

ARTICULAÇÃO

ITINERÁRIOS

BNCC 

APROVADO

NATUREZA

A cada dia a humanidade desenvolve novos métodos de observar o que os nossos olhos não podem ver. Uma das áreas da Ciência relacionada a esses avanços é a Física Médica, que conheceremos melhor nesta edição.



Nova técnica de processamento de imagem reduz radiação em exames de mama

Método em fase de testes pode diminuir em até 50% exposição das pacientes aos raios X, sem prejudicar a precisão no diagnóstico

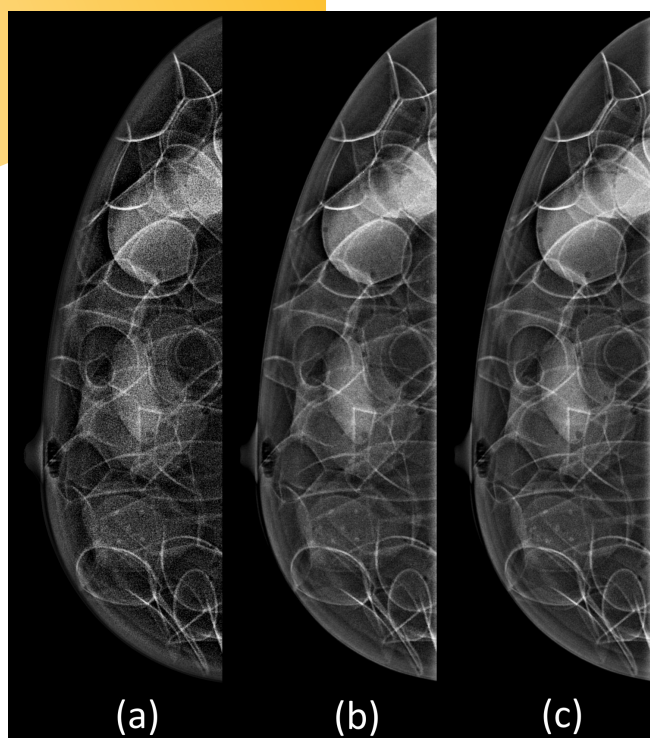
Por Júlio Bernardes

A tomossíntese é um método de diagnóstico da mama que utiliza raios X para obter imagens tridimensionais e detectar tumores difíceis de serem descobertos por uma mamografia convencional. Apesar da eficiência, a quantidade de radiação utilizada nos exames pode colocar em risco a saúde das pacientes. A fim de evitar esse problema, uma pesquisa da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da USP propõe o uso de técnicas avançadas de processamento de imagens em computador para diminuir em até 50% a exposição aos raios X, sem prejudicar a precisão no diagnóstico. O novo método, atualmente em fase de testes, é descrito na tese de doutorado do engenheiro Lucas Rodrigues Borges, vencedora do Prêmio Tese Destaque USP 2019, na categoria Engenharias.

O engenheiro conta que o processo de aquisição das imagens de tomossíntese é muito semelhante à aquisição de uma imagem de mamografia convencional. “A paciente é posicionada pela técnica responsável e ocorre a compressão da mama. Em seguida, uma série de disparos é realizada. Após cada disparo, o tubo de raios X se movimenta, permitindo a visualização de ângulos diferentes da mama”, relata. “Os raios X formam projeções, que são então reconstruídas com o auxílio de um *software*, o que permite a visualização tridimensional do volume mamário, aumentando as chances de detecção de tumores difíceis de serem visualizados em uma mamografia convencional”.

Por ser um tipo de radiação ionizante, o uso de raio X durante o exame resulta em uma pequena chance de desenvolvimento de um câncer induzido que não estava presente antes da realização do exame. “Isso acontece porque ao ser transmitida pela mama a radiação de raio X pode causar dano às moléculas do DNA”, aponta Borges. “Ao mesmo tempo, quando a dose de radiação é reduzida, a imagem perde qualidade, o que dificulta a detecção e a caracterização das lesões mamárias pelos radiologistas”.

Para alcançar a qualidade obtida com os níveis de radiação atuais, a pesquisa propõe a utilização de ferramentas de filtragem, empregadas em conjunto com fórmulas matemáticas, para a melhoria da qualidade das imagens adquiridas em doses reduzidas. As ferramentas de filtragem foram desenvolvidas pelo grupo de pesquisa do professor Alessandro Foi, da Tampere University, na Finlândia.



[a] Imagem [projeção da tomossíntese] obtida com 25% da dose de radiação convencional. [b] A mesma projeção depois de restaurada. [c] Projeção obtida com a dose convencional de radiação. O objetivo do método é o de alcançar uma imagem como mostrado em [c], que é o normalmente utilizado. O resultado está em [b] – note que a granulação [ruído] foi suprimida e a imagem se assemelha a [c] – Imagem: cedida pelo pesquisador.

Ferramentas de filtragem

“Não é possível prever com precisão as interações que acontecerão com os raios X quando penetram a mama, o que pode gerar flutuações que comprometam a qualidade das imagens”, descreve o engenheiro. “Por essa razão são empregadas ferramentas de filtragem, já amplamente utilizadas em aplicações como câmeras de celulares, que exploram áreas com similaridades na imagem para reduzir essas flutuações”.

Borges ressalta que estudos publicados sobre a nova técnica indicam que se pode alcançar uma redução de até 50% na dose de radiação sem que seja possível detectar diferenças na qualidade da imagem. O método atualmente se encontra em fase de testes pré-clínicos, com o auxílio de um grupo de radiologistas do Hospital do Câncer de Barretos (Hospital do Amor), no interior de São Paulo. “Neste teste, os radiologistas deverão interpretar uma série de imagens em diferentes doses de radiação e tratadas com o método proposto”, diz Borges. “Após a leitura de todos os casos, será possível mensurar o desempenho dos radiologistas antes e depois da aplicação da técnica. Os resultados indicarão se o desempenho dos radiologistas foi impactado, positivamente ou negativamente, pelo método proposto”.

Segundo o engenheiro, em alguns centros médicos de países desenvolvidos, como nos Estados Unidos, a tomossíntese mamária faz parte da rotina de rastreamento do câncer de mama. “No Brasil, a utilização da tomossíntese vem se tornando cada vez mais popular, mas em geral ela ainda é utilizada como exame complementar, ou seja, quando a mamografia convencional é inconclusiva”, afirma.

