.pdf](http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/usinas_hidreletricas.pdf)>. Acesso em: 14 ago. 2017.

Outra fonte renovável de energia que vem se destacando em nível mundial é a energia eólica, conforme Figura 4.8. Apesar da significativa expansão da capacidade instalada, a energia eólica em 2014 participou somente de 3% do total da energia gerada no mundo. No entanto, essa energia pode ser expressiva em alguns países, como a Dinamarca, que em 2014 teve a energia eólica como responsável por 39% da demanda de energia elétrica do país. A maioria dos parques eólicos são implantados em terra, entretanto, por causa da redução de locais adequados, mesmo com maior custo, há parques instalados no mar (EPE, 2016).

Figura 4.8 | Evolução da potência eólica instalada no mundo



Fonte: <<http://www.epe.gov.br/Documents/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

Cerca de 84% da capacidade total instalada de energia eólica em nível mundial no ano de 2014 apresentou-se concentrada em 10 países, tendo como destaque a China com 31%, os EUA com 18% e a Alemanha com 10%; o Brasil ocupa o décimo lugar, com 1,6%. Este conjunto constitui o maior mercado de produção e serviços de aerogeradores (EPE, 2016)

Em 2001 foi elaborado o atlas do potencial eólico nacional, em conjunto com o mapeamento dos parques eólicos brasileiros, apresentando as velocidades médias anuais, os fluxos eólicos e diferentes parâmetros e dados estatísticos. Podemos constatar por meio do atlas que o recurso eólico é mais aproveitado na região Nordeste do país.



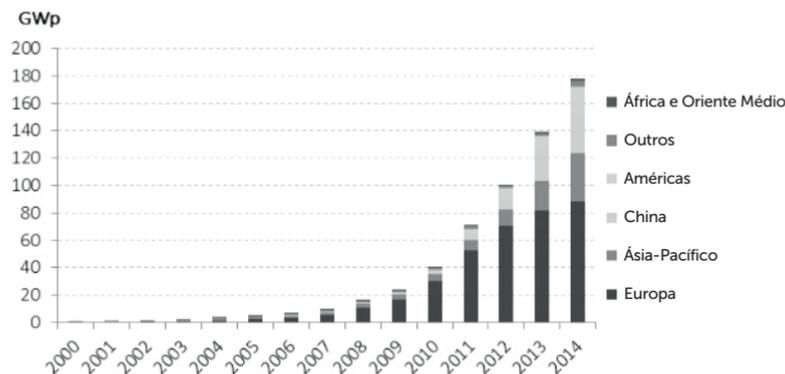
## Exemplificando

A implantação de parques eólicos, além de ser uma alternativa para a diversificação da matriz energética nacional, apoia a redução de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, ocorre a redução da emissão dos gases de efeito estufa, além disso, os parques eólicos geram desenvolvimento e empregos para a região. No sertão da Bahia, região pobre e com pouco desenvolvimento econômico, foi descoberto que o potencial eólico é capaz de suprir a demanda de energia do Brasil.

Além da energia eólica, a energia solar vem se destacando e requer ênfase especial, devido às suas perspectivas positivas, como o rápido crescimento da capacidade instalada nos últimos anos relacionada à redução dos custos, grande potencial técnico de exploração e não poluição do meio ambiente durante sua operação, entre outros.

A fonte solar representou uma parcela de apenas 1% do total de energia elétrica produzida no mundo. Entretanto, a utilização da tecnologia para geração de eletricidade por meio da luz solar obteve expressiva expansão nos últimos anos, ela cresceu 47% de 2004 a 2014, passou de 3,7 GWp para 177 GWp. Este aumento ocorreu devido aos subsídios à fonte, especialmente na Europa, tendo ênfase a Alemanha. Atualmente, como podemos observar na Figura 4.9, os países asiáticos lideram o número de instalações de sistemas fotovoltaicos para geração de energia solar, principalmente a China (EPE, 2016).

Figura 4.9 | Evolução da capacidade fotovoltaica acumulada



Fonte: <<http://www.epe.gov.br/Documents/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

A localização do Brasil favorece as condições adequadas para a produção de energia solar, tendo incidência mais vertical dos raios solares e proximidade com a linha do Equador, que diminui grandes variações de incidência solar durante os diferentes períodos do ano.

