



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**ABORDAGEM DE PROBLEMAS AMBIENTAIS NAS AULAS DE FÍSICA DO
ENSINO MÉDIO: GUIA DE ORIENTAÇÕES PARA O PROFESSOR**

Almir Guedes dos Santos

Material instrucional associado à dissertação “Uma proposta para abordagem de problemas ambientais de uma escola nas aulas de Física para o Ensino Médio”, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores: Fernando de Souza Barros e
Hélio Salim de Amorim

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2012

Abordagem de problemas ambientais nas aulas de Física do Ensino Médio: guia de orientações para o professor

Este guia de orientações para o professor visa atender aos professores interessados na proposta geral de ensino sobre temas ambientais desta dissertação e nas suas aplicações a três exemplos de problemas ambientais comuns em centros urbanos brasileiros. No entanto, destacamos que somente a leitura deste guia não é suficiente para compreender os fundamentos, os objetivos educacionais, além das possibilidades e dificuldades envolvidas na proposta e nos seus exemplos. Por isso, recomendamos a leitura da dissertação, antes da utilização desta proposta e seus exemplos na sala de aula.

A.1. Proposta de ensino para temas ambientais

A estruturação da proposta de ensino para temas (ou problemas) ambientais desta dissertação está no Quadro A.1, cuja previsão para implementação em sala de aula, independente do problema ambiental em tela, é de 4 dias de aula, no âmbito da Física na rede estadual de ensino do Rio de Janeiro, cuja carga horária semanal é de 1h40min nos turnos da manhã e da tarde e cujas turmas contam com cerca de 30 alunos, em média, na sala de aula (por exemplo, na escola onde o autor leciona).

Primeiro dia	
1ª etapa: Questionário Inicial	O professor entrega o Questionário Inicial com perguntas que relacionam o tema abordado com a experiência e conhecimento pessoal de cada aluno. Além de fazê-los começar a pensar sobre os assuntos relativos ao problema ambiental, o Questionário Inicial servirá como um pré-teste (ou avaliação inicial).
2ª etapa: Abertura com Vídeos Instrucionais	O professor faz uma introdução geral do problema ambiental em tela e apresenta dois Vídeos Instrucionais .

<p>3ª etapa: Discussão sobre o Questionário Inicial e os dois Vídeos Instrucionais</p>	<p>O professor comenta as respostas apresentadas no Questionário Inicial, construindo com os alunos correlações com os aspectos destacados nos dois Vídeos Instrucionais. Para tal, o professor seguirá os seguintes eixos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - o quanto os problemas ambientais em tela o afetaram/afetam? - o que pensam sobre a possibilidade de se enfrentar esses problemas: o cidadão pode fazer alguma coisa? - ações globais versus ações locais. -o que pensam sobre conhecimentos novos relativos ao problema ambiental em tela? -quais as relações entre os conhecimentos físicos e o problema ambiental em discussão?
<p>4ª etapa: Sistematização da discussão sobre o Questionário Inicial e os dois Vídeos Instrucionais</p>	<p>O professor sistematiza no quadro da sala de aula os principais aspectos levantados pelos estudantes durante a discussão sobre o Questionário Inicial e os dois Vídeos Instrucionais, aproveitando para esclarecer eventuais dúvidas sobre os conhecimentos físicos envolvidos.</p>
<p>Segundo dia</p>	
<p>5ª etapa: Texto de Apoio Didático</p>	<p>O professor faz uma explanação sobre aspectos centrais do problema ambiental em tela, entregando, em seguida, o Texto de Apoio Didático. Após sua leitura, cada dupla de alunos recebe o Questionário de Apoio ao Texto com perguntas relacionadas diretamente ao Texto de Apoio Didático.</p>
<p>6ª etapa: Questionário de Apoio ao Texto</p>	<p>Enquanto os alunos estiverem respondendo o Questionário de Apoio ao Texto, o professor se movimenta pela sala de aula para esclarecer dúvidas e instigar reflexões acerca do texto.</p>
<p>7ª etapa: Discussão sobre o Texto de Apoio Didático e seu Questionário de Apoio ao Texto</p>	<p>As duplas de alunos se organizam em círculo para o professor estabelecer uma discussão entre todas as duplas da turma. Essa discussão seguirá os mesmos eixos considerados na 3ª etapa.</p>

<p>8ª etapa: Sistematização da discussão sobre o Texto de Apoio Didático e seu Questionário de Apoio ao Texto</p>	<p>O professor sistematiza no quadro da sala de aula os principais aspectos levantados pelos estudantes durante a discussão sobre o Texto de Apoio Didático e seu Questionário de Apoio ao Texto, aproveitando novamente para esclarecer eventuais dúvidas sobre os conhecimentos físicos envolvidos.</p>
<p>Terceiro dia</p>	
<p>9ª etapa: Introdução à atividade experimental, com as Perguntas de Introdução ao Experimento</p>	<p>O professor faz considerações gerais sobre o problema ambiental em tela, e realiza duas Perguntas de Introdução ao Experimento para os estudantes, seguindo as vertentes abaixo: -o problema ambiental em tela influencia o desempenho das pessoas na escola? Justifique. - como podemos verificar a resposta e respectiva justificativa para a pergunta anterior?</p>
<p>10ª etapa: Considerações sobre a atividade experimental</p>	<p>O professor espera que os estudantes forneçam respostas positivas para a primeira pergunta da etapa anterior, tais como sim, certamente, etc., e se refiram às medidas experimentais como forma para a resposta da pergunta. A primeira resposta é aberta, porém, a segunda não. Caso os estudantes não cheguem à segunda resposta, o professor deve levá-los à necessidade de realizar medidas experimentais para avaliar as respostas da primeira pergunta.</p>
<p>11ª etapa: Instrumento de Medição do Parâmetro Físico Experimental</p>	<p>O professor ensina os estudantes a utilizarem o Instrumento de Medição do Parâmetro Físico Experimental relativo ao problema ambiental em tela, apresentando sua medida e estimando sua incerteza.</p>
<p>12ª etapa: Relatório Experimental</p>	<p>Os alunos recebem orientações sobre o preenchimento do Relatório Experimental, no qual deverão registrar a medida experimental e anotar os comentários de uma pessoa em cada ambiente sobre a influência do Parâmetro Físico Experimental em medição sobre a mesma.</p>
<p>13ª etapa: Medição experimental e relatos de pessoas</p>	<p>Cada dupla de alunos sairá pela escola, e deverá cumprir esta tarefa em três</p>

	ambientes distintos, com previsão total de 10 a 20 min para cada dupla realizá-la e retornar à sala de aula.
Quarto dia	
13ª etapa (continuação): Medição experimental e relatos de pessoas	Cada dupla de alunos sairá pela escola e deverá cumprir esta tarefa em três ambientes distintos, com previsão total de 10 a 20 min para cada dupla realizá-la e retornar à sala de aula.
14ª etapa: Discussão sobre as medidas experimentais e dos relatos das pessoas	O professor estabelece com os estudantes uma discussão sobre os resultados obtidos pelas duplas, estabelecendo correlações entre as medidas experimentais e os relatos das pessoas.
15ª etapa: Sistematização da discussão acerca das medidas experimentais e os relatos das pessoas	O professor realiza uma sistematização das discussões desta etapa no quadro da sala de aula, levando-se em conta as considerações consensuais apresentadas pelas duplas, e apontando outras relevantes que não forem levantadas.
16ª etapa: Questionário Final	O professor entrega o Questionário Final (igual ao Questionário Inicial) para os alunos responderem individualmente novamente. Dessa forma, o professor poderá avaliar se houve avanço na compreensão dos alunos a respeito dos novos conhecimentos, ou seja, se alguns dos objetivos almejados foram alcançados para cada aluno. Esse Questionário Final representa, então, um pós-teste (ou avaliação final).

Quadro A.1: Estruturação geral das estratégias e ferramentas didáticas da proposta de ensino para problemas ambientais.

O caráter geral do Quadro A.1 posterga para as seções seguintes deste apêndice (A.2, A.3 e A.4) a apresentação das ferramentas didáticas e informações específicas de cada um dos três exemplos de problemas ambientais deste trabalho, as quais estão em negrito no quadro acima e incluem: 1) **Questionário Inicial (e Final)**; 2) **Vídeos Instrucionais**; 3) **Texto de Apoio Didático**; 4) **Questionário de Apoio ao Texto**; 5) **Parâmetro Físico Experimental**; 6) **Instrumento de Medição**; e 7) **Perguntas de Introdução ao Experimento**.

Os exemplos de problemas ambientais para ilustrarmos a proposta de ensino desta dissertação foram identificados pelo autor na escola da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro onde leciona Física no Ensino Médio. Embora essa escola apresente diversos problemas ambientais, optamos pela abordagem de três deles (ver Quadro A.2), os quais se correlacionam com assuntos da grade curricular vigente na rede estadual (SEEDUC, 2010).

Problema ambiental	Tema	Assuntos prévios na grade curricular
1	Temperaturas elevadas e efeitos locais em centros urbanos das mudanças climáticas globais	Termodinâmica, termometria e calorimetria
2	Níveis sonoros nas grandes cidades e seus efeitos sobre a população	Ondas, som e acústica
3	Radiação ultravioleta em cidades brasileiras e seus reflexos na saúde humana	Ótica, luz e espectro eletromagnético

Quadro A.2: Sistematização dos problemas ambientais exemplificados nesta dissertação frente aos assuntos da grade curricular (SEEDUC, 2010).