O pesquisador observa que mesmo nos níveis de radiação utilizados atualmente durante o exame, os riscos associados à utilização do raio X são extremamente baixos se comparados com os benefícios da detecção precoce do câncer. “A pesquisa buscou diminuí-los ainda mais, tornando mais improvável o aparecimento de novos casos de câncer devido à utilização de raios X durante o exame”, conclui. As conclusões do estudo são descritas na tese de doutorado *Redução da dose de radiação em tomossíntese mamária através de processamento de imagens*, defendida na EESC e ganhadora do Prêmio Tese Destaque USP 2019, na categoria Engenharias.

O trabalho foi orientado pelo professor Marcelo Andrade da Costa Vieira, da EESC, e contou com a colaboração dos professores Alessandro Foi, da Tampere University (Finlândia), Andrew Maidment e Predrag Bakic, da University of Pennsylvania (Estados Unidos), e dos radiologistas do Hospital do Amor (Barretos). A pesquisa conta com financiamento da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

BERNARDES, Júlio. Nova técnica de processamento de imagem reduz radiação em exames de mama. **Jornal da USP**, 17 fev. 2020. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/nova-tecnica-de-processamento-de-imagem-reduz-radiacao-em-exames-de-mama/>>. Acesso em: 5 out. 2020.



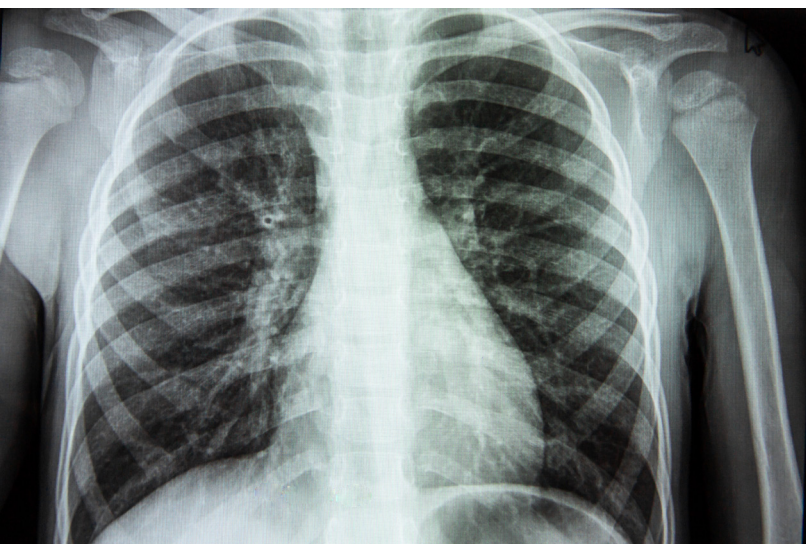


O impacto da Física na Medicina Moderna

Por Paulo Costa

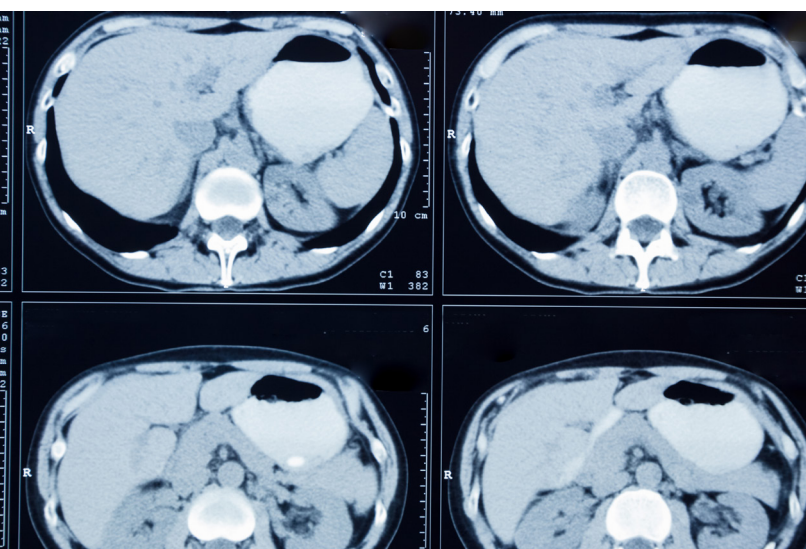
Nas últimas décadas nos deparamos com técnicas de diagnóstico ou terapias médicas que tiveram suas origens em laboratórios de pesquisas de diferentes áreas da Física. Hoje, muitos de nós não estranhemos termos como raios X, tomografias, PET-SCAN, ressonância magnética ou radioterapia. Vamos olhar com cuidado cada uma delas. Os raios X foram descobertos por Wilhelm C. Roentgen em 1895 em seu laboratório na Universidade de Würzburg, na Alemanha. Roentgen era um professor de Física que estava pesquisando fenômenos de luminescência provocada por raios catódicos e, supostamente de maneira casual, descobriu esta manifestação das ondas eletromagnéticas que, sem entender bem como eram produzidas, chamou de raios X. Por esta descoberta, foi laureado com o primeiro Prêmio Nobel em Física no ano de 1901. Hoje, os raios X são utilizados nas mais variadas técnicas de diagnóstico por imagem na medicina, indo dos simples raios X odontológicos a procedimentos de alta complexidade como a mamografia, a tomografia computadorizada e a radiologia intervencionista.

Resultado de um exame por raios X em que o paciente tem uma alteração em seus pulmões.