No que se refere aos sistemas conectados à rede no Brasil, alguns projetos-pilotos começaram a ser instalados no país no final dos anos 1990. No entanto, apenas em 2012 essa categoria de geração de energia foi regulamentada pela ANEEL, por meio da Resolução Normativa nº 482/2012, que institui as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica. No ano de 2015 foram registrados 1675 sistemas fotovoltaicos conectados sob o regime da Resolução Normativa nº 482, somando 13,4 MW (EPE, 2016).



### Refleta

O Brasil tem condições técnicas adequadas para a geração de energia solar e tem como objetivo ampliar a diversidade da matriz energética do país, indo de encontro com as vantagens socioambientais dessa fonte de energia. Reflita sobre as ações que o país já fez e o que ainda precisa ser feito para a expansão efetiva dessa fonte de energia no Brasil.

## Sem medo de errar

Na problemática apresentada foram expostos alguns questionamentos: Qual é a capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil e no mundo? É crescente a utilização de energias renováveis no Brasil e no mundo? Quais são as perspectivas futuras de aproveitamento das energias renováveis? Quais as fontes de energias renováveis que mais se destacam no âmbito nacional e internacional? Para responder a esses questionamentos, você precisa lembrar que a capacidade instalada de geração de energia elétrica no mundo, segundo estimativa do MME em 2016, é de cerca de 6.450 GW, sendo 33% por fontes renováveis, e obteve crescimento de 188 GW no ano, dos quais 72% são por fontes renováveis. As energias solar e eólica foram responsáveis por 55% do crescimento. No nosso país, as fontes renováveis apresentaram 90% do crescimento na geração de energia, ou seja, é possível observar que a utilização de energias renováveis no Brasil é crescente.

**Segundo o MME (2016), o crescimento da produção de energia no país nos próximos três anos será de 18,6 GW, e no primeiro semestre de 2017 ocorreu o aumento de 1,8 GW**

A International Energy Agency (IEA) estima que a demanda no mundo por energia elétrica deverá aumentar em torno de 70% até 2040. A IEA prevê que até 2030 a produção de energia elétrica por fontes de renováveis excederá a energia produzida pelo carvão, fonte não renovável e a mais utilizada no mundo.

Segundo o MME (2016), o crescimento da produção de energia no Brasil nos próximos três anos será de 18,6 GW. A hidroeletricidade se destaca na expansão e geração de energia no país, com a participação de mais de 60% de sua energia elétrica por fonte hídrica.

Outra fonte renovável de energia que vem se destacando em nível mundial é a energia eólica. Apesar da significativa expansão da capacidade instalada, a energia eólica em 2014 participou somente de 3% do total da energia gerada no mundo.

Além da energia eólica, a energia do solar também vem se destacando e a fonte solar representa uma parcela de apenas 1% da produção de energia mundial. Entretanto, a utilização da tecnologia para geração de eletricidade por meio da luz solar obteve expressivo crescimento nos últimos anos.

## Avançando na prática

### Diversificação da matriz energética

#### Descrição da situação-problema

Você especialista na área de energia e, durante uma palestra, foi questionado sobre a dependência do Brasil em relação às usinas hidrelétricas e sobre quais fontes de energia são eficazes para complementar de forma segura o fornecimento de energia nos próximos anos. Como esses questionamentos podem ser respondidos?

Lembre-se de que as grandes usinas hidrelétricas dominam a matriz elétrica do Brasil, porém causam grandes conflitos socioambientais e podem ser afetadas pelo período de estiagem e escassez de água.

## Resolução da situação-problema

Você pode falar sobre incentivos na implantação de projetos de outras fontes renováveis de energia, como:

**1. Instalação de PCHs. Grande parte desse potencial ainda está disponível para aproveitamento e causa menores impactos ambientais quando comparado às grandes hidrelétricas.** Apesar de as PCHs terem o mesmo regime hidrológico das grandes usinas, operam de maneira complementar às grandes hidrelétricas, possuem potencial para substituir as termelétricas em períodos úmidos, proporcionando tempo para a recomposição do estoque dos reservatórios das demais hidrelétricas.

2) Energia solar. O Brasil tem condições técnicas ideais para a produção de energia pela energia do Sol, apesar de seu grande potencial ainda se encontrar em estágios iniciais de desenvolvimento.

3) Energia eólica. Energia produzida a partir da força dos ventos, gerada por meio de aerogeradores. No Brasil, a região Norte realiza o maior aproveitamento energético desse recurso.