Segundo o Quadro A.2, verificamos que os temas ambientais são discutidos dentro do referencial teórico da Física que será tratado nas aulas expositivas subsequentes pelo professor da escola. Cada problema ambiental é aplicado no momento devido, em sintonia com a ementa regular da disciplina e antes das aulas sobre os conhecimentos físicos envolvidos (ver Quadro A.3), ou seja, a abordagem de cada problema ambiental sempre antecede a sequência expositiva da matéria, integrando-se a ela.

Salientamos ainda que os três problemas não são sucessivos na grade curricular de Física do Ensino Médio. Considerando a grade curricular vigente (SEEDUC, 2010) na rede estadual de ensino do Rio de Janeiro, os problemas 1 e 2 são adequados, respectivamente, para a 1ª e 3ª séries do Ensino Médio, ao passo que o problema 3 pode ser utilizado em ambas as séries.

Problema ambiental	Conhecimentos específicos	Conhecimentos na grade curricular
1	Mudanças climáticas; efeito estufa; ilhas de calor; medição de temperatura e sua incerteza; e correlações entre temperatura e organismo humano.	Calor; temperatura; escalas termométricas; termômetro; mudanças de fase; 1ª lei da Termodinâmica; radiação térmica; luz; reflexão e absorção da luz; e espectro eletromagnético.
2	Poluição sonora; audiograma; medição de nível de intensidade sonora e sua incerteza; e relações entre nível sonoro e saúde humana.	Ondas; frequência; comprimento de onda; fenômenos ondulatórios; som; intensidade sonora; NIS; e decibelímetro.
3	Camada de ozônio; buraco na camada de ozônio; medição de radiações UV e sua incerteza; índice UV; e correlações entre radiações UV e saúde humana.	Ondas; frequência; comprimento de onda; fenômenos ondulatórios; espectro eletromagnético; radiação ultravioleta; medidor de radiação ultravioleta; e interações entre radiação e matéria.

Quadro A.3: Conhecimentos específicos de cada problema ambiental e seus respectivos conhecimentos físicos na grade curricular da rede estadual.

Apresentamos nas seções seguintes (A.2, A.3 e A.4) os três exemplos de problemas ambientais identificados pelo autor em centros urbanos brasileiros e na sua escola, com suas ferramentas didáticas e informações específicas de cada problema e que não foram especificadas no Quadro A.1, devido ao seu caráter geral. Nesse sentido, estas ferramentas e informações serão explicitadas objetivamente, de modo que recomendamos a leitura na íntegra ao menos da seção da dissertação referente a cada problema ambiental.

A.2. Problema 1: Temperaturas elevadas e efeitos locais nos centros urbanos das mudanças climáticas globais

- 1) Existem problemas envolvendo temperaturas elevadas na sua casa, rua ou escola? Exemplifique.
- 2) O que você pode dizer sobre as chuvas ocorridas nos últimos verões (2010 e 2011) no Rio de Janeiro?
- 3) As recentes chuvas, em 2010 e 2011, causaram problemas no seu bairro, rua ou escola? Cite dois exemplos.
- 4) O que você entende por mudanças climáticas? E por efeito estufa? Representam o mesmo fenômeno?
- 5) Qual é a sua compreensão sobre ilhas de calor? Quais os fatores que a influenciam?
- 6) Existem relações entre as mudanças climáticas globais e as elevadas temperaturas na cidade do Rio de Janeiro? Explique.
- 7) Quais são os responsáveis pelos problemas causados pelas recentes chuvas no seu bairro, rua ou escola? E pelas mudanças climáticas globais?
- 8) O que pode ser feito para resolver os problemas advindos das chuvas intensas? E quanto às mudanças climáticas?

Questionário A.1: Questionário inicial (e final) do Problema I.

Onde encontrar	Site do INPE ou Youtube
Produzido por	MAMUTE MÍDIA web multimídia e-learning e INPE
Série	Mudanças Ambientais Globais
Duração	2min17s
Resumo	Aborda os fatores responsáveis pelas mudanças climáticas globais causadas pelo homem, tais como expansão da produção industrial e aumento de poluentes na atmosfera. Apresenta, então, suas consequências, que incluem intensificação do efeito estufa e aumento da temperatura média da Terra, e indícios e projeções sobre as mudanças climáticas. Finalmente, fez alusões à relevância do IPCC.
Observação	A expressão <i>mudanças ambientais globais</i> é utilizada no vídeo como sinônimo para <i>mudanças climáticas globais</i> .

Tabela A.1: Mudanças Climáticas Globais (Disponível em: <http://youtu.be/QCwXuEBDcU0>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

Onde encontrar	<i>Site do INPE ou Youtube</i>
Produzido por	MAMUTE MÍDIA <i>web</i> multimídia <i>e-learning</i> e INPE
Série	Mudanças Ambientais Globais
Duração	4min20s
Resumo	O efeito estufa da Terra é apresentado mediante uma analogia com o efeito estufa que ocorre dentro um ônibus. Aparecem considerações sobre a interação entre radiações (infravermelha e ultravioleta) e atmosfera terrestre (gases estufa) e sua correlação com a temperatura média e o balanço energético da Terra. São apontadas consequências decorrentes do aumento da emissão de gás carbônico para a atmosfera.
Observação	<i>Gases estufa</i> é uma expressão que aparece como sinônimo para <i>gases do efeito estufa</i> .

Tabela A.2: Efeito Estufa (Disponível em: <http://youtu.be/soicSlswjOk>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

Texto 1: *Temperaturas elevadas nas grandes cidades e suas correlações com os efeitos locais das mudanças climáticas globais*

Ondas de calor, recordes de temperatura, estreitamento de faixas de areia, mudanças nos horários de partidas de futebol, recordes nas vendas de aparelhos condicionadores de ar, inundações e deslizamentos de encostas são situações noticiadas pelos meios de comunicação relacionadas a eventos ambientais extremos, e com os quais geralmente precisamos conviver direta ou indiretamente na região metropolitana do Rio de Janeiro. As adaptações da população face aos referidos eventos incluem diversas ações, tais como a utilização de roupas leves, a hidratação constante do corpo (principalmente com água), a atenção aos noticiários meteorológicos locais e a improvisação de guarda chuva como guarda sol. No entanto, sabemos que existem grupos sociais mais vulneráveis diante da dificuldade para amenizar as consequências desses eventos ambientais.

A parcela da população que não dispõe de condições para evitar os reflexos comumente prejudiciais desses eventos ambientais abrange as pessoas que habitam os subúrbios, destacadamente nos morros e favelas, além das pessoas que precisam passar de carro, de ônibus ou a pé por áreas passíveis de alagamentos. Nestas regiões, consideradas de significativa vulnerabilidade ambiental, os habitantes estão sujeitos a desastres relacionados aos deslizamentos de encostas (ver Foto A.1), a inundações de casas, ruas e avenidas (ver Foto A.2), e às elevadas temperaturas registradas desde a década de 1990.



Foto A.1: Deslizamento de encosta no Morro do Bumba, em Niterói, em abril de 2010. (Disponível em: <http://veja.abril.com.br>. Acesso em 04 de setembro de 2011).



Foto A.2: Alagamento na Praça da Bandeira, na zona norte do Rio de Janeiro, em abril de 2010 (Disponível em: <http://noticias.r7.com>. Acesso em 04 de setembro de 2011).

No tocante aos deslizamentos e às inundações, a população que habita zonas ambientalmente vulneráveis carece de apoio dos governos e demais autoridades políticas, de modo que amenizar os efeitos desses eventos ambientais implica em abandonar suas casas, o que geralmente não é aceito pela inexistência de outro espaço para moradia. Nesse sentido, verificamos

pelos meios de comunicação que as ações governamentais ocorrem somente quando há grandes desastres, tais como o de Angra dos Reis em janeiro de 2010, o de Niterói em abril de 2010 (ver Foto A.1 acima) e o da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro em janeiro de 2011, nos quais ocorreram perdas materiais enormes e, sobretudo, humanas irreparáveis. Estas posturas dos governantes se tornaram infelizmente recorrentes no contexto brasileiro e, mais recentemente, suspeitas de utilizações ilícitas e superfaturadas de verbas públicas na recuperação de cidades afetadas por problemas ambientais, tais como Nova Friburgo e Teresópolis, aumentou a indignação da população com aqueles que deveriam representá-la e defender os interesses públicos, não particulares.

Esses problemas ambientais estão relacionados à intensificação do efeito estufa mediante a excessiva emissão de dióxido de carbono pelas mais variadas fontes relacionadas às atividades humanas. Ademais, a degradação do meio ambiente urbano devido a sua ocupação descontrolada tem dado origem às ilhas de calor, as quais também contribuem com tais problemas ambientais.