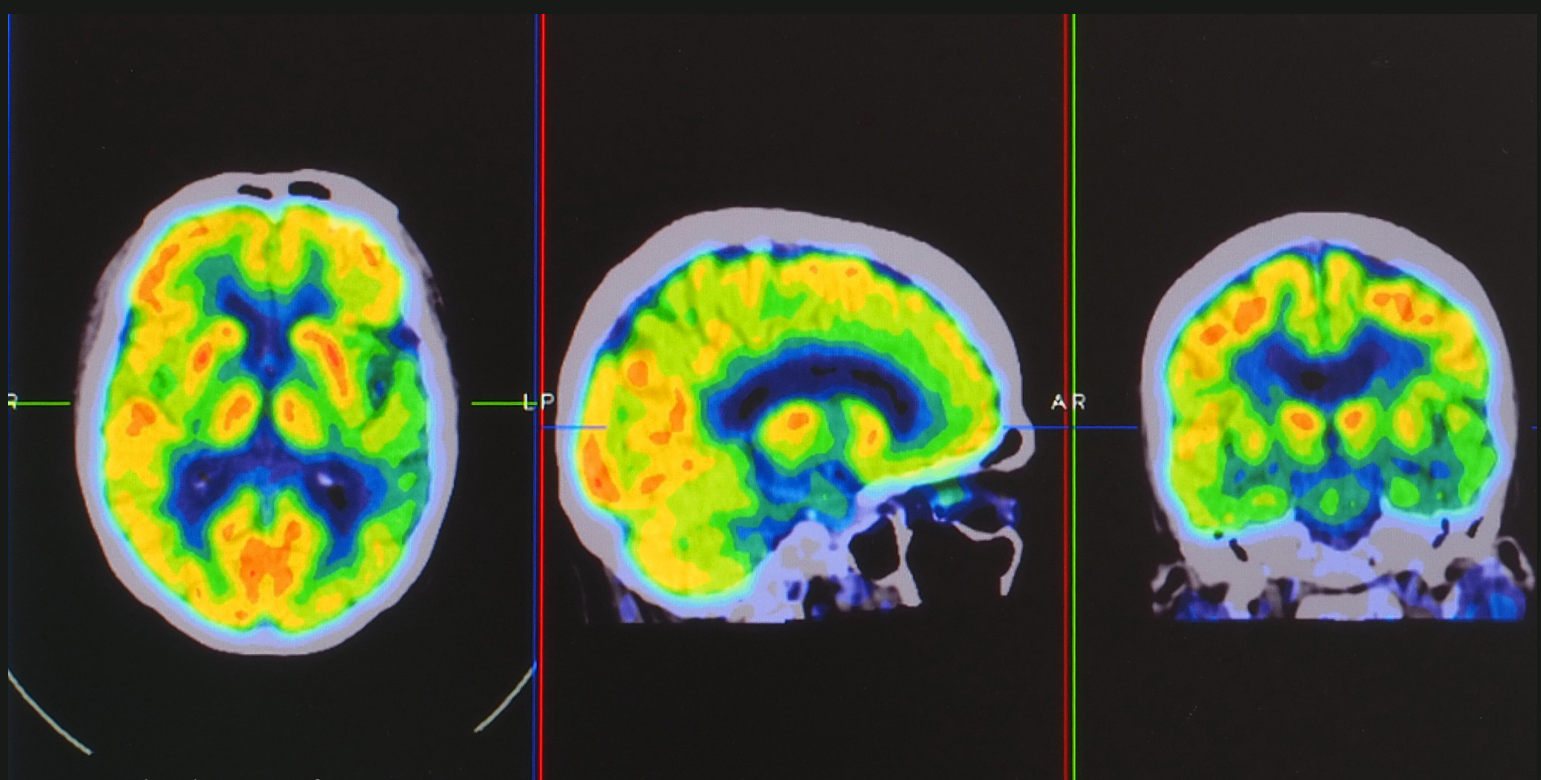
Mais ou menos na mesma época em que Roentgen descobria os raios X, o cientista francês Antoine Henri Becquerel fazia importantes descobertas sobre a radioatividade, mas que só foram bem entendidas pelo casal Marie e Pierre Curie. O trabalho destes três cientistas permitiu agregar conhecimento a diversas áreas da ciência e impactou fortemente a medicina, com a introdução da possibilidade de utilização de materiais radioativos para produção de imagens do corpo, mais tarde chamada de medicina nuclear, e o tratamento de tumores, que nucleou a radioterapia. Os trabalhos destes três cientistas também renderam o Prêmio Nobel em Física de 1903 e de Química para Marie Curie em 1911.

A tomografia computadorizada, por sua vez, nasceu de ideias do físico sul-africano Allan Cormack, que realizou os primeiros cálculos teóricos que permitiam desenvolver os algoritmos de reconstrução de imagens. Mais tarde, o engenheiro inglês Godfrey Hounsfield, que não conhecia os resultados de Cormack, desenvolveu o primeiro equipamento de tomografia computadorizada comercial. Uma curiosidade nesta etapa da história é que o algoritmo matemático usado para produzir as imagens de tomografia computadorizada já havia sido idealizado em 1917, pelo matemático austríaco Johann Radon. Ou seja, esta etapa da história conecta



Série de tomografias computadorizadas de tórax e abdômen.

conceitos matemáticos fundamentais, uma boa dose de Física das radiações experimentais, conceitos de informática e um tanto do que podemos chamar, hoje, de engenharia biomédica. Cormack e Hounsfield receberam o Prêmio Nobel em Fisiologia ou Medicina em 1979 pelo desenvolvimento da tomografia computadorizada.



Série de tomografia por emissão de pósitrons mostrando muitas fases da função e atividade cerebral.

Já o PET-SCAN, cujo nome vem do inglês *Positron Emission Tomography* ou Tomografia por Emissão de Pósitrons, utiliza uma propriedade fundamental da matéria, só compreendida adequadamente após o desenvolvimento da mecânica quântica. Neste caso, o processo de produção de imagens faz uso da produção de energia, na forma de fótons, quando uma partícula e uma antipartícula se encontram. Nesse caso, o par partícula/antipartícula é formado por um elétron e um pósitron (sendo este a antipartícula do elétron). O pósitron é emitido por núcleos atômicos instáveis produzidos em ciclotrons (também oriundos de laboratórios de física fundamental na década de 1950). O encontro de pósitrons e elétrons gera energia na forma de dois fótons que se movem em direções opostas. A detecção desses fótons permite a produção de imagens que identificam a posição, dentro do corpo do paciente, onde esses pósitrons foram emitidos. Assim, associando-se átomos emissores de pósitrons formam-se substâncias chamadas radiofármacos. Esses radiofármacos emissores de pósitrons se ligam, seletivamente, por exemplo, a células neoplásicas do corpo humano. Com isso, regiões com tumores no corpo dos pacientes podem ser seguidas e sua evolução ou a resposta a medicamentos pode ser avaliada. Esta é somente uma das aplicações desta técnica na medicina, que tem trazido enormes contribuições também no diagnóstico de doenças cardíacas e do sistema nervoso central. Atualmente, as imagens PET são associadas às imagens de tomografia com raios X em um tipo de equipamento chamado PET-CT, que foi escolhido como a invenção do ano 2000 pela revista *Time*.

