

## **Uma proposta para ensino de Poluição Sonora nas aulas de Física do nível médio**

Almir Guedes dos Santos<sup>1</sup>, Fernando de Souza Barros<sup>2</sup> e Hélio Salim de Amorim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IFRJ - Campus Nilópolis, SEEDUC-RJ - CE Mal. João Baptista de Mattos e UFRJ - Instituto de Física / almirds\_if@yahoo.com.br

<sup>2</sup>UFRJ - Instituto de Física / fsbarros@if.ufrj.br

<sup>3</sup>UFRJ - Instituto de Física / hsalim@if.ufrj.br

**Resumo:** As pessoas de centros urbanos estão sujeitas a diversos problemas ambientais, dos quais destacamos o da poluição sonora, que pode trazê-las efeitos nocivos, tais como perdas auditivas, estresse e insônia. A partir dos elevados ruídos vivenciados em uma escola estadual onde leciono, foi concebida e estruturada uma proposta didática para abordagem da poluição sonora em aulas de Física do nível médio, que inclui diversos recursos instrucionais, a saber: questionários, vídeos, texto de apoio e atividade experimental. Apesar desta proposta ainda não ter sido aplicada nesse contexto, já foram obtidas evidências educacionais de sua relevância ao nível médio com alunos da rede pública federal do Rio de Janeiro, tendo em vista a atenção, as discussões e o envolvimento deles.

**Palavras-chave:** Poluição sonora, CTS, materiais didáticos, ensino de Física.

### **Introdução**

A população de grandes centros urbanos brasileiros convive com diversos problemas ambientais que afetam direta ou indiretamente suas vidas, causando prejuízos materiais e, por vezes, perdas humanas irreparáveis. Inundações de ruas, acúmulo de lixo em locais residenciais, emissão de gases poluentes por veículos automotores e poluição sonora são exemplos de tais problemas comuns em várias regiões metropolitanas do Brasil.

Em particular, um dos autores deste trabalho leciona numa escola pública de educação básica onde existem diversos problemas ambientais típicos dos centros urbanos, dos quais destacamos os altos níveis de intensidade sonora. O problema ambiental da poluição sonora foi identificado pelo referido autor na escola mediante sua vivência, já que é a escola da rede pública estadual do Rio de Janeiro onde ministra aulas de Física para o ensino médio desde maio de 2009. Os temas ambientais presentes no cotidiano dessa comunidade escolar não são geralmente abordados em sala de aula, já que predominam as aulas tradicionais em que se ensina a “Física pela Física”. Desse modo, os professores desta escola perdem uma oportunidade valiosa de desenvolver suas práticas de ensino a partir de questões de caráter ambiental enfrentadas diariamente pela comunidade escolar.

A instituição de ensino localiza-se de frente para uma das mais movimentadas e importantes avenidas da região metropolitana do Rio de Janeiro - a Avenida Brasil (ver Foto 1 abaixo), no bairro de Acari. Devido ao elevado número de veículos automotores que trafegam cotidianamente bem próximo à escola, existem na sua vizinhança sérios

problemas ambientais relacionados aos elevados níveis de intensidade sonora. Os membros dessa comunidade escolar se adaptaram involuntariamente aos barulhos decorrentes de buzinas e ruídos de motores de veículos.



**Foto 1:** Vista da proximidade entre a Avenida Brasil e a escola (Foto: Almir G. Santos).

Além de prejudicar a concentração dos estudantes e do professor em diversos momentos das aulas, os altos níveis de intensidade sonora acarretam acumulativamente problemas de audição (perda auditiva temporária ou permanente). A poluição sonora pode trazer outros efeitos nocivos para a saúde humana, tais como estresse e insônia.

Tais prejuízos ocorrem de forma silenciosa, de modo que a população (neste caso, a comunidade escolar) somente os identifica quando se encontram em estágio avançado. Isto porque embora sujeitas às referidas consequências danosas, as pessoas não contam com conhecimentos para identificá-lo e, então, exigir dos governos e órgãos competentes as medidas necessárias para sua resolução ou amenização.