A radiação solar que incide na atmosfera terrestre é parcialmente absorvida e refletida de volta ao espaço por seus gases constituintes, tais como dióxido de carbono, vapor d'água, nitrogênio, oxigênio e ozônio, e pelas nuvens e poeiras em suspensão, o que representa em torno de 30% de toda a radiação solar que chega ao planeta Terra. A outra parcela da radiação solar, ou seja, cerca de 70%, alcança a superfície terrestre, sendo absorvida e, então, emitida de volta ao espaço. Essa radiação é emitida sob a forma de radiação infravermelha (que transporta calor), provocando o aquecimento da atmosfera terrestre pela absorção de radiação infravermelha pelo dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, halocarbonetos e vapor d'água. Esses gases são chamados gases do efeito estufa.

Esse equilíbrio energético no sistema atmosfera-terra-oceanos (energia que entra na atmosfera terrestre é igual a que sai) é responsável por manter a temperatura média do nosso planeta em aproximadamente 15°C. Esse fenômeno natural é denominado efeito estufa, o qual é fundamental para a biodiversidade da fauna e flora terrestre. Caso não houvesse atmosfera na

Terra, não ocorreria este fenômeno, de modo que a temperatura média seria de aproximadamente -18°C .

A influência humana sobre o clima terrestre começou com a Revolução Industrial Inglesa (século XVIII), quando teve início a emissão significativa de dióxido de carbono para a atmosfera terrestre pelas indústrias. O dióxido de carbono (CO_2) é o principal gás de contribuição antropogênica para o aquecimento global e sua emissão para a atmosfera terrestre provém das atividades industriais, dos veículos automotores à combustão e das queimadas das florestas. Como dissemos, o CO_2 , assim como os demais gases do efeito estufa, funciona como uma espécie de barreira atmosférica que dificulta a dispersão do calor emitido pela superfície terrestre para o espaço. Esta tendência é apresentada graficamente abaixo:

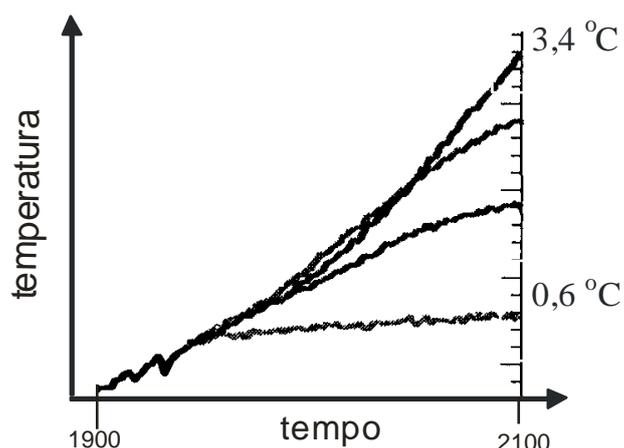


Gráfico A.1: Previsões (0,6 a 3,4 °C) do aquecimento global por gases de efeito estufa (1900 a 2100): (IPCC, 2007, p.7).

Por que uma variação máxima de apenas $2,8^{\circ}\text{C}$ seria um problema para a humanidade? Porque este valor é uma média global que oculta grandes flutuações climáticas responsáveis por desastres ambientais. Inclusive, uma designação mais apropriada para o aquecimento global seria mudanças climáticas, de modo que ficaria evidente que não está ocorrendo aquecimento em todas as regiões do planeta. No cenário previsto atualmente, o aquecimento global tenderá a crescer, no entanto, conforme observamos no Gráfico A.1 as previsões indicam a tendência deste fenômeno, já que seus níveis finais foram conjecturados (estimados mediante hipóteses).

O derretimento (processo de fusão) atual dos glaciares e do gelo contido no topo das montanhas, assim como a expansão térmica dos oceanos, levaram a um aumento do nível médio do mar em torno de 10 a 20 cm nos últimos 100 anos, com conseqüente redução das faixas de areia em algumas cidades litorâneas. Por outro lado, numa atmosfera mais aquecida aumenta a quantidade de vapor d'água no ar, que é um gás do efeito estufa. Observações mostram que desde 1970 um aumento de 0,55°C na temperatura do ar sobre os oceanos acarretou em um aumento de 4% de vapor d'água. Com o aumento de temperatura e de vapor d'água, verifica-se uma tendência de aumento na frequência de ocorrência de chuvas intensas.

Outro fator de caráter antropogênico que contribui para o aquecimento global são as denominadas ilhas de calor, fenômeno típico dos grandes centros urbanos. A ilha de calor é um fenômeno de aquecimento local das grandes cidades, mas que também contribui para o aquecimento global. A emissão de calor pelos veículos automotores e indústrias contribui para sua formação, entretanto, esse fenômeno local é fortemente influenciado pelo planejamento urbano mediante diversos fatores, tais como impermeabilização dos solos, falta de árvores e adensamento de uso de espaços urbanos (por exemplo: Complexo do Alemão). É possível encontrarmos na região metropolitana do Rio de Janeiro localidades, concentrando escolas, residências e hospitais, próximas de avenidas que possuem tráfego intenso de veículos automotores e nas quais também ocorrem formações das ilhas de calor. Como exemplo, apresentamos a Foto A.3 no intuito de ilustrar uma região do subúrbio que tem se mostrado muito vulnerável.



Foto A.3: Localidade ambientalmente vulnerável abrangendo Acari, Fazenda Botafogo e Coelho Neto, bairros da zona norte do subúrbio da cidade do Rio de Janeiro (Disponível em: <http://maps.google.com>. Acesso em 21 de novembro de 2010).

Na região acima, a população enfrenta problemas ambientais apontados como reflexos do aquecimento global. Esses reflexos envolvem recorrentes tempestades que levam a inundações de casas, ruas e avenidas (ver Foto 4.4 abaixo) e elevadas temperaturas (ver Foto 4.5 abaixo).



Foto A.4: Enchente de rua e avenida (após temporal intenso na localidade da Foto 4.3) entre as estações de metrô Coelho Neto e Acari / Fazenda Botafogo, em janeiro de 2009 (Foto: Almir G. Santos).



Foto A.5: Temperatura registrada por termômetro digital (na região da Foto 4.3) nas proximidades da estação de metrô Acari / Fazenda Botafogo, em março de 2009 (Foto: Almir G. Santos).

A vulnerabilidade da população que habita e convive na região acima poderia ser amenizada se houvesse mobilizações do governo e demais políticos, além de outros órgãos competentes, realizando a limpeza de ruas e boeiros, a dragagem de rios e o incentivo às caminhadas e ao uso de bicicletas e metrô, meios de transporte ecologicamente corretos. No entanto, sabemos que para esta mobilização ser bem-sucedida, precisaria contar com a participação efetiva da população, o que envolve mudanças sociais, culturais e econômicas sobre seus hábitos.

Na região ilustrada pela Foto A.3 existem muitas escolas, dentre as quais, numa delas as elevadas temperaturas dificulta por vezes a concentração e o humor de alunos e professores, representando prejuízos para o processo de ensino-aprendizagem. Outra situação vivenciada nesta escola são as ausências de alunos em dias de temporais intensos, os quais, ou não conseguem chegar à escola devido ao alagamento de ruas e avenidas, ou ficam em casa colocando os móveis e eletrodomésticos em locais altos devido à possibilidade de inundações de suas residências.

Salientamos que esse é um problema ambiental urbano típico da região metropolitana do Rio de Janeiro, na medida em que também ocorrem inundações nas proximidades de instituições de ensino localizadas em bairros valorizados da cidade do Rio de Janeiro, tal como no do Maracanã.

No cenário atual, temos alguns obstáculos a superar, pois, por um lado, há abrangência reduzida de ciclovias no estado do Rio de Janeiro e metrôs superlotados nos horários do *rush*, e, por outro, os carros e motos ainda representam para muitas pessoas uma questão de status social e econômico na sociedade. Entretanto, dentro de uma perspectiva de construção de um mundo mais justo, solidário e ecologicamente sustentável, precisamos repensar nossos hábitos e ações que repercutem negativamente sobre o nosso ambiente e planeta e, evidentemente, as prioridades políticas dos políticos que se dispõem a nos representar, elegendo aqueles que demonstrem preocupações reais com a natureza e o bem-estar ambiental da população nas grandes cidades.

- 1) O que tem ocorrido com as temperaturas médias no Rio de Janeiro nos últimos anos, em 2010 e 2011? Justifique.
- 2) Existem correlações entre temperaturas e eventos ou situações vivenciadas por você na sua casa, rua ou escola? Exemplifique.
- 3) Cite situações que ilustram o aumento da temperatura média global nos últimos anos (desde a década de 1990)? Com quais já conviveu (ou quais já observou)?
- 4) O que é o fenômeno do efeito estufa? Suas consequências são benéficas ou maléficas para os seres humanos? Exemplifique.
- 5) Explique o aquecimento global. Existe(m) diferença(s) entre aquecimento global e mudanças climáticas? Se sim, qual (ou quais)?
- 6) O que são as ilhas de calor? Quais os fatores que a influenciam?
- 7) Quais os principais fatores responsáveis pelo aquecimento global?
- 8) Os efeitos do aquecimento global são iguais para toda a população do Rio de Janeiro? Por quê?
- 9) Como o poder público pode amenizar as consequências do aquecimento global onde moramos? Explique.
- 10) Quais as nossas contribuições para reduzir os reflexos prejudiciais do aquecimento global na região de nossas residências? Justifique.