Outra técnica de diagnóstico por imagem muito utilizada atualmente é a ressonância magnética. Neste caso, a propriedade fundamental utilizada é a resposta de prótons pertencentes aos núcleos atômicos quando submetidos a campos magnéticos. O entendimento dessa técnica combina fundamentos da física nuclear, do eletromagnetismo e da mecânica estatística, três pilares da Física do século XX. Os prótons, estimulados por campos magnéticos de alta intensidade (milhares de vezes mais intensos que o campo magnético da Terra) e também por pulsos de radiofrequência semelhantes aos utilizados em transmissão de rádio e em equipamentos de fisioterapia, respondem de maneira seletiva a diferentes estímulos, gerando respostas através de pulsos eletromagnéticos dependentes de suas propriedades moleculares e sua mobilidade nos tecidos do corpo.

Imagens do corpo humano usando a técnica da ressonância magnética são aplicadas em estudos do sistema nervoso central, em diagnósticos músculo-esqueléticos, em cardiologia, na avaliação do fígado e do sistema gastrointestinal e muitas outras aplicações. Assim, esta é outra importante ferramenta de diagnóstico que foi desenvolvida, também, em laboratórios de física fundamental. Os físicos Peter Mansfield e Paul Lauterbur foram laureados pelo Prêmio Nobel em Fisiologia ou Medicina de 2003 pelo desenvolvimento desta técnica de imagens médicas.

Há, também, as áreas da medicina preocupadas com o tratamento do câncer. O câncer é, talvez, a doença mais importante da atualidade, dada sua alta taxa de incidência e de mortalidade ou de perda de qualidade de vida das pessoas afetadas por ela. Assim, desde as primeiras décadas do século XX as radiações, geradas por aceleradores de partículas semelhantes aos usados em laboratórios de pesquisa em física atômica ou nuclear, bem como fontes radioativas da mesma natureza das utilizadas nas pesquisas do casal Curie, são utilizadas para reduzir ou controlar células tumorais no corpo dos pacientes. A radioterapia atual utiliza desde fontes radioativas controladas por mecanismos robóticos na técnica de braquiterapia de altas taxas de dose, até aceleradores de elétrons e prótons, estes últimos ainda não empregados em radioterapia no Brasil, oferecendo altas taxas de curas às pessoas afetadas por essa doença.

Este conjunto de áreas correlatas, envolvendo a Física, a Medicina, a Engenharia, a Bioquímica e muitas outras áreas do conhecimento, deu origem à Física Médica, modalidade profissional em que o Brasil foi protagonista no final do século passado na América Latina e que tem se desenvolvido muito nos últimos anos, em especial na área de formação de recursos humanos. No mundo, a Física Médica se organizou como atividade profissional durante os anos 50 e 60 do século passado, com o incentivo da comunidade científica internacional para a utilização da energia nuclear para fins pacíficos. Dentre os nomes de destaque na Física Médica internacional, provavelmente o professor John R. Cameron (1922–2005), da Universidade de Wisconsin, foi um dos mais impactantes para

Ressonância magnética mostrando as articulações de um joelho.



o desenvolvimento desta área do conhecimento no Brasil. O professor Cameron esteve no Brasil várias vezes, tendo estabelecido importantes colaborações no Instituto de Física (IF) da USP. Aqui, além de apoiar o desenvolvimento científico e estimular estudantes a ingressarem no campo da Física Médica, sugeriu que fosse formada uma associação para reunir os cientistas e profissionais ligados ao tema. Assim, em 1969, foi fundada a Associação Brasileira de Física Médica (ABFM), em uma reunião no Centro de Medicina Nuclear do Hospital das Clínicas da USP e tendo como um de seus fundadores e segundo presidente o professor Shigueo Watanabe, do IF. Durante o decorrer destes quase quarenta anos de desenvolvimento, a ABFM teve diversos presidentes que foram ou são docentes ou ex-alunos do IF. O envolvimento é tão grande que o Congresso Brasileiro de Física Médica de 2019, comemorativo dos 50 anos da associação, será presidido por um professor do Instituto de Física e terá participação ativa de diversos outros membros da comunidade do IF em sua organização. [...]

Atualmente, o Brasil conta com pelo menos 12 programas de graduação em Física Médica, sendo somente um deles na USP, no campus de Ribeirão Preto. Há grande diversidade de programas de pós-graduação em áreas associadas à Física Médica, o que mantém o País em uma posição importante de formação de pessoal qualificado, sendo também referência na América Latina, de onde vem parte dos alunos de pós-graduação que realizam pesquisas em Física Médica. Desde 2012 foram organizados e regulamentados programas de Residência em Física Médica, que oferecem formação de alto nível para profissionais que buscam trabalhar em Física Médica fora do ambiente acadêmico, mas nos hospitais. O IF-USP participa de um desses programas, oferecido pela Faculdade de Medicina da USP, com oferta de formação na área de Diagnóstico por Imagem.

Nas áreas de pesquisa, o Grupo de Dosimetria das Radiações e Física Médica do IF tem realizado trabalhos nas áreas de desenvolvimento e aplicações de materiais dosimétricos, mais recentemente em técnicas de luminescência opticamente estimulada. Tem trabalhado, também, no desenvolvimento de técnicas de dosimetria das radiações nas áreas de tomografia computadorizada, mamografia e radiologia pediátrica. Mais recentemente, uma linha de pesquisa vem trabalhando no desenvolvimento de materiais radiologicamente equivalentes a tecidos humanos, que futuramente deverão ser utilizados para pesquisa e aplicações dosimétricas e para avaliação da qualidade de imagens médicas. Técnicas utilizando luz, ou seja, radiações não ionizantes, também têm sido objeto de estudos no grupo, em parcerias com pesquisadores de outras universidades.

Para os jovens que desejam ingressar na área de Física Médica no século XXI, pode-se observar que as técnicas em desenvolvimento atualmente, como, por exemplo, a utilização de imagens com contraste de fase ou a utilização da informação energética dos fótons para produção de imagens, ou ainda a utilização de núcleos pesados para o desenvolvimento de novas técnicas terapêuticas, têm em comum a necessidade de sólido conhecimento em física fundamental. Sistemas de imagens híbridos, utilizando não somente tecnologias complementares, mas conhecimento de dinâmica biomolecular, farão parte do repertório daqueles que forem trabalhar em Física Médica nas próximas décadas. Somente assim os cientistas da área de Física Médica do futuro poderão empurrar as fronteiras das técnicas atuais usadas para o diagnóstico e o tratamento de doenças e gerar reais benefícios à sociedade, melhorando a precisão da medicina.