Sendo assim, a abordagem da poluição sonora nas aulas de Física do ensino médio é premente para que os alunos possam compreender seus danos e lidar adequadamente com situações em locais e horários diversos envolvendo elevados níveis sonoros, a saber: vizinhos ouvindo músicas em “volume” elevado; conversas em “voz alta”; pessoas escutando rádio ou assistindo televisão com “som alto”; e carros buzinando num engarrafamento para o qual não adianta buzinar. A relevância educacional deste tema se alinha não somente com aspectos apresentados em documentos da legislação educacional brasileira (BRASIL, 1999 e 2002), mas também em trabalhos de ensino de Física e de ciências naturais (AIKENHEAD, 2009; CARVALHO, 2008; CHRISPINO, 2009; LEMKE, 2006; SANTOS, 2012a; SANTOS et al., 2013; SANTOS e MORTIMER, 2002; SANTOS e SOUZA BARROS, 2011; SOUZA CRUZ e ZYLBERSZTAJN, 2005; e VIANNA, 2009).

Apresentamos, então, no presente trabalho uma proposta de ensino para abordagem da poluição sonora nas aulas de Física para o nível médio, contribuindo para preencher a lacuna deixada por livros didáticos e também por materiais didáticos pertinentes disponíveis online. Essa proposta didática é um dos exemplos de aplicação da proposta “geral” para ensino de problemas ambientais apresentada em Santos (2012a) e Santos et al. (2013).

### **Aspectos educacionais**

Nos PCN do Ensino Médio (1999), a Física é entendida como parte integrante e fundamental da cultura contemporânea, tendo em vista avanços científico-tecnológicos que a sociedade brasileira tem experimentado nas últimas décadas e de forma vertiginosa nos últimos anos. Espera-se, então, que os estudantes terminem esta etapa da

escolarização não somente com o domínio científico de conceitos físicos e de instrumentos de medição, mas com competências, habilidades, atitudes e valores que perpassam todas as áreas do conhecimento escolar e que são considerados fundamentais para o exercício da cidadania na sociedade contemporânea.

Identificamos nos PCN para o Ensino Médio, dentre as competências e habilidades, os aspectos educacionais relacionados à formação da cidadania que congregam a Física com as questões de relevância social na atualidade, os quais envolvem (BRASIL, 1999, p.237), dentre outros, “*reconhecer a Física enquanto construção humana, [...] e relações com o contexto cultural, social, político e econômico; e ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvem aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes*”. Estas competências e habilidades incluem, por exemplo, aspectos relacionados a atitudes e valores que seriam esperados para a formação de cidadãos na contemporaneidade, tendo em vista que a cidadania não se encerra na aquisição de conhecimentos científicos, mas abrangem igualmente a possibilidade de tomadas de decisão ou emissões de juízos de valor de forma crítica, consciente e independente. Nesse sentido, os temas ambientais, tal como a poluição sonora, requerem não somente o domínio de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de competências e habilidades, como também a construção de atitudes e valores em ressonância com as perspectivas de formação de uma sociedade mais justa, solidária e sensível aos problemas ambientais atuais e futuros.

A reforma curricular vigente apregoa mudanças que se confrontam radicalmente com concepções arraigadas em muitos professores de Física, e que se estendem desde o seu entendimento sobre a relevância da educação para a sociedade até as estratégias didáticas utilizadas para ensinar diversos assuntos. Os PCN+ (BRASIL, 2002) representam um impacto sobre muito do que o professor já vivenciou na sua formação acadêmica e profissional, quando salienta, por exemplo, que (ibid, p.61) “*os critérios que orientam a ação pedagógica deixam, portanto, de tomar como referência primeira “o que ensinar de Física”, passando a centrar-se sobre o “para que ensinar Física*”. Embora este seja um aspecto central nos PCN+, representa um desafio para os professores de Física, tendo em vista sua formação acadêmica de caráter tradicional e sua concepção sobre educação, dentre outros aspectos.