Questionário A.2: Questionário de apoio ao texto do Problema 1.

No tocante à atividade experimental deste problema ambiental, as **Perguntas de Introdução ao Experimento** são: 1) *As temperaturas nos diversos ambientes da escola influenciam o desempenho das pessoas? Justifique;* e 2) *Como podemos testar as hipóteses da pergunta anterior e sua justificativa?*

O **Instrumento de Medição** é o termômetro digital portátil, sendo possível, no caso de dificuldades financeiras da escola, utilizar o termômetro de álcool. Salientamos que são necessários dois instrumentos, independente do tipo, e, evidentemente, o **Parâmetro Físico Experimental** é a temperatura ambiente.

Quanto ao **Relatório Experimental**, a pergunta correlacionando o parâmetro físico do problema ambiental com seus reflexos na vida das pessoas em cada ambiente da escola é: *A temperatura neste lugar influencia seu desempenho? Explique.*

O problema ambiental da seção seguinte aborda os níveis sonoros nos centros urbanos e seus reflexos na saúde humana.

A.3. Problema 2: Níveis sonoros nas grandes cidades e seus efeitos sobre a população

- 1) Os “sons altos” encontrados em casa, nas ruas e na escola representam problemas para você? Apresente exemplos.
- 2) Os “volumes altos” de fones de ouvido ou da televisão afetam a saúde humana? Justifique.
- 3) É possível encontrar ambientes da escola onde o “som elevado” pode prejudicar? Explique.
- 4) Quais os problemas de saúde que os “sons altos” podem trazer para os seres humanos?
- 5) O que você entende por poluição sonora? E por níveis sonoros?
- 6) Qual o seu entendimento sobre audiograma? E sobre “dB”?
- 7) Quais são os responsáveis pela poluição sonora nas grandes cidades? Cite exemplos.
- 8) Quem (ou o que) produz poluição sonora na escola? Exemplifique.
- 9) O que pode ser feito para acabar com ou reduzir a poluição sonora nas grandes cidades? E na escola?

Questionário A.3: Questionário inicial e final do Problema 2.

Onde encontrar	<i>Youtube</i>
Produzido por	CREA MT
Programa	CREA na TV
Duração	4min
Resumo	São realizadas considerações gerais e introdutórias sobre a poluição sonora, para, então, contextualizar este problema na cidade de Cuiabá (MT). E seguida, apresenta dados de reclamações da população e informações sobre o decibelímetro e os níveis sonoros relativos a alguns ambientes. Por fim, expõe os problemas de saúde vinculados à poluição sonora e as ações de redução e fiscalização.
Observação	É utilizado o termo <i>volume</i> (pelo fiscal da secretaria de meio ambiente de Cuiabá) ao invés de <i>nível sonoro</i> .

Tabela A.3: Danos da Poluição Sonora (Disponível em: <http://youtu.be/L7nxPvYDCs>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

Onde encontrar	<i>Youtube</i>
Produzido por	Repórter ECO – TV Brasil
Programa	Repórter ECO – TV Brasil
Duração	4min28s
Resumo	São comentadas ideias de John Cage sobre música e situações gerais da poluição sonora em São Paulo. A poluição sonora é conceituada e correlacionada por Eduardo Murgel ao nosso cotidiano e a problemas de saúde. Em seguida, este autor faz considerações sobre a poluição sonora no mundo animal e as formas de mitigar este problema ambiental nos centros urbanos.
Observação	Não são feitas considerações sobre os conceitos físicos envolvidos na poluição sonora.

Tabela A.4: Poluição Sonora (Disponível em: <http://youtu.be/2hDVOqXoeaE>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

Texto 2: Os altos níveis sonoros nas regiões metropolitanas e seus reflexos sobre a população

A população dos grandes centros urbanos brasileiros convive com problemas ambientais que podem trazer sérios danos à saúde e à qualidade de vida, dos quais destacamos o excesso de ruído, situação conhecida como poluição sonora. Embora o conceito de poluição sonora seja um tanto subjetivo, pois as músicas de uma banda de *rock* podem ser fontes de ruídos perturbadoras para algumas pessoas, mas entendidas como expressões artísticas por outras, consideraremos, para fins práticos, que poluição sonora será a situação ou o evento em que a emissão excessiva de som acarreta prejuízos para a saúde humana individual e coletiva, incluindo-se aspectos físicos, emocionais, psíquicos e fisiológicos, tais como perdas temporárias e permanentes de audição, estresse, insônia e problemas cardíacos, arteriais e estomacais.

Embora seja enorme a diversidade de locais e horários em que os habitantes das grandes cidades ficam sujeitos a níveis sonoros danosos para sua saúde e qualidade de vida, existem aquelas situações mais comuns e

preocupantes para a população em geral, sobretudo, a que habita as zonas de risco ambiental dos subúrbios dos centros urbanos brasileiros. Essas situações envolvem: 1) buzinas e barulhos de veículos automotores; 2) conversas em voz alta entre passageiros nos transportes públicos; 3) pessoas falando ao celular no modo vivavoz (no sistema convencional e, principalmente, no Nextel), ouvindo música ou assistindo televisão no celular (sistema de TV digital) com nível sonoro muito elevado nos meios de transporte público; 4) adolescentes e adultos ouvindo música no fone de ouvido em nível sonoro tão alto que incomoda quem se encontra nas proximidades; e 5) ruídos provenientes do motor ou de peças soltas ou com folgas em trens e ônibus.

Para algumas pessoas, as situações de poluição sonora envolvem a própria profissão, tais como: o operário da construção civil e os ruídos advindos de batidas de marretas, de máquinas cortadoras de azulejo e de britadeiras; o motorista de ônibus coletivo e o barulho do seu motor; o operador de tráfego (de trânsito) e os roncos de motores e barulhos de buzinas; e o professor e os alunos de uma escola e os sons elevados de conversas barulhentas na sala de aula. No caso do professor e dos alunos, destacamos que suas saúdes sofrem as consequências da poluição sonora, tendo em vista que: 1) a acústica das salas de aula é inadequada para falar e ouvir; 2) os estudantes conversam entre si em voz muito alta; e 3) as salas de aula podem se localizar nas proximidades de ruas e avenidas, cujo tráfego intenso de veículos traz ruídos indesejáveis para o processo de ensino-aprendizagem.

Apesar das situações acima causarem claramente irritação às pessoas envolvidas, os prejuízos para sua saúde podem ir muito além da simples irritabilidade, pois incluem, dentre outros danos: 1) perda temporária ou permanente na audição em médio e longo prazo; 2) distúrbios cardíacos, arteriais e estomacais; 3) estresse; 4) insônia; 5) dificuldade de concentração; 6) queda de rendimento no trabalho; e 7) problemas emocionais. Esses problemas de saúde são muito preocupantes, sobretudo porque se desenvolvem silenciosamente no nosso organismo, de modo que somente se tornam perceptíveis quando já se encontram em fase avançada e, por vezes, irreversível, tais como as perdas auditivas e os distúrbios cardíacos, arteriais e estomacais.

A orientação, avaliação e controle dos níveis sonoros são feitos por órgãos vinculados à saúde, ao meio ambiente e ao trabalho, dos quais destacamos a OMS, a ANVISA, o IBAMA, o Ministério do Trabalho e as secretarias estaduais e municipais de meio ambiente. Para tal, existem as indicações aceitáveis dos níveis sonoros em diversas situações diárias nas grandes cidades, cujos danos à saúde humana se iniciam em 50 dB (ver Tabela A.5 abaixo).

	Watts	dB	
Avião a jato a 30 m	10	130	Limiar de dor
Turbina de avião a 7 m	1	120	
Trovão	0,1	110	
Motor de caminhão	.01	100	Show de rock
Locais de trabalho ruidosos	.001	90	
Picos muito fortes de música	.0001	80	Música clássica (no palco)
Tráfego (carros) pesado a 10 m	.00001	70	Conversa normal
Média de uma fábrica ruidosa	.000001	60	Sala silenciosa
Escritório ruidoso	.0000001	50	
Média de um escritório	.00000001	40	
Média de uma residência	.000000001	30	Estúdio de gravação silencioso
	.0000000001	20	
	.00000000001	10	
	.000000000001	0	Limiar de audição

Tabela A.5: Valores de potência sonora e dos níveis sonoros de situações às quais estamos sujeitos, com algumas figuras ilustrativas (FIGUEIREDO e TERRAZZAN apud SANT'ANNA et al., 2010, p.409).

Na tabela acima encontramos indicações de potências sonoras e respectivos níveis sonoros relativos a certos contextos passíveis de serem encontrados no nosso cotidiano nos grandes centros urbanos. Os níveis sonoros de um show de *rock* e de um motor de caminhão podem contribuir com perdas irreversíveis para a audição humana, mesmo com reduzidos tempos de exposição.

Quando pensamos nos problemas ambientais contemporâneos, a constituição federal do Brasil estabelece direitos dos cidadãos e de animais silvestres a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, o qual abrange não somente as florestas e demais ecossistemas, mas igualmente as cidades, de modo que as pessoas possam viver num espaço ou ambiente urbano onde sejam assegurados seus direitos à saúde e à qualidade de vida. Embora tais aspectos constitucionais sejam reafirmados na Política Nacional de Meio Ambiente, sabemos infelizmente que geralmente as pessoas, as empresas e o governo não demonstram preocupações com a construção de um ambiente

mais saudável e equilibrado, exceto quando realmente ocorrem prejuízos financeiros mediante sanções previstas na Lei de Crimes Ambientais.