COSTA, Paulo. O impacto da física na medicina moderna. **Jornal da USP**, 6 jun. 2018. 2020. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/artigos/o-impacto-da-fisica-na-medicina-moderna/>>. Acesso em: 8 out. 2020.



A tão desconhecida e tão presente Física Médica

Posso te garantir, caro leitor, que ser Físico Médico inclui como dificuldade inerente à profissão ter de explicar o que é Física Médica. Não sou o primeiro (nem serei o último) a dizer que os frutos da Física moldam a realidade do mundo, mas posso ser o primeiro a tentar te convencer que a Física Médica é uma área incrível que atua para que a atividade médica possa ser cada vez mais eficiente. Vamos entender um pouco mais sobre o que a Física Médica estuda?

A Física Médica tem diversas frentes de pesquisas, todas com o mesmo foco: compreender melhor os sistemas biológicos e as formas de interação com eles. Partindo desse ponto, podemos pensar que o Físico Médico atua para que a atividade médica tenha maior precisão, sucesso e segurança, com pesquisas essencialmente relacionadas a duas frentes:

- Elaboração de um processo para extrair informações do sistema biológico (paciente) para que o médico possa interpretá-las. Quanto mais precisa e cognoscível for essa informação para o médico, melhor será sua intervenção. Esse processo analítico recebe o nome de **diagnóstico**.
- Elaborar métodos de interação com o sistema biológico para que tratamentos possam ocorrer visando melhorar a condição de saúde de um paciente. Esse processo recebe o nome de **terapia**.

Equipamento de imageamento por ressonância magnética, uma técnica utilizada no diagnóstico de lesões e outras enfermidades.



Marie Skłodowska Curie, primeira mulher a assumir um cargo de professora na Universidade de Paris e única pessoa a ser laureada com dois prêmios Nobel em áreas científicas diferentes (um de Física e outro de Química).



Radiografia da mão de Anna Bertha Ludwig (primeira radiografia da história), 1895.

Para conhecer um pouco mais sobre a vida e a obra de Marie Curie, acesse o link a seguir e ative as legendas em português.



<https://ftd.li/gijg3q>

Para isso, é necessária uma formação plena em Física acompanhada de ótimas bases em Biofísica – campo que estuda os processos físicos, bioquímicos e fisiológicos que ocorrem nos seres vivos –, Eletrônica – campo que estuda as propriedades e aplicações de dispositivos que dependem do movimento de elétrons em condutores, semicondutores

e gases, buscando controlar a energia elétrica por meios elétricos – e Computação – ciência que busca soluções para um problema inicial (entrada) por meio de um algoritmo (sequência finita de ações).

Há também aplicação de Física Médica na Medicina Veterinária, buscando o bem-estar de animais.

Física Médica na História

Leonardo da Vinci é considerado o primeiro Físico Médico, em razão de seus estudos de biomecânica da locomoção humana e de hidrodinâmica do sistema cardiovascular no século XVI.

Do século XVII em diante, novos instrumentos médicos foram construídos a partir do desenvolvimento da Física e da

Medicina. Trata-se de instrumentos que captam sinais de pressão arterial (esfigmomanômetro) e temperatura (termômetro de mercúrio) e de ondas sonoras (estetoscópio), entre outros.

No fim do século XIX, a Física Médica expandiu seu alcance com a descoberta e estudos da radioatividade, processo pelo qual o núcleo de um elemento químico instável busca atingir um estado mais estável. Esse processo ocorre por meio da emissão de partículas carregadas (alfa e beta) ou da emissão de raios gama, e todas essas emissões são classificadas como radiações ionizantes. Os grandes nomes relacionados aos estudos iniciais da radioatividade são o casal Curie: Pierre e Marie Skłodowska Curie.

Outra descoberta, feita ligeiramente antes da radioatividade natural e também com profundas consequências na prática médica, foi a dos raios X, por Wilhelm Conrad Roentgen, em 1895. Essa descoberta deu aos humanos a incrível capacidade de olhar as estruturas internas do corpo.

Um fato pouco conhecido mostra toda a capacidade da Física Médica em intervir na sociedade. Durante a Primeira Guerra Mundial, Marie Curie e sua filha, Irène Joliot-Curie, gerenciaram 20 hospitais móveis equipados com primitivos aparelhos de raios X. Esses hospitais permitiam detectar e retirar fragmentos de projéteis nos corpos de soldados feridos, devolvendo-os à frente de batalha. Ou seja, o conhecimento de Física das Radiações permitiu a recuperação de soldados, algo inimaginável até o momento. Desde então, muitos estudos foram realizados para que avanços na área nos permitissem desfrutar hoje do radiodiagnóstico.

Um pouco mais tarde, Erwin Schrödinger, em seu livro *O que é a vida? O aspecto físico da célula viva*, discutiu que variações genéticas podem ser interpretadas como estados quânticos de moléculas de DNA. Ele retoma a Teoria das Mutações (genéticas) do biólogo Hugo Marie de Vries e apresenta interpretações baseadas na Física Quântica – ciência que estuda os fenômenos e interações no universo subatômico.

A RADIOATIVIDADE EM GOIÂNIA

No dia 28 de setembro, duas pessoas procuraram a Coordenadoria de Vigilância Sanitária da Secretaria da Saúde, portando uma peça que, segundo informaram, ficava luminosa à noite e que teria provocado lesões em um cidadão que com ela teve contato físico.

Imediatamente a Secretaria da Saúde pôs em alerta seus dispositivos, chegando à conclusão de que um aparelho de radioterapia havia sido roubado e dele fora extraída uma cápsula de Césio-137. Instaurou-se o inquérito policial para apuração de responsabilidades criminal e civil.

A CNEN foi acionada, enquanto a ação preventiva do Governo de Goiás, mobilizando setores da Saúde Pública e de Segurança, permitiu identificar e isolar pessoas e áreas residenciais supostamente contaminadas.

Graças a tais providências, apenas 24 pessoas precisaram ser internadas e 25 casas foram isoladas. Quebrou-se a cadeia de contaminação com o imediato isolamento de focos de irradiação, confinados hoje a somente sete pontos, correspondendo a um espaço físico de dois mil m², num município que ocupa uma área territorial de 929 km².

