

desenvolvidas em dois dias:

- poligonal aberta a teodolito e trena para o transporte de coordenadas de superfície para pontos da galeria, previamente estabelecidos;
- controle do azimute do último alinhamento da poligonal pelo método do teodolito giroscópio;
- transporte de altitude para pontos do interior da galeria pelo método do nivelamento geométrico.

Os cálculos são feitos no local, visando a detecção e correção de enganos. Cada equipe deverá apresentar relatório contendo os dados pertinentes às tarefas executadas, planilhas de cálculos, plantas e perfis.

3.4 Participação e Custos

Na última atividade realizada no período de 28 de janeiro a 9 de fevereiro, a participação foi a seguinte:

- docentes: Professores Clovis C. Carraro, Francisco H. S. Magro e Jorge L. Barbosa da Silva, deste Departamento; Prof. Carlos A. Nadal, da Universidade Federal do Paraná; Colaboradores Norberto Dani e Carlos Oliveira e Monitor Cesar M. Carraro;
- funcionário: Luís Garcia da Silva (motorista e zelador);
- alunos: 21 alunos na primeira semana e 27 alunos na segunda semana.

Deve-se ressaltar a participação da Companhia Brasileira do Cobre ao ceder a área para execução dessa atividade, fornecer alimentação com 50% de desconto e também colocar à disposição do corpo docente, discente e funcional os serviços médicos, de segurança, de alojamento e de lazer.

Em 1981, a atividade integradora foi realizada na Mina de Charqueadas, de propriedade da Companhia de Pesquisa e Lavra Mineral — COPELMI. No ano seguinte, foi realizada na Mina do Leão, da Companhia Riograndense de Mineração — CRM.

Desde 1983, o Departamento de Geociências da Universidade Federal do Paraná tem se feito presente na pessoa do Prof. Carlos A. Nadal. Com instrumentos do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésias daquela Universidade, tais como teodolito giroscópio e distanciômetro, o Prof. Nadal participa entusiasticamente dos trabalhos de campo explicando o uso dos aparelhos e transmitindo sua experiência no campo das ciências geodésicas. Merece também destaque o empréstimo de distanciômetro a infra-vermelho pela empresa Geoconsultora. O custo com a campanha, realizada no período acima mencionado, foi da ordem de Cr\$ 10.600.000 correspondendo a 434 ORTNs.

3.5 Importância didática e profissional

Observando o desempenho dos alunos nas atividades de campo e também em gabinete ao executarem os cálculos e desenho, constatou-se que:

- o aluno executa as tarefas, inicialmente, com alguma dificuldade, mas depois com desenvoltura e sempre com grande entusiasmo;
- o aluno tem condições de detectar os erros que comete prontificando-se a repetir as tarefas que apresentem precisão inferior à desejada;
- os alunos desenvolvem a iniciativa e criatividade;
- os prazos estabelecidos para a realização das tarefas são cumpridos.

A opinião generalizada dos alunos é que o cumprimento das tarefas aqui descritas e a execução do relatório, têm sido de grande utilidade para a fixação dos conhecimentos adquiridos nos dois semestres precedentes, nas disciplinas Topografia I e Topografia de Minas. Este trabalho habilita efetivamente o profissional a executar como subterrânea com auto-determinação, resultando produtos de boa qualidade técnica.

4 RECOMENDAÇÕES

A equipe de professores responsável pela coordenação da disciplina Topografia de Minas, em face dos resultados que vem presenciando, é de opinião que:

- os demais cursos de Engenharia de Minas e de Geologia incluam nos respectivos currículos a disciplina Topografia de Minas, com as características semelhantes às deste Departamento;
- envidem esforços para que no final do semestre proporcionem a oportunidades para a realização de uma atividade integradora.

Finalmente, os autores desejam iniciar uma ampla troca de idéias com outros centros de ensino de Engenharia de Minas e Geologia e entre os membros da ABENGE, visando o aperfeiçoamento do ensino desta matéria.