Ainda no tocante à tabela acima, destacamos que os problemas de audição decorrentes de elevados níveis sonoros não dependem unicamente do nível sonoro, mas também envolvem o tempo de exposição ao ruído, conforme destacado pelo Ministério do Trabalho na Tabela A.6 a seguir. No entanto, há casos em que o tempo de exposição possui influência secundária, tais como explosões muito intensas de bombas e sons muito altos e agudos oriundos de máquinas da construção civil, em que os níveis são extremamente altos.

Tempo	Decibéis
8 horas	85
4 horas	90
2 horas	94
1 hora	100
30 minutos	105
15 minutos	110
07 minutos	115

Tabela A.6: Relações entre tempo de exposição e decibéis (nível sonoro) para ruídos contínuos nas profissões, segundo legislação do Ministério do Trabalho (BRAGA et al., 2005, p.212).

A tabela acima nos revela exemplos de cenários relacionando nível sonoro (em decibéis) e tempo de exposição. Combinando informações das Tabelas 4.8 e 4.9, percebemos que como motores de caminhão emitem níveis sonoros em torno de 100dB, um mecânico de caminhão, por exemplo, não poderia exceder 1h de trabalho contínuo num ambiente onde esteja ligado um caminhão, a menos que disponha de proteção auricular adequada.

No tocante aos problemas auditivos dos seres humanos decorrentes da poluição sonora, precisamos compreender, dentre outros aspectos, a sensação sonora das pessoas. O ouvido humano capta sons com frequências que variam de 20 até 20.000 Hz, ao passo que a fala dos seres humanos envolvem sons na faixa de 100 a 200 Hz para homens adultos e de 200 a 400 Hz para mulheres adultas. Na verdade, tais valores são médios para as pessoas, já que com o avanço da idade e/ou com a exposição a níveis sonoros muito elevados durante certo período, os limites das frequências audíveis se tornam menores, sobretudo nas altas frequências.

Os audiogramas são gráficos que relacionam níveis sonoros e frequências audíveis pelas pessoas. O Gráfico A.2 apresenta três curvas que caracterizam indivíduos de situações distintas de acuidade auditiva.

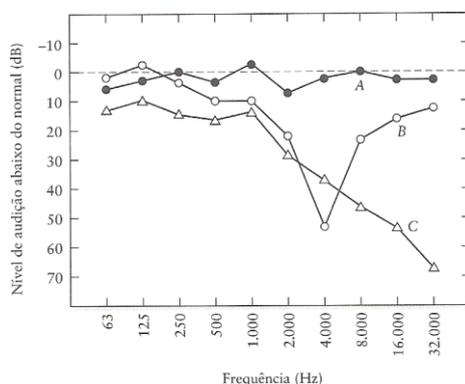


Gráfico A.2: Três audiogramas de pessoas com diferentes acuidades auditivas (VESILIND e MORGAN, 2011, p.382).

Nos audiogramas acima, a pessoa A apresenta uma ótima audição, na medida em que manifesta níveis normais para todas as frequências, ao passo que as pessoas B e C possuem problemas de audição. A pessoa B manifesta dificuldades auditivas para sons em frequências em torno de 4000 Hz, na faixa de 2000 Hz até 8000 Hz, podendo representar um trabalhador que teve perda auditiva devido à constante exposição às frequências específicas no seu emprego. Ou então pode se relacionar a jovens que tiveram danos no aparelho auditivo em decorrência de escutar continuamente músicas em níveis elevados. Seja como for, a pessoa B possui dificuldades para conversar, tendo em vista que suas perdas auditivas ocorreram na região de frequências próximas da fala. Por fim, a pessoa C é representada por um audiograma típico de alguém idoso, pois com o passar dos anos as pessoas perdem sua acuidade auditiva nas frequências mais altas, ou seja, nos sons agudos.

A sensação auditiva dos seres humanos não segue aspectos puramente físicos, de modo que quando a intensidade sonora dobra ou triplica, a audibilidade do respectivo som não dobra ou triplica, fato extremamente benéfico para a saúde auditiva das pessoas. Na verdade, a audibilidade humana é regida por uma lei Biofísica, aplicável em outras situações relativas aos sentidos humanos, denominada lei Psicofísica de Weber-Fechner, segunda a qual a sensação sonora humana (ou nível sonoro) depende logaritmicamente da intensidade sonora (ou da pressão sonora). Nesse contexto, o audiograma a

seguir favorece a compreensão dos fatores que influenciam a sensação sonora (ou audibilidade) humana (ver Gráfico A.3 abaixo), a saber: frequência do som; e intensidade sonora.

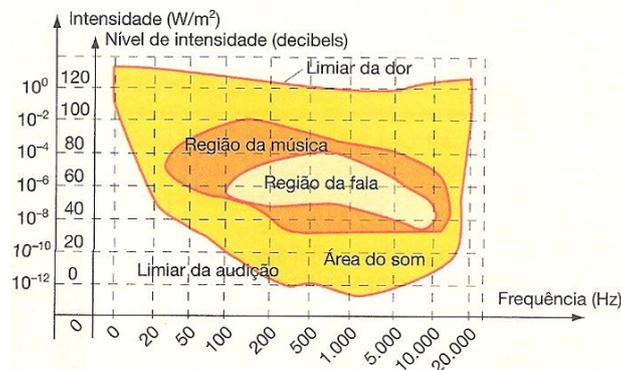


Gráfico A.3: Região de sensibilidade da orelha em função da frequência e da intensidade sonoras. As escalas dessas duas grandezas são logarítmicas (FIGUEIREDO e TERRAZZAN apud SANT'ANNA et al., 2010, p.409).

No gráfico acima, além do nível sonoro e da frequência, identificamos a intensidade sonora, que está relacionada ao nível sonoro segundo a Lei de Weber-Fechner. Ademais, os principais aspectos apresentados pelo gráfico incluem: 1) a existência do limiar de audibilidade e do limiar de sensação dolorosa; 2) a dependência da sensação sonora humana com a intensidade sonora e a frequência do som; e 3) a região da fala é bem menor do que a da audição em intensidade sonora e em frequência.

O som é detectado pelo ouvido humano pela variação de pressão do ar sobre a membrana timpânica, que compõe o ouvido externo do aparelho auditivo humano. Na Figura A.1, temos os principais componentes do aparelho auditivo humano, o qual é dividido em três partes: o ouvido externo, o médio e o interno. As variações de pressão que ocorrem no tímpano fazem com que os ossículos do ouvido médio (martelo, bigorna e estribo, nesta ordem) vibrem e amplifiquem a amplitude de vibração, aumentando a intensidade sonora.

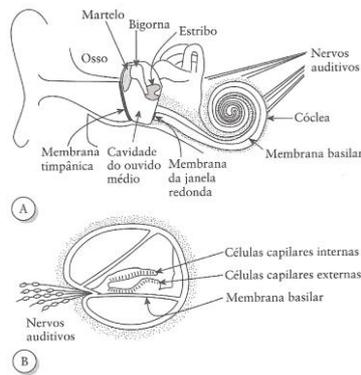


Figura A.1: O desenho A ilustra o esquema do ouvido humano e o outro, B, representa a cóclea vista em corte (VESILIND e MORGAN, 2011, p.382).

Após passarem pelos ossículos do ouvido médio, as vibrações sonoras encontram a membrana da janela redonda (ou oval), que além de separar o ouvido médio do interno, amplifica ainda mais as vibrações sonoras. Estas são transmitidas à membrana basilar, que está conectada à membrana da janela redonda, para, então, fazerem vibrar um líquido contido na cóclea, uma estrutura óssea do ouvido interno que possui minúsculas células capilares (denominadas internas e externas). As vibrações do líquido são detectadas pelas células capilares, sendo que as altas frequências movem as células mais próximas da janela redonda e as baixas as que se encontram no lado oposto, ou seja, no outro lado da cóclea. Os movimentos mecânicos dessas células capilares fazem-nas se encostarem, gerando, assim, impulsos elétricos que são levados ao cérebro pelos nervos auditivos, o qual interpreta as vibrações sonoras.

Os problemas de audição humana em decorrência da exposição a níveis sonoros elevados (acima de 50 dB) incluem: 1) danos temporários ou permanentes (dependendo do tempo de exposição e da intensidade e frequência do ruído) a componentes do ouvido (membrana timpânica; ossículos do ouvido médio; e terminações do ouvido interno); 2) estresse e hipertensão; 3) distúrbios no sono; 4) dificuldade de concentração e queda no rendimento acadêmico ou profissional; 5) úlcera; e 6) problemas cardíacos.