O conjunto da população de Goiânia está imune aos riscos, uma vez detectados e isolados os focos e afastadas de quaisquer contatos as pessoas contaminadas. Nenhum outro caso de contaminação foi identificado e, das 24 pessoas afetadas, cinco correm risco de vida, num contingente populacional de um milhão e duzentas mil pessoas, em Goiânia.

Com a Assistência técnico-científica, o Governo de Goiás tem o controle absoluto da situação. Embora esse tipo de incidente jamais tenha ocorrido no País, o quadro não configura calamidade pública.

Não procedem as especulações de que mananciais de água poderiam ser atingidos. Minuciosos estudos já permitem ao Governo informar à população de que não há perigo de comprometimento da Saúde Pública. O Governo acompanha todos os casos, mantendo permanente Assistência às famílias (142 pessoas) que foram retiradas dos locais, próximos aos focos.

O Governo de Goiás esclarece ainda que os rejeitos estão sendo recolhidos sob rígidas normas técnico-científicas e serão acondicionados em carretas blindadas, à espera de que sejam transportados para lugar seguro e definitivo, fora das fronteiras do Estado, nos próximos dias.

A singularidade do quadro exige do Governo serenidade, firmeza e determinação por ter consciência de que lida com uma situação delicada, onde é forte o componente emocional da população. Em nenhum momento, porém, o governo faltou com informações absolutamente verdadeiras. Tão grave quanto deixar de falar a verdade é estimular o alarmismo, induzindo a população ao pânico.

Prevaleceu e prevalecerá sempre o compromisso do Governo de Goiás de zelar pela vida humana e pelos interesses da comunidade.

GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS

A terrível tragédia com césio-137 em Goiânia (GO), ocorrida em 1987, aumentou a segurança dispensada a rejeitos nucleares.

Todos os instrumentos utilizados em hospitais e clínicas passaram por processos de criação que envolvem tanto o conhecimento mais elementar da matéria quanto processos biológicos. Quanto mais a Física avançar no conhecimento do universo subatômico, melhores serão os métodos de diagnóstico e terapia.

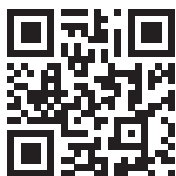
Após eventos como a explosão de bombas atômicas ao final da Segunda Guerra Mundial e os acidentes com materiais radiativos em Chernobyl, na Ucrânia, e em Goiânia (GO), muitas pesquisas foram realizadas sobre os efeitos biológicos nocivos das radiações ionizantes. Os males provocados a curto e longo prazo na população afetada guiaram a elaboração de normas para que as aplicações de radiação sejam feitas de maneira otimizada, de modo que os malefícios devam ser bem menores que os benefícios.

A atuação do físico médico

Um físico médico pode atuar tanto na área clínica hospitalar quanto em pesquisa, docência, regulamentação e vigilância, além de cargos corporativos que viabilizam a produção e a comercialização de instrumentos e aparelhos médicos.

A Física Médica busca diariamente conhecer os conceitos de novas interações de grandezas físicas com o sistema biológico, para que o médico possa ter melhores informações sobre seus pacientes e realizar um planejamento clínico com bases mais precisas. O foco da Física Médica é gerar conhecimento e tecnologia para esse fim por meio da integração do físico médico com profissionais de diversas áreas do conhecimento.

Na internet, há diversos vídeos e notícias sobre o assunto. A seguir, sugerimos dois vídeos sobre a profissão e uma notícia sobre os avanços mais recentes para simuladores na medicina:



<https://ftd.li/q67aat>



<https://ftd.li/6w2im4>



<https://ftd.li/76i9ps>



Rodrigo de P. R. Figueiredo é físico médico e mestrando no programa Física Aplicada à Medicina e Biologia (USP – Ribeirão Preto). O objetivo de suas pesquisas e atuação no Nanotechnology and Radiation Dosimetry Group é voltado para a radiação ionizante.

Formação de imagens em radiodiagnóstico e mamografia

Ao mesmo tempo que se desejam diagnósticos e terapias otimizadas, deseja-se também a redução dos danos provocados ao paciente. O processo de formação de imagens em radiodiagnóstico e mamografia, por exemplo, requer os seguintes conhecimentos:

Biofísica

- A estrutura a ser estudada é interna ao corpo e qualquer procedimento cirúrgico pode causar danos cujo reparo pode ser muito demorado ou não ocorrer.
- Ossos/calcificações, tecidos e ar possuem diferentes durezas e números atômicos efetivos – média ponderada obtida a partir do número atômico dos elementos que constituem tal estrutura. Isso significa que a diferença entre as estruturas químicas das partes que constituem o corpo pode ser utilizada para gerar imagem, conforme explicado no tópico “Física”.

Física

- A interação das estruturas mencionadas com a radiação ionizante ocorre de maneira distinta dentro de um certo espectro energético. A grandeza física que caracteriza a interação entre uma estrutura e um tipo de radiação ionizante é chamada coeficiente de atenuação linear mássico. Por meio dessa grandeza podemos perceber que o ar é mais radiotransparente, enquanto os ossos/calcificações são mais radiopacos.
- Para que uma imagem seja formada, é necessário que haja variação de cor por estruturas. No caso de radiografias e mamografias, trabalha-se com contraste em tons de cinza.
- Toda radiação ionizante pode produzir dano no material biológico em razão de sua capacidade de danificar material genético e também de quebrar a molécula da água, provocando morte celular por toxicidade por causa da produção de água oxigenada em seu interior. Logo, devem-se seguir protocolos de proteção radiológica para que o dano provocado pelo exame seja inferior ao benefício proporcionado. Os protocolos exigem otimização do preparo do técnico em radiologia, do equipamento e do ambiente onde o exame é realizado.

Ciência de Materiais

- No caso de radiografias e mamografias produzidas em filme, estudam-se materiais cuja estrutura seja facilmente modificada pelos raios X e que mantenham a alteração por longo período. O grau de modificação da estrutura do material em função da energia dos raios X recebe o nome de sensibilidade. Quanto mais sensível for o filme, menor será a dose depositada no paciente e menor será o risco de dano biológico.