Há nos PCN+ (ibid) os temas estruturadores, nos quais podemos identificar alguns que podem promover articulações entre o ensino de Física e os temas ambientais, tais como: 1) calor, ambiente e usos de energia; e 2) interação da radiação com a matéria. Tais temas estruturadores se identificam com o ensino de enfoque CTS, pois conforme destacam Santos e Mortimer (2002, p.5), “[...] *a atual reforma curricular do ensino médio incorpora, em seus objetivos e fundamentos, elementos dos currículos com ênfase em CTS.*” Os inúmeros e variados problemas ambientais com os quais a população brasileira, em particular, tem convivido e sofrido direta ou indiretamente suas consequências, inserem-se no contexto da pesquisa em educação em ciências no campo de estudos e pesquisas das relações CTS.

Do ponto de vista educacional, a temática ambiental abordada neste trabalho alinha-se com o ensino de enfoque CTS. Este enfoque pretende construir nos estudantes conhecimentos e competências para analisarem e tratarem criticamente várias questões presentes na sociedade contemporânea, desmistificando os aspectos subjacentes às relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), incluindo-se como parte desta sociedade o próprio meio ambiente (AULER e DELIZOICOV, 2001).

## **Amostragem bibliográfica**

O problema ambiental da poluição sonora é de grande relevância para a saúde auditiva da população, sobretudo a das grandes cidades, que precisa conviver e lidar com diversas fontes de som e ruído que causam danos ao seu aparelho auditivo. Bastos e Mattos (2009), dentro dessa perspectiva, realizaram uma intervenção didática numa escola do ensino médio com o intuito de conscientizar os estudantes para os riscos à audição humana envolvidos em certas situações, como conversar em voz alta em ambientes fechados, por exemplo, a sala de aula, e ouvir música em volume alto com fone de ouvido. Esses autores (ibid) ressaltam que essa atividade didática pretende ainda sinalizar que o conhecimento físico pode ser utilizado na educação básica como colaborador para critérios na construção de uma vida saudável. Como resultados de sua intervenção na escola, os estudantes do ensino médio demonstraram melhorias na compreensão e conscientização do tema mediante mudanças no perfil conceitual.

Alves et al. (2005) apresentam aspectos de um trabalho sobre poluição sonora aplicado em uma escola do ensino médio e elaborado no âmbito de disciplinas do ensino superior. Para tal, houve um estudo teórico sobre a abordagem do enfoque CTS e uma análise de materiais e projetos educacionais, tais como o GREF e o PEC - Física. Ressaltamos que os autores (ibid) defendem a importância da abordagem de temas contextualizados no ensino médio, no entanto, não foram apresentados os resultados da aplicação do trabalho na escola.

O trabalho de Viveiros (2006) aborda os erros e mitos em acústica arquitetônica veiculados tanto no âmbito acadêmico (dissertações de mestrado e anais de congressos brasileiros) quanto nos meios de comunicação em massa. Este autor apresenta e discute inicialmente mitos consagrados em acústica, incluindo-se os relativos ao isopor e às caixas de ovos, para, então, fazer o mesmo com os erros conceituais, tais como o de vegetação como barreira acústica e o de material termo-acústico. Viveiros (ibid) aponta no decorrer do trabalho as possíveis razões para o alcance de cada um desses problemas em acústica arquitetônica.

Embora inúmeros pesquisadores em ensino defendam a abordagem de atividades didáticas envolvendo temas com caráter CTS, com o intuito de promover a construção da alfabetização científico-tecnológica, foi verificado por Santos (2012b) que os autores de coleções de livros didáticos de Física para o nível médio não estão geralmente preocupados com a relevância e o caráter CTS do tema ambiental “poluição sonora”, no contexto das ondas sonoras em suas obras, restringindo-se em sua maioria a apresentar uma tabela contendo fontes sonoras do cotidiano e seus respectivos níveis sonoros.