Para se evitar ou eliminar esses potenciais problemas para a saúde humana, torna-se necessário encontrar formas de mitigar ou eliminar a poluição sonora. Essa tarefa pode ser realizada mediante intervenções sobre a fonte sonora, o caminho do ruído ou o receptor do som. Alterações sobre a fonte sonora, reduzindo seu nível sonoro, representam geralmente a estratégia

mais eficaz para cumprir essa tarefa, o que no caso dos automóveis nas ruas pode ser feito mediante: 1) exigências de redução de ruído nas vistorias anuais; 2) melhorias na pavimentação de ruas e avenidas; 3) redução e controle dos limites de velocidade; e 4) replanejamento de rotas de automóveis por estradas distantes das áreas residenciais. No tocante ao controle do caminho do ruído, poderiam ser utilizadas barreiras antirruídos, cujas relações custo-benefício são questionáveis, ou as extensas matas fechadas, as quais se tornam inviáveis nos grandes centros urbanos. Por fim, temos a atuação sobre o receptor, que geralmente é feita com a utilização de pequenos protetores auriculares pelos seres humanos, cuja eficácia é limitada ao canal auditivo, tendo em vista que não protegem a audição humana das vibrações sonoras dos ossos no entorno do ouvido. Nesse sentido, os mais recomendados e eficazes para a proteção auditiva são os protetores auriculares grandes, que cobrem o canal auditivo e seu entorno, tal como os utilizados (ou que deveriam ser utilizados) pelos operários que trabalham com as britadeiras e funcionários que atuam na pista de pouso e decolagem de aviões nos aeroportos.

Pensando nas ações mais imediatas, as pessoas poderiam passar a respeitar os outros no cotidiano, evitando falar em voz alta pessoalmente ou no celular, não utilizando o celular no modo viva-voz em ambientes fechados, não ouvindo rádio ou vendo televisão no celular ou em casa com níveis elevados, evitando ao máximo buzinar no trânsito e elegendo políticos que estejam atentos aos problemas humanos relativos à poluição sonora. Ademais, as pessoas que pretendem melhorar a acústica dos ambientes precisam estar atentas a mitos e erros consagrados, que incluem as ideias associadas ao isopor e à caixa de ovos, além do papel da vegetação como barreira acústica e do material termo-acústico.

- 1) A população das grandes cidades convive com problemas ambientais relacionados ao barulho excessivo? Cite exemplos.
- 2) Os barulhos excessivos podem causar prejuízos no organismo humano? Quais?
- 3) Você já desenvolveu problemas de saúde ocasionados pelos sons excessivamente elevados? Explique.
- 4) O que significa poluição sonora?
- 5) Qual a grandeza física utilizada para medir os sons? E sua unidade de medida? Quais são os órgãos responsáveis por fazê-la?
- 6) O que são os audiogramas?
- 7) Descreva como funciona a sensação sonora dos seres humanos? E a recepção do som pelos ouvidos humanos?
- 8) A perda de audição humana depende de quais fatores? Qual o nível a partir do qual começam a ocorrer os problemas de saúde advindos da poluição sonora?
- 9) A população brasileira possui o direito de viver em um ambiente sem poluição sonora? Explique.
- 10) O que podemos fazer no nosso cotidiano para colaborar com a construção de um ambiente sem poluição sonora?

Questionário A.4: Questionário de apoio ao texto do Problema 2.

Quanto à atividade experimental deste problema ambiental, as **Perguntas de Introdução ao Experimento** são: 1) *Os níveis sonoros excessivos nos diversos ambientes da escola influenciam o desempenho das pessoas? Justifique;* e 2) *Como podemos testar as hipóteses da pergunta anterior e sua justificativa?*

O **Instrumento de Medição** é o decibelímetro digital portátil, não havendo alternativa mais barata para aquisição pela escola. Ademais, destacamos novamente que devem ser adquiridos dois instrumentos, e, evidentemente, o **Parâmetro Físico Experimental** é o nível de intensidade sonora, ou, simplesmente, nível sonoro.

A pergunta do **Relatório Experimental**, relacionando parâmetro físico do problema ambiental aos seus reflexos sobre o bem-estar das pessoas em cada ambiente é: *O nível sonoro neste ambiente afeta seu desempenho? Explique.*

A seguir apresentamos o problema ambiental que aborda os níveis de radiações UV nas cidades brasileiras e seus efeitos na saúde humana.

A.4. Problema 3: Radiação ultravioleta em cidades brasileiras e seus reflexos na saúde humana

- 1) Por que se recomenda utilizar filtros de proteção solar, óculos, boné e camisas em dias ensolarados?
- 2) Você se protege das radiações ultravioleta de origem solar? Como, quando e onde você faz isso?
- 3) A radiação ultravioleta pode prejudicar a saúde das pessoas? Se sim, quais os problemas de saúde que podem ser adquiridos pelas pessoas?
- 4) Você acha que pele bronzeada é sinal de saúde? Explique.
- 5) Qual a sua compreensão sobre o aumento nos últimos anos dos casos de pessoas com câncer de pele?
- 6) O que você entende por camada de ozônio? Existe correlação entre a camada de ozônio e a radiação ultravioleta? Qual?
- 7) Qual o seu entendimento sobre o buraco na camada de ozônio? Quais os efeitos sobre as pessoas do aumento desse buraco?
- 8) O que representa o índice UV? Qual deve ser nossa postura em dias com índices UV elevados?
- 9) Quais os responsáveis pelo buraco na camada de ozônio? O que podemos fazer para colaborar com sua redução?

Questionário A.5: Questionário inicial e final do Problema 3.

Onde encontrar	<i>Site do INPE ou Youtube</i>
Produzido por	MAMUTE MÍDIA <i>web</i> multimídia <i>e-learning</i> e INPE
Série	Mudanças Ambientais Globais
Duração	2min9s
Resumo	Apresenta a camada de ozônio e seu buraco, destacando: a interação do ozônio com a radiação UV; a destruição desta camada e os fatores responsáveis; e o aumento na incidência de câncer de pele.
Observação	O ozônio também absorve as radiações UVA e UVC, mas em quantidades bem menores comparadas à da radiação UVB.

Tabela A.7: Buraco na Camada de Ozônio (Disponível em: http://youtu.be/Ck_mRXHdUw4. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

Onde encontrar	<i>Youtube</i>
Produzido por	Jornal da Cultura (SP)
Programa	Jornal da Cultura (SP)
Duração	1min38s
Resumo	São feitos comentários gerais e contextualizados sobre a incidência da radiação UV em cidades brasileiras e apresentadas dicas de proteção à saúde, sobretudo da pele.
Observação	A repórter utiliza o termo <i>radiação solar</i> ao invés de <i>radiação ultravioleta</i> .

Tabela A.8: Perigo dos Raios UV nas Cidades (Disponível em: http://youtu.be/66YMUOsg_IM. Acesso em 26 de dezembro de 2011).

Será apresentado a seguir o texto de apoio didático 3, abordando o problema ambiental sobre radiação ultravioleta em cidades brasileiras e seus riscos para a saúde humana.

Texto 3: A radiação ultravioleta e a saúde humana em cidades brasileiras

Quando nos aproximamos do verão, os meios de comunicação, sobretudo a televisão, reservam quadros de telejornais e outros programas para fornecer à população sugestões de cuidados com aparência e saúde. Devemos reconhecer que existem orientações valiosas, no entanto, identificamos dicas que escondem prejuízos para os seres humanos, sendo a radiação ultravioleta um exemplo que requer bastante atenção.

Se, por um lado, são recomendados usos de filtros de proteção solar, chapéus, roupas (de tecidos não muito finos) e óculos na praia e nos demais locais, mesmo em dias nublados, por outro, a população apropria-se equivocadamente de imagens apresentadas pelos próprios meios de comunicação apontando que corpo bronzeado é necessariamente sinal de saúde e beleza, de modo que acabam se expondo à radiação ultravioleta solar sem as devidas proteções para a pele e os olhos. Essa tônica cultural representa um grave equívoco que esconde diversos danos potenciais para a saúde humana. Esse cenário é bem diferente do que ocorria no início do século

XX, quando as pessoas frequentavam as praias quase completamente vestidas, tendo em vista que o valor cultural de caráter estético da época estava na brancura da pele.

A principal fonte de radiação ultravioleta (luz ou raios ultravioleta) é o Sol, que também emite para o nosso planeta luz visível e radiação infravermelha. Ademais, temos as fontes artificiais de produção de RUV, que incluem as lâmpadas de vapor de Hg, lâmpadas fluorescentes comuns e lâmpadas de arco elétrico, além de metais e vidros em estado de fusão e aparelhos de corte e solda à base de oxiacetileno.

A radiação ultravioleta se encontra na faixa de comprimentos de onda entre 100 e 400nm, e diferentemente da luz visível, que sensibiliza os olhos, e da radiação infravermelha, que permite a sensação térmica de calor, as radiações UV não são perceptíveis pelos sentidos humanos, atuando benéfica ou maleficamente de forma silenciosa sobre nosso organismo. Os dermatologistas (OKUNO e VILELA, 2005, p.19) realizaram uma classificação da radiação ultravioleta, aceita formalmente desde 1970, em UVA (400 até 315nm), UVB (315 até 280nm) e UVC (280 até 100nm). Os valores entre parênteses são os intervalos de comprimentos de onda de cada tipo de radiação UV e estão dispostos em ordem crescente de energia de RUV.