Eletrônica e Ciências da Computação

- No caso de imagens computadorizadas ou digitais, a radiação não absorvida pelo corpo deve atingir um sistema capaz de detectá-la e processá-la, indicando a estrutura estudada na forma de imagem. Quanto mais sensível for o sistema de detecção, menor será a dose no paciente. Além disso, sistemas computadorizados permitem ao pesquisador maior liberdade ao elaborar um protocolo de aquisição de imagem. Conforme mostrado na primeira reportagem da seção **Contato imediato**, a possibilidade de variar a entrada do feixe de raios X já diminui o dano provocado em um exame de mamografia.

Portanto, a imagem radiológica é formada pelo contraste gerado entre os coeficientes de atenuação linear mássico dos componentes biológicos da estrutura estudada. Parte do feixe de raios X é atenuado ou espalhado pela estrutura biológica e o restante será registrado no filme radiográfico ou no sistema de detecção de sistemas computadorizados ou digitais.

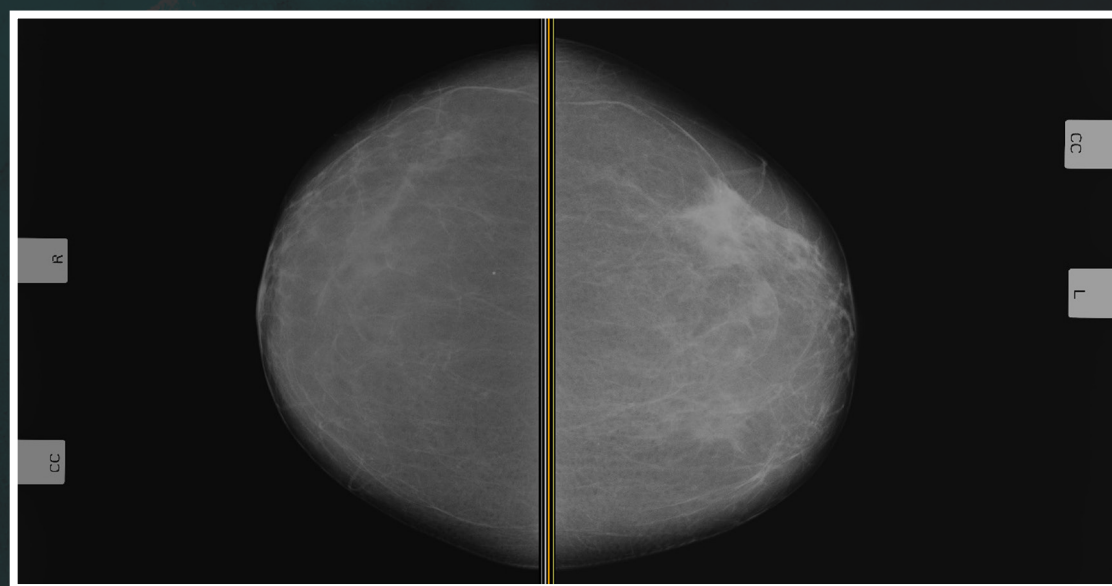


Imagem de mamografia normal.

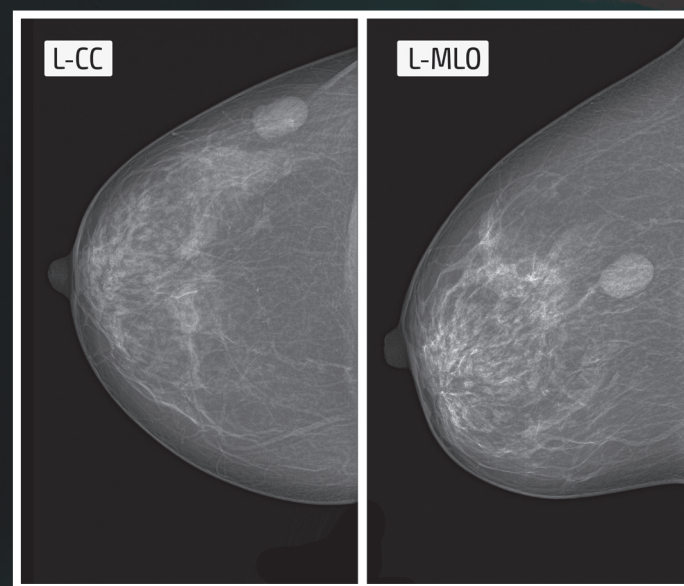
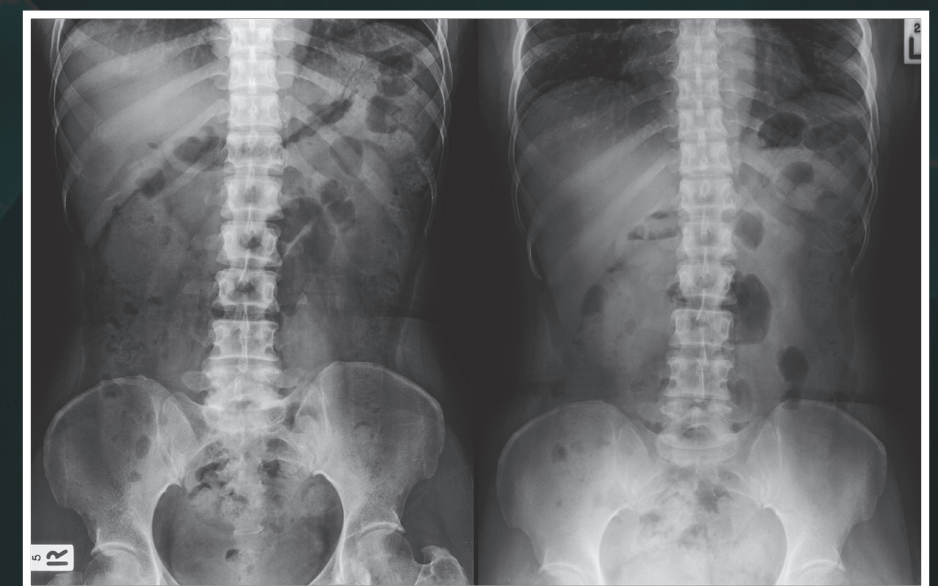
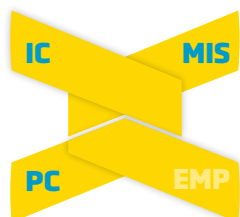


Imagem de mamografia com calcificações.



Radiografia de abdômen em que podemos identificar o ar [parte escura], os tecidos moles [parte cinza] e os ossos [parte branca].