## **Proposta didática: apresentação e aspectos pertinentes**

Essa proposta instrucional envolvendo poluição sonora foi elaborada para aplicação em turmas da rede pública estadual de ensino do Rio de Janeiro, sobretudo as de escolas localizadas na região metropolitana. A estruturação geral da proposta de ensino para temas (ou problemas) ambientais (SANTOS, 2012a; SANTOS et al., 2013), na qual se baseou este trabalho sobre poluição sonora, contemplou a utilização de diferentes recursos didáticos, a saber: 1) vídeos instrucionais; 2) texto de apoio didático; 3) atividade experimental; 4) questionários; e 5) relatório experimental. Tais recursos didáticos foram elaborados e/ou selecionados levando em conta aspectos CTS na seleção dos vídeos e na elaboração do texto (AIKENHEAD, 2009; CHRISPINO, 2009; SANTOS e MORTIMER, 2002; e VIANNA, 2009) e o caráter de laboratório aberto

(BORGES, 2002; e CARVALHO et al., 1999) no experimento a ser realizado pelos alunos. Ademais, estes recursos e suas respectivas estratégias de ensino foram baseadas em experiências educacionais bem-sucedidas sob certos aspectos e apontadas em trabalhos (ALVES et al., 2005; BASTOS e MATOS, 2009; CARVALHO et al., 1999; VIANNA et al., 2008; e VIANNA, 2009) que se alinham com tal proposta de ensino e que foram obtidos no levantamento bibliográfico pertinente.

Quanto à estruturação, salientamos que ocorreu segundo a experiência docente de um dos autores em escolas da rede pública estadual de ensino do Rio de Janeiro e as leituras e reflexões acerca de trabalhos de pesquisa em ensino de Ciências Naturais, sobretudo de Física, divulgados em anais de encontros e em revistas da área disponíveis *online*, além de livros e outros textos correlatos. Uma amostra representativa das leituras feitas está nas referências deste trabalho, porém, sobretudo em Santos (2012a).

A estruturação geral e completa para problemas ambientais diversos está presente tanto em Santos (2012a) quanto em Santos et al. (2013), no entanto, serão apresentados sucintamente a seguir alguns de seus aspectos, ao passo que no Apêndice deste trabalho estão os recursos instrucionais sobre o problema ambiental da poluição sonora, especificamente.

Estão previstos quatro dias de 2 tempos de aula para a aplicação da proposta no âmbito da rede pública estadual do Rio de Janeiro, cuja carga horária semanal de Física é de 1h40 (nos turnos da manhã e da tarde) e cada turma possui em torno de 30 alunos.

No 1º dia há a aplicação de um pré-teste, a fim de levantar os conhecimentos prévios dos alunos, começar a fazê-los refletir sobre o assunto e obter informações para avaliar a evolução na compreensão deles acerca dos tópicos pertinentes. Ademais, são utilizados neste dia 2 vídeos didáticos com caráter CTS, que serão discutidos com a turma e cujas conclusões da mesma são sistematizadas no quadro ao final da aula.

O 2º dia envolve a utilização de texto de apoio e um questionário pertinente, com os quais os alunos poderão refletir e discutir em pequenos grupos e, então, com a turma aspectos relevantes sobre poluição sonora. Ao final deste dia também serão sistematizadas no quadro pelo professor as conclusões da turma.

Quanto aos 3º e 4º dias, há a realização de experimento pelos grupos da turma, que os possibilitarão mapear os locais da escola onde os níveis sonoros são mais elevados e, por conseguinte, suas influências sobre as pessoas que neles convivem são potencialmente danosos à saúde humana. No término do 4º dia serão organizadas e discutidas as medidas e informações levantadas pelos grupos nos diversos ambientes da escola, permitindo aos alunos construir noções apropriadas sobre os efeitos prejudiciais de elevados níveis sonoros nos seres humanos.

## **Resultados e discussão**

Embora ainda não tenha sido possível aplicar a presente atividade didática em turmas da escola pública estadual do Rio de Janeiro, para as quais a mesma foi concebida e estruturada, já a apliquei em uma turma de ensino médio técnico de uma rede federal de ensino do Rio de Janeiro. Nesta aplicação, pude verificar que os alunos participaram das discussões levantadas e demonstraram atenção e interesse frente à relevância do tema em seu cotidiano. Inclusive, houve grupos de alunos que puderam identificar em sua etapa experimental o que foi abordado teoricamente nas etapas anteriores, tais como a relação entre ruído e gosto musical (o que é ruído para alguns

pode não ser para outros) e o costume com níveis sonoros elevados no decorrer do tempo de certos profissionais (devido à perda de audição decorrente de seu ofício).