Salientamos que somente cerca de 10% da radiação solar que chega à Terra é de radiação ultravioleta, do qual apenas uma parcela bastante reduzida consegue atravessar a atmosfera, que é composta por gases como ozônio, nitrogênio, dióxido de carbono e vapor d'água, e chegar à superfície terrestre. Existe na estratosfera (entre 15 e 50Km de altitude) a chamada camada de ozônio (entre 25 e 35Km de altitude), onde ocorrem reações fotoquímicas das RUV com moléculas de oxigênio (O_2) e ozônio (O_3), nas quais são utilizadas as energias das RUV na produção e dissociação natural de moléculas de ozônio (O_3) (ver as reações na Figura A.2).

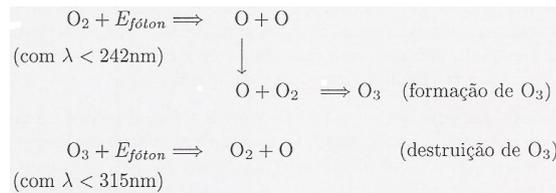


Figura A.2: Reações fotoquímicas de formação e destruição de ozônio pela radiação UV, com energia das radiações UV indicadas por $E_{\text{fóton}}$ (OKUNO e VILELA, 2005, p.30).

Essas reações de produção e eliminação de ozônio envolvem radiação ultravioleta com comprimentos de onda menores do que 242nm e 315nm, respectivamente, os quais abrangem as radiações UVC e UVB, mas também incluem uma pequena parte da radiação UVA. As radiações UV atuam nestas reações fornecendo energia que dependem inversamente do seu comprimento de onda e que é indicado por $E_{\text{fóton}}$, sendo *fóton* o termo utilizado para representar a radiação ultravioleta quando apresenta comportamento corpuscular, como nas reações fotoquímicas acima.

Após a filtragem natural na camada de ozônio, as radiações UV que conseguem chegar à superfície terrestre são uma pequena parte de UVA e uma parcela muito reduzida de UVB (ver Gráfico A.4). Embora a camada de ozônio seja localizada entre 25 e 35Km de altitude, a concentração de ozônio é máxima em torno de 30Km de altitude. Ademais, como a maior incidência de radiações UV do Sol ocorre nas proximidades da linha do Equador, o ozônio é amplamente produzido no Equador para, então, dirigir-se para os pólos geográficos terrestres.

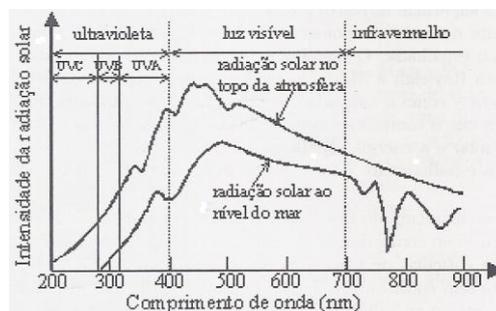


Gráfico A.4: Espectro da radiação que atinge o topo da atmosfera e o nível do mar em termos do comprimento de onda (UNEP apud OKUNO e VILELA, 2005, p.28).

A redução da intensidade de radiação solar que chega à superfície terrestre depende de diversos fatores, tais como os tipos de moléculas presentes na atmosfera (vapor de água, dióxido de carbono e ozônio) e a

existência de nuvens. Nesse contexto, considerando a radiação UV, destacamos a influência de fatores temporais, geográficos e meteorológicos na sua incidência na superfície terrestre, os quais incluem: 1) a hora do dia (é máxima em torno do meio-dia); 2) a latitude (é maior em regiões de baixas latitudes, ou seja, próximas da linha do Equador); 3) a altitude (aumenta com o aumento de altitude em cerca de 6% a cada 1Km); 4) as nuvens (reduz devido às nuvens); 5) estação do ano; 6) reflexão na superfície (pessoas embaixo de guarda sol ficam sujeitas à RUV após sua reflexão na areia da praia, por exemplo); e 7) a camada de ozônio (reduz, conforme apontado acima para a radiação solar).

No final da década de 70 e início da de 80, cientistas e especialistas detectaram reduções na espessura da camada de ozônio provocada por substâncias compostas de CFC's, por exemplo, em tubos de aerossóis, comuns em desodorantes, inseticidas caseiros e sprays, e em fluidos refrigerantes, presentes em aparelhos condicionadores de ar, geladeiras e congeladores. Os compostos de CFC's interferem nas reações fotoquímicas das RUV com as moléculas de oxigênio e ozônio (ver reações na figura abaixo), levando à redução na concentração de ozônio na estratosfera, fenômeno conhecido como buraco na camada de ozônio. A partir destas constatações, ocorreram iniciativas, inicialmente nos países desenvolvidos e, então, no Brasil, visando à substituição destes compostos químicos por outros que não interferissem nas reações que ocorrem naturalmente na camada de ozônio. Atualmente, este processo foi consolidado não somente nos países desenvolvidos, mas também no Brasil.

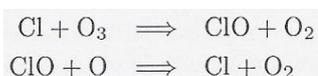


Figura A.3: O cloro liberado pela quebra dos compostos de CFC's pelas radiações UV reage com o ozônio e com o átomo de oxigênio (OKUNO e VILELA, 2005, p.31).

As mobilizações e iniciativas ocorridas em torno desse problema ambiental de rarefação da camada de ozônio decorrem dos graves danos das radiações UV para a saúde humana, incluindo problemas na pele, nos olhos e no sistema imunológico, que poderiam incidir em excesso sobre as pessoas, com a redução da proteção natural feita pela camada de ozônio.

As considerações sobre os benefícios e malefícios das radiações UV utilizará sua classificação em UVA, UVB e UVC, categorizando melhor seus efeitos sobre as pessoas. Conforme já destacado, quase nenhuma radiação UVC chega à superfície terrestre devido à proteção natural da camada de ozônio. A incidência da radiação UVC nos seres humanos desencadeia sérios problemas cutâneos, sobretudo câncer de pele.

No tocante à radiação UVB, esta penetra na pele humana até a epiderme, provocando queimaduras solares (ou eritema) na pele, com riscos de desenvolvimento de câncer cutâneo se a exposição sem proteção apropriada for prolongada por diversos anos (ver foto abaixo). Os efeitos de vermelhidão e riscos de câncer cutâneo diminuem nas pessoas com cor de pele mais escura (ver Tabela A.8 abaixo). Entretanto, destacamos que estas pessoas estão igualmente sujeitas aos efeitos das radiações UV nos olhos e no sistema imune da pele relativo à radiação UVB e aos demais tipos.



Foto A.6: Pele humana com ulceração cancerosa devido à exposição excessiva às radiações UV (MÁXIMO e ALVARENGA, 2011, p.298).

Tipo	Reações da pele à radiação solar	Exemplos
I	Sempre se queima, facilmente e de maneira severa (queimadura dolorosa); nunca se bronzeia; a pele sempre se descasca.	Pele muito clara, olhos azuis, sardas, cabelos loiros ou ruivos; a pele não-exposta é branca.
II	Geralmente se queima facilmente e de maneira severa (queimadura dolorosa); bronzeamento inexistente ou muito fraco; também descasca.	Pele clara, olhos claros ou castanhos, sardas, cabelos loiros ou ruivos; a pele não-exposta é branca.
III	Queima moderadamente e apresenta bronzeamento médio.	Média dos caucasianos; a pele não-exposta é branca.
IV	Mínima queimadura, bronzeia-se facilmente e acima da média em cada exposição; geralmente exibe reações de IPD (<i>immediate pigment darkening</i>)	Pessoas com a pele branca ou morena, cabelos e olhos castanhos escuros (mediterrâneos, mongolóides, orientais, hispânicos, etc.); a pele não-exposta é branca ou morena.
V	Raramente se queima, bronzeia-se facilmente e substancialmente; sempre exibe IPD	Mulatos e mestiços (ameríndios, índios, hispânicos, etc.)
VI	Nunca queima e se bronzeia abundantemente; sempre exibe IPD	Negros; a pele não exposta é negra

Tabela A.8: Efeitos das radiações UV nos tipos de peles humanas (Disponível em: http://satelite.cptec.inpe.br/uv/R-UV_e_pele.html. Acesso em 26 de novembro de 2011).

A radiação UVA consegue penetrar até a derme da pele humana, provocando alterações nas fibras colágenas e distribuição irregular dos

melanócitos, deixando a pele mais enrugada, com maior flacidez e menor elasticidade, o que leva ao envelhecimento precoce da pele e a predisposição para desenvolver câncer cutâneo melanoma (ver Foto A.7 a seguir) e não-melanoma. Para as pessoas com pele mais escura, a radiação UVA pode proporcionar o bronzeamento da pele mediante sua atuação na proteína melanina da derme, porém este efeito não se estende às pessoas com peles mais claras, conforme enfatizado na Tabela A.8 acima.



Foto A.7: 2 lesões de câncer cutâneo melanoma no ombro (OKUNO e VILELA, 2005, p.v).

Nas últimas décadas, a associação equivocada entre pele bronzeada e saúde e beleza fez com que muitas pessoas venham cada vez mais se expondo ao Sol sem os devidos cuidados com proteção contra as radiações UV, conforme pesquisa divulgada em 2009 pelo Ministério da Saúde relativa aos hábitos e à saúde do brasileiro. Nesse contexto, têm aumentado o número de casos de pessoas com câncer de pele nos últimos anos no Brasil e no mundo, destacadamente o do tipo não melanoma. Inclusive, em estatística fornecida pelo INCA, do Ministério da Saúde, para o ano de 2005, o câncer de pele não melanoma seria responsável pela maior incidência dentre todos os tipos de câncer.