- > **Investigação científica**
- > **Processos criativos**
- > **Mediação e intervenção sociocultural**

A atividade foi pensada para que possa ser feita fora da sala de aula caso a escola esteja fechada por precaução à covid-19. Podem ser usados dispositivos tecnológicos para as discussões em grupo, como planilhas e editores de texto compartilhados, aplicativos de mensagens de texto, redes sociais, entre outros.



O uso de radiação na medicina e na geração de energia é ao mesmo tempo justificável e passível de debates. Os debates se devem ao desconhecimento dominante acerca da natureza das radiações utilizadas, sendo frequentemente categorizadas como entidades nocivas à saúde que podem levar à morte.

Primeiramente, vamos conceituar a radiação. Radiação é o nome dado ao transporte de energia sem transporte de matéria. Logo, uma onda que se propaga em uma corda pode receber o nome de radiação. A luz visível, a rede wi-fi e as ondas de rádio e TV são todas radiações. O que difere esse tipo de radiação da radiação utilizada em radiodiagnósticos, tomografias e medicina nuclear é a quantidade de energia das radiações, sendo estas denominadas radiações ionizantes. As radiações ionizantes recebem esse nome por serem capazes de ionizar um átomo ou uma molécula. Ou seja, são capazes de alterar a estrutura mais elementar de um sistema.

As radiações ionizantes possuem fontes específicas, como transição de elétrons nas camadas mais internas de átomos, freamento de elétrons em altas velocidades ou emissão de excesso energético de um núcleo atômico instável.

1. Antes de rotular as radiações ionizantes como entidades nocivas, vamos pesquisar um pouco. O que difere o planeta Terra dos demais planetas telúricos (planetas rochosos: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte) e da Lua é a sua atividade geológica. Essa atividade promove a renovação do solo da Terra, o que a mantém como um planeta vivo. Essa atividade geológica, assim como o campo magnético terrestre, é consequência do movimento de convecção do manto terrestre. Por fim, esse movimento necessita de calor.

- Qual é a origem desse calor?
- Quais são os núcleos radioativos presentes no manto da Terra?
- Podemos concluir que a radiação ionizante, nesse cenário, é favorável à vida? Justifique.

2. Associe o aquecimento do manto terrestre ao funcionamento de usinas nucleares.

3. A radioterapia é uma intervenção clínica que visa o tratamento de alguns tipos de cânceres. Ela é um ótimo exemplo de como a Física Médica pode proporcionar benefícios à humanidade. Acesse o *site* do Instituto Nacional do Câncer (Inca), disponível em: <<https://ftd.li/274qqw>> e leia sobre o tratamento de radioterapia, seus benefícios, a necessidade de não perder um dia de tratamento e quais são os efeitos colaterais. Agora que você conhece melhor essa prática, crie uma peça de divulgação sobre esse tema que possa contribuir para que mais pessoas conheçam a radioterapia e para evitar a propagação de informações falsas sobre tratamentos de câncer.

Na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT103
- EM13CNT104
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT304
- EM13CNT306
- EMIFCG01
- EMIFCG04
- EMIFCG05
- EMIFCG07
- EMIFCNT05
- EMIFCNT09

Conteúdos abordados:

- Física Médica
- Biofísica
- Física Moderna
- Radiação



As atividades 1 e 2 demandam uma boa carga de pesquisa sobre os temas apresentados. É necessário atentar para a utilização de fontes confiáveis, como *sites* de universidades e revistas científicas.

A seguir, indicamos duas sugestões de leitura:

- O artigo “O interior da Terra”, de Leila Soares Marques, publicado na *Revista da USP* em 2006 e disponível em: <<https://ftd.li/hauwus>>.
- O artigo “Energia nuclear”, de Mahir S. Hussein, publicado na *Revista USP* em 2011 e disponível em: <<https://ftd.li/j355mc>>.

Para compor a peça de divulgação, não se esqueçam de pensar em quem será o público-alvo e qual a melhor maneira de transmitir o conteúdo. Os produtos dessa atividade podem ser avaliados pelo professor e pela classe e passar por correções antes de serem divulgados e cumprirem seu propósito.

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Neste ciclo 2020, **Articulação Itinerários (CNT)** aborda temas relacionados à Ciência e ao Meio Ambiente, com ênfase no conhecimento científico a favor da humanidade, em que se pretende apresentar a ciência como estratégica para o desenvolvimento social, econômico e/ou sustentável, sempre com foco no bem-estar da sociedade e das gerações futuras.



**Diretor-geral**

Ricardo Tavares de Oliveira

Diretor adjunto

Cayube Galas

Gerente editorial

Júlio Ibrahim

Gerente de produção e design

Letícia Mendes de Souza

Editora

Amanda B. Voivodic

Editores assistentes

Alterson Cação

Ligia Cosmo Cantarelli

Luiza Grecco e Marques

Colaboradora

Fernanda de Lima Bernardes

Coordenador de eficiência e analytics

Marcelo Henrique Ferreira Fontes

Supervisora de preparação e revisão

Adriana Soares de Souza

Preparação e revisão

Equipe FTD

Coordenadora de imagem e texto

Marcia Berne

Pesquisa de Iconografia

Equipe FTD

Coordenadora de criação

Daniela Máximo

Supervisor de produção e arte

Fabiano dos Santos Mariano

Projeto gráfico

Bruno Atilli

Editora de arte

Adriana Maria Nery de Souza

Créditos das imagens:

p.1. wonderisland/Shutterstock.com; p.2 Imagem cedida por Dr. Lucas R. Borges e Dr. Marcelo A.;
p.3. Buravleva stock/Shutterstock.com p.4. Bal Iryna/Shutterstock.com, sbellott/Shutterstock.com;
p.5. Yok_onepiece/Shutterstock.com;
p.6. Creativity lover/Shutterstock.com; p.8 Ezz Mika Elya/Shutterstock.com;
p.9. akg-images/Album/ Fotoarena, Science Photo Library/Fotoarena;
p.10. Arquivo/Agência Estado/AE, Acervo pessoal, Olga Hmelevskaya/Shutterstock.com;
p.11. Olga Hmelevskaya/Shutterstock.com, blackdesignart/Shutterstock.com,
vanzitto/Shutterstock.com, MossStudio/Shutterstock.com;
p.13. Macrovector/Shutterstock.com