### Considerações finais

Embora esta atividade ainda não tenha sido aplicada em turmas do ensino médio regular de escolas públicas estaduais do Rio de Janeiro, foram obtidas evidências de sua relevância com alunos do ensino médio técnico de instituição federal pública do referido estado. Quando aplicada a tal grupo, houve interesse, engajamento, discussões e questionamentos pelos alunos, indicando a pertinência educacional da presente proposta de ensino para a abordagem do tema ambiental da poluição sonora.

### Referências

- AIKENHEAD, G.S. (2009) Research into STS Science Education. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.9, n.1, p.1-21.
- ALVES, P.R.P., SOUSA, D.R. e SILVA, H.C. (2005) Poluição Sonora na Física do Ensino Médio numa Abordagem CTS. *XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Rio de Janeiro-RJ, p.1-4.
- AULER, D. e DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v.3, n.1, p.1-13, 2001.
- BASTOS, P.W. e MATTOS, C.R. (2009) Física para uma Saúde Auditiva. *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Vitória-ES, p.1-12.
- BORGES, A.T. (2002) Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.19, n.3, p.291-313.
- BRASIL. (1999) *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília: Ministério da Educação.
- BRASIL. (2002) *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Secretaria de Educação Básica: Ministério da Educação. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em 22 de Abril de 2010.
- CARVALHO, A.M.P.(coord.), SANTOS, E.I., AZEVEDO, M.C.P.S., DATE, M.P.S., FUJII, S.R.S. e NASCIMENTO, V.B. (1999) *Termodinâmica: um Ensino por Investigação*. São Paulo: FEUSP.
- CARVALHO, A.M.P. (2008) Enculturação Científica: uma meta no Ensino de Ciências. Texto apresentado no *XIV ENDIPE*, Porto Alegre-RS, p.1-12.
- CHRISPINO, A. (2009) *Educação Tecnológica: Ciência, Tecnologia e Sociedade: Módulo III*. Rio de Janeiro: CEFET-RJ.
- LEMKE, J.L. (2006) Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, v.24, n.1, p.5-12.
- SANTOS, W.L.P. e MORTINER, E.F. (2002) Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v.2, n.2, p.1-23.
- SANTOS, A.G. e SOUZA BARROS, F. (2011) Questões Ambientais no Ensino de Física. *XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus - AM, p.1-10.
- SANTOS, A.G. (2012a) *Uma proposta para abordagem de problemas ambientais de uma escola nas aulas de física para o ensino médio*. Rio de Janeiro: UFRJ / IF.
- SANTOS, A.G. (2012b) Poluição Sonora em Livros Didáticos de Física do Ensino Médio. *XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Maresias – SP, p. 1-9*.

- SANTOS, A.G. e SOUZA BARROS, F. Questões Ambientais no Ensino de Física. *XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus - AM, 2011, p.1-10.
- SANTOS, A.G., SOUZA BARROS, F. e AMORIM, H.S. (2013) Proposta para Abordagem de Problemas Ambientais nas Aulas de Física para o Ensino Médio. *XX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, São Paulo – SP, p.1-8.
- SOUZA CRUZ, S.M.S.C. e ZYLBERSZTAJN, A. (2005) O Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade e a Aprendizagem Centrada em Eventos. In: PIETROCOLA, M. (org.). *Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia em uma Concepção Integradora*. 2ª ed. rev. Florianópolis: editora da UFSC, p.171-196.
- VIANNA, D.M. (org.), BERNARDO, J.R.R., PENHA, S.P., PAULA, A.G. e OLIVEIRA, F.F. (2008) *Novas Perspectivas para o Ensino de Física: Propostas para uma Formação Cidadã Centrada no Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS*. Instituto de Física – UFRJ, PROENFIS – CTS, Apoio: FAPERJ, Gráfica UFRJ.
- VIANNA, D.M. (2009) *Formação cidadã para nossos alunos – um contexto cultural para o ensino de Física*. In: MARTINS, A.F.P (org.). *Física ainda é cultura?* São Paulo: editora Livraria da Física, 2009, p.131-149.
- VIVEIROS, E.B. Erros de Mitos em Acústica Arquitetônica: isopor, caixa de ovos e afins. *V Congresso Iberoamericano de Acústica*, Santiago de Chile, 2006, p.1-10.