Ainda no tocante à radiação UVA, podemos encontrar em discotecas e casas noturnas lâmpadas de radiação UVA produzindo efeito fosforescente sobre roupas brancas e dentes brancos, os quais ficam brilhando. Entretanto, o caso mais preocupante envolve a utilização da radiação UVA para bronzeamento artificial, pois as pessoas que se submetem a tais práticas estéticas não são por vezes informadas dos riscos de desenvolvimento de câncer cutâneo e de envelhecimento precoce da pele. Inclusive, existem trabalhos correlacionando o aumento de casos de mulheres com estes dois problemas cutâneos com o bronzeamento artificial.

Os problemas cutâneos, oculares e imunológicos destacados acima podem ser evitados ou, pelo menos, mitigados se as pessoas tiverem alguns cuidados necessários e básicos para se protegerem da incidência elevada de radiações UV. Roupas com tecidos que evitem a passagem de radiação UV ou luz, boné, guarda sol e óculos com lentes que protejam os olhos são instrumentos simples e altamente recomendáveis para proteger pele e olhos contra as radiações UV. A exposição excessiva e sem proteções adequadas às radiações UV também pode desencadear problemas nos olhos, tais como cerato-conjuntivite, pterígio e catarata.

Embora tenhamos apenas algumas cidades brasileiras das regiões Norte e Nordeste localizadas nas proximidades da linha do Equador, o índice UV é em média elevado o ano inteiro no Brasil, conforme pode ser visto na Tabela 4.13 para a cidade do Rio de Janeiro. O índice UV solar é um indicador adimensional relacionado à irradiância espectral solar de radiação UV (medida em W/m^2) para uma faixa de comprimento de onda. O INPE possui um programa muito relevante no nosso território para avaliar, mediante uma rede de observatórios, o buraco na camada de ozônio e o índice UV. São disponibilizados no *site* do INPE boletins meteorológicos com os valores diários de índice UV (ver Figuras A.4 e A.5).

País (Cidade)	latitude	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Argentina (Buenos Aires)	35 °S	9	9	7	4	3	2	2	4	5	7	9	10
Austrália (Sidney)	34 °S	9	9	7	5	3	2	3	4	6	7	9	10
Brasil (Rio de Janeiro)	23 °S	12	11	9	7	5	5	5	7	9	10	12	12
Canadá (Vancouver)	49 °N	1	1	3	4	6	7	7	6	4	2	1	1
Cuba (Havana)	23 °N	6	8	9	10	10	11	12	11	10	8	6	5
França (Paris)	49 °N	1	1	3	4	6	7	7	6	4	2	1	0
Alemanha (Berlim)	52 °N	1	1	2	4	5	7	7	5	3	1	1	0
Japão (Tóquio)	36 °N	2	4	5	8	9	9	10	9	7	4	2	2
Kênia (Nairobi)	1 °S	12	13	13	12	11	10	11	11	12	12	12	11
Panamá (Panamá)	9 °N	9	11	12	12	11	11	12	12	12	11	9	9
Rússia (São Petersburgo)	60 °N	0	0	1	3	4	5	5	4	2	1	0	0
Estados Unidos (N. Iorque)	41 °N	2	3	4	6	7	8	9	8	6	3	2	1

Tabela A.9: Diversos países do mundo e seus índices UV no decorrer do ano (OKUNO e VILELA, 2005, p.66).



Figura A.4: As recomendações em símbolos para os índices UV, onde quanto maior o valor, maior é a incidência de radiações UV (Global Solar UV Index apud OKUNO e VILELA, 2005, p.iii).



Figura A.5: Interpretações dos valores de índice UV (Disponível em: http://satelite.cptec.inpe.br/uv/Tabela_IUV.html. Acesso em 27 de novembro de 2011).

A OMS recomenda que utilizemos protetores solares (filtro solar, óculos, boné e roupas apropriadas) quando o índice UV for superior a 3. No entanto, destacamos que os protetores solares devem incluir proteção contra as radiações UVA e UVB, de modo que possa abranger uma ampla faixa de comprimentos de onda de radiações UV. Ademais, quanto mais clara for a cor da pele da pessoa, maior precisa ser o valor do FPS do protetor solar, já que o tempo necessário para produzir eritema é tanto menor quanto mais clara for a cor da pele.

Por fim, outro cuidado relevante frente à proteção contra a radiação UV envolve o horário de nossa exposição à mesma. Nesse contexto, recomenda-se ir à praia antes das 9h e/ou após as 15h, pois a maior incidência das radiações UV ocorre em torno de meio-dia.

Embora tenhamos, até então, dado ênfase aos malefícios causados pelas radiações UV, ressaltamos que estas RUV também representam diversos benefícios para os seres humanos. Como a radiação UVC é letal a vírus, bactérias e germes, são utilizadas lâmpadas de UVC para esterilizar instrumentos, ar e água em centros cirúrgicos, restaurantes e sistemas de

condicionadores de ar, além de serem empregadas na indústria alimentícia e farmacêutica.

A radiação UV é fundamental para o crescimento dos animais, pois colabora com a síntese da vitamina D pelo aparelho digestivo, a qual, por sua vez, atua na fixação do cálcio e do fosfato nos ossos, permitindo, então, o crescimento normal das pessoas. Para tal, são necessários apenas 10min de exposição diária antes das 9h ou após as 15h, além de uma dieta alimentar equilibrada. Além disso, na medicina as radiações UV são cruciais para a realização de diversos exames, tais como fototerapia, fotoquimioterapia, terapia fotodinâmica e laserterapia.

- 1) Quais as recomendações que as pessoas deveriam seguir frente à proteção contra a radiação ultravioleta?
- 2) A população segue as orientações de proteção contra a radiação ultravioleta? Explique.
- 3) Quais os problemas de saúde que podem ser produzidos pela incidência excessiva de radiação ultravioleta?
- 4) Quais os tipos de fatores que interferem na incidência da radiação ultravioleta sobre a superfície terrestre? Cite exemplos.
- 5) O que é a camada de ozônio? Qual a sua função frente às radiações UV?
- 6) Explique o que representa o buraco na camada de ozônio? Quais os fatores que o originou?
- 7) O que é o índice UV? Qual é a sua importância?
- 8) Como as pessoas podem proteger sua pele contra as radiações UV? E seus olhos?
- 9) Existem riscos para a saúde humana envolvendo o bronzamento artificial? Cite esses riscos.
- 10) As radiações UV representam apenas prejuízos para a população? Justifique.

Questionário A.6: Questionário de apoio ao texto do problema ambiental 3.

Para a atividade experimental deste problema ambiental, as **Perguntas de Introdução ao Experimento** são: 1) Os níveis de radiações UV *nos diferentes horários do dia afetam o desempenho das pessoas na escola? Justifique*; e 2) *Como podemos testar as hipóteses da pergunta anterior e sua justificativa?*

O **Instrumento de Medição** é o medidor de UV (Solar) digital portátil (é o mais recomendável!), existindo como alternativa mais barata de compra as fitas de medição de UV. Salientamos que precisam ser adquiridos dois instrumentos (ou fitas, se for o caso), e, evidentemente, o **Parâmetro Físico Experimental** é o nível de radiações UV, ou, simplesmente, o nível UV.

A pergunta do **Relatório Experimental**, correlacionando parâmetro físico do problema ambiental e reflexos sobre a saúde das pessoas nos diversos horários é: *Os níveis da radiação ultravioleta influenciam seu desempenho neste ambiente? Explique.*

Referências bibliográficas

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J.G.L., MIERZWA, J.C., BARROS, M.T.L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N. e EIGER, S. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2ª edição. São Paulo: editora Pearson Prentice Hall, 2005, p.2-6, 168-213 e 232-250.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 4th. *Climate Change 2007: Synthesis Report – Summary for Policymakers*.

MÁXIMO, A. e ALVARENGA, B., *Curso de Física* (3 volumes). 1ª edição, São Paulo: editora Scipione, 2011.

OKUNO, E. e VILELA, M.A.C. *Radiação Ultravioleta: características e efeitos*. 1ª edição. São Paulo: editora Livraria da Física, 2005.

SEEDUC. *Proposta Curricular: um Novo Formato - Ciências, Biologia, Física e Química*. Secretaria de Estado de Educação: Governo do Rio de Janeiro, fev. / 2010. Disponível em:

http://www.conexaoprofessor.rj.gov.br/downloads/CIENCIAS_Biologia_Fisica_Quimica.pdf. Acesso em 07 de Agosto de 2011.

SANT'ANNA, B., MARTINI, G., REIS, H.C. e SPINELLI, W. *Conexões com a Física* (3 volumes). 1ª edição, São Paulo: editora Moderna, 2010.

VESILIND, P.A. e MORGAN, S.M. *Introdução à Engenharia Ambiental*. Tradução da 2ª edição norte-americana. São Paulo: CENGAGE Learning, 2011, p.271-306 e 375-390.