### Faça valer a pena

**1.** Em 2015, no acordo do clima assinado em Paris, foi concluído que não será possível a redução de \_\_\_\_\_ na atmosfera sem o aumento da participação das fontes \_\_\_\_\_. No entanto, ações efetivas para implementação do acordo não foram definidas, como as \_\_\_\_\_ para o desenvolvimento de tecnologias e projetos voltados às energias renováveis.

Escolha a alternativa a seguir que apresenta os três termos que preenchem corretamente as lacunas do texto-base:

- a) Oxigênio; não renováveis de energia; fontes de financiamento.
- b) Dióxido de carbono; renováveis de energia; fontes de financiamento.
- c) Metano; renováveis de energia; fontes de financiamento.
- d) Dióxido de carbono; não renováveis de energia; fontes de financiamento.
- e) Dióxido de carbono; não renováveis de energia; fontes de financiamento.

**2.** O Plano Decenal de Expansão 2026 (PDE – 2026) tem como objetivo comunicar e apoiar o planejamento de estratégias para a expansão da oferta de energia no setor elétrico brasileiro para os próximos anos.

O Plano Decenal de Expansão 2026 foi elaborado por qual órgão do governo Brasileiro?

- a) Agência Nacional de Energia Elétrica.
- b) Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

- c) Empresa de Pesquisa Energética.
- d) Empresa Brasileira de Pesquisa.
- e) Operador Nacional do Sistema Elétrico.

**3.** Apesar da significativa expansão da capacidade instalada em 2014, participou somente de 3% do total da energia gerada no mundo. No entanto, essa energia pode ser expressiva em alguns países, como a Dinamarca, que em 2014 teve 39% da demanda de energia elétrica do país garantida por essa energia.

As informações do texto-base se referem a qual energia renovável?

- a) Energia solar.
- b) Energia hídrica.
- c) Energia da biomassa.
- d) Biogás.
- e) Energia eólica.

# Referências

AMBIENTE LEGAL. **Xisto ameaça renováveis**. [s.d.] Disponível em: <<http://www.ambientelegal.com.br/gas-de-xisto-ameaca-renovaveis/>>. Acesso em: 16 julho 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas nacional de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/download.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Rio de Janeiro: ANP, 2016. Disponível: <[http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario\\_Estatistico\\_ANP\\_2016.pdf](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2017.

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

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço energético nacional – BEN**. 2016. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/default.aspx?CategorialD=347>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007. Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade [...] e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11516.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11516.htm)>. Acesso em: 1 ago. 2017.

COMPANHIA RIO GRANDENSE DE MINERAÇÃO. **Carvão mineral**. [s.d.] Disponível: <<http://www.crm.rs.gov.br/conteudo/864/?Carvao-Mineral#.WW1t2YtyvIU>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

ELETROSUL. **Projeto megawatt solar**. 2017. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/ampnbsp/megawatt-solar>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Relatório energias renováveis**. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Documents/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

HONDA ENERGY DO BRASIL. **Relatório de sustentabilidade**. 2015. Disponível em: <<http://www10.honda.com.br/sustentabilidade/wp-content/uploads/2015/12/HSA-relatorio-sustentabilidade-2015.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Fiscalização e proteção ambiental** – Emergências ambientais – petróleo e derivados. 2017. Disponível: <<http://www.ibama.gov.br/fiscalizacao-ambiental>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Logística de energia**: 2015. Rio de Janeiro, 2016. Disponível: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv97260.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

ITAIPU BINACIONAL. **Comparações**. 2010. Disponível: <<https://www.itaipu.gov.br/energia/comparacoes>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Annual report**. 2013. Disponível em: <[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2013\\_AnnualReport.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2013_AnnualReport.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Electricity information**: data base documentation. 2017. Disponível em: <[http://wds.iea.org/wds/pdf/ELE\\_documentation.pdf](http://wds.iea.org/wds/pdf/ELE_documentation.pdf)>. Acesso em: 21 set. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Capacidade instalada de geração elétrica Brasil e mundo (2016)**. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/kJfaJr>>. Acesso em: 1 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Resenha energética**. Brasília: MME, 2017. Disponível: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2017+-+ano+ref.+2016+%28PDF%29/13d8d958-de50-4691-96e3-3ccf53f8e1e4?version=1.0>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Acordo de Paris**. 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Mudança do clima**. [s.d.] Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-junidas/protocolo-de-quioto>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

REN21 – **Renewables 2016 global status report**. Paris, 2016. Disponível em: <[http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR\\_2016\\_Full\\_Report\\_lowres.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR_2016_Full_Report_lowres.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2017.















ISBN 978-85-522-0205-9



9 788552 202059 >