### **Apêndice – Proposta didática para abordagem da poluição sonora nas aulas de Física do nível médio**

A estruturação geral para problemas ambientais está presente tanto em Santos (2012a) (Disponível em: [http://www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2012\\_Almir\\_Santos/dissertacao\\_Almir\\_Santos.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2012_Almir_Santos/dissertacao_Almir_Santos.pdf). Acesso em: 26 de maio de 2013) quanto em Santos et al. (2013) (Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0068-1.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2013), os quais incluem o problema da poluição sonora. Quanto aos recursos didáticos específicos da poluição sonora, incluindo questionários, texto de apoio didático, vídeos e experimento, apresentamos os mesmos a seguir.

- 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 1:** Questionário inicial e final.

Os dois vídeos instrucionais são: “Danos da Poluição Sonora” (Disponível em: <http://youtu.be/L7nxPVrYDCs>. Acesso em 20 de dezembro de 2011); e “Poluição Sonora” (Disponível em: <http://youtu.be/2hDVOqXoeaE>. Acesso em 20 de dezembro de 2011). O texto de apoio didático encontra-se abaixo, seguido de seu questionário pertinente.

**Texto: 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 roncões 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 1 abaixo).



**Tabela 1:** 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 2 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      |

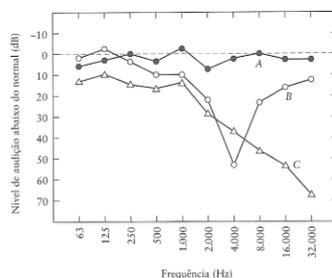
**Tabela 2:** Relações entre tempo de exposição e decibéis (nível sonoro) para ruídos contínuos nas profissões, segundo legislação do Ministério do Trabalho (BRAGA et al., 2005, p.212).

A tabela acima nos revela exemplos de cenários relacionando nível sonoro (em decibéis) e tempo de exposição. Combinando informações das Tabelas 1 e 2, 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.

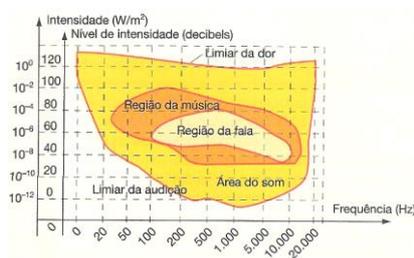
Os audiogramas são gráficos que relacionam níveis sonoros e frequências audíveis pelas pessoas. O Gráfico 1 apresenta três curvas que caracterizam indivíduos de situações distintas de acuidade auditiva.



**Gráfico 1:** 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 2 abaixo), a saber: frequência do som; e intensidade sonora.

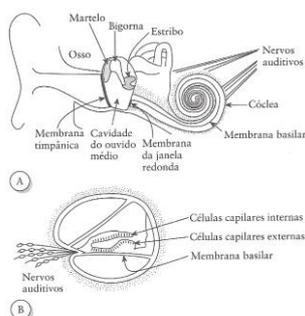


**Gráfico 2:** Região de sensibilidade da orelha em função da frequência e da intensidade sonoras. As escalas dessas duas grandezas são logarítmicas (FIGUEIREDO e TERRAZZAN apud SANT'ANNA et al., 2010, p.409).

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 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 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 vivavoiz 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 2:** Questionário de apoio ao texto.

### **Experimento:** *Níveis sonoros nos espaços da escola*

A presente atividade experimental pretende avaliar os níveis sonoros de diferentes ambientes da escola e compará-los com os relatos das pessoas comumente presentes nos mesmos, estabelecendo correlações entre ambas as informações. Pretendemos, então, construir nos estudantes noções sobre correlações entre medida experimental e sentido humano (efeitos da medida experimental sobre as pessoas).

No tocante 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.*