Agradecimentos

Os autores devem ao entusiasmo dos jovens alunos a manutenção de aperfeiçoamento da Atividade Integradora, aqui apresentada.

Pelas sugestões e críticas apresentadas pelas Professoras Ilza Rodrigues Jardim e Moanilda Froes Godolphim, nosso agradecimento.

RUÍDO AMBIENTAL: UM PROBLEMA URGENTE PARA A NOSSA ENGENHARIA

João Candido Fernandes*

FERNANDES, João Candido. Ruído ambiental: um problema urgente para a nossa Engenharia. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4 (2): 119-124, 2.º sem. 1985.

Os ruídos industriais e urbanos têm-se constituído, nos últimos anos, um dos tipos de poluição que atingem maior número de pessoas. São Paulo e Rio de Janeiro, estão entre as cinco cidades de maior poluição sonora do mundo. O Brasil apresenta um dos maiores índices de ocorrência de perda auditiva em operários de indústrias. Como ocorre nos países europeus e nos Estados Unidos, o problema precisa ser atacado através de leis; mas, antes de mais nada, com a conscientização e a educação do povo. Esse processo deve começar pelo profissional que mais tem condições de alterar o meio ambiente: o Engenheiro.

Ruído Ambiental. Ensino da Acústica. Ciência do Ambiente. Acústica na Engenharia.

FERNANDES, João Candido. Environmental noise: an urging problem for engineering. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2) 119-124, 2nd. sem. 1985.

Lately, urban and industrial noise is becoming one kind of pollution affecting a great number of people. São Paulo and Rio are among the top five cities in the world with the greatest noise pollution. Brasil has one of the highest rate of hearing loss among industry workmen. As in USA and european countries, this problem has to be taken care of by the correct use of the law; above all, nevertheless, people have to be educated to become concious. This process has to begin with the kind of professional with all the conditions to alter the environment: the Engineer.

Environmental Noise. The teaching of Acoustics. Environment Science. Acoustics in Engineering.

1 INTRODUÇÃO

A acústica é, ao mesmo tempo, um tema fascinante e complexo. As aplicações dessa Ciência são extremamente diversas, atuando em áreas como: acústica arquitetônica, acústica fisiológica e subjetiva, acústica musical, atenuação e eliminação de ruídos, ultra-som e tecnologia ultra-sônica, propagação do som na atmosfera e no mar, "boom" sônico, aeroportos, eletro-acústica e sistemas de sonorização, comunicação verbal, fonética lingüística e estatística da linguagem, teoria das comunicações, etc. E tal a diversidade do emprego da acústica que, hoje, utiliza-se dela desde em simples ensaios de ultra-som para detectar falhas em materiais, passando por projetos de auditórios e estúdios, até a localização de tumores cerebrais.

Para a Engenharia, a acústica se torna uma ferramenta poderosa, sendo imprescindível a sua utilização na Engenharia Civil, em projetos arquitetônicos de teatros, auditórios, igrejas, setores urbanos, dimensionamento de sonorização de ambientes e ruídos ambientais.

* Professor Assistente do Departamento de Engenharia Mecânica da Fundação Educacional de Bauru. Mestre em Vibrações EESC/USP. Vice-Diretor da Faculdade de Tecnologia da Fundação Educacional de Bauru.

Na Engenharia Industrial é de grande utilidade na detecção de vibrações em máquinas, no estudo de falhas em peças, através da tecnologia ultra-sônica e, principalmente, na eliminação de ruídos. Em outras áreas da Engenharia, os princípios acústicos também têm grande aplicação: na Engenharia Elétrica e Eletrônica, a eletro-acústica tem vasto campo; na Engenharia Naval, o estudo de sonares; na Engenharia de Produção, a melhoria do bem-estar dos operários e conseqüente aumento de qualidade na produção.

2 A ACÚSTICA NA ENGENHARIA

É no conforto ambiental e principalmente no controle do ruído, porém, que o engenheiro — de qualquer área — tem encontrado os maiores desafios e a necessidade de se conscientizar do problema.

Na Europa, essa conscientização já se transformou em leis, que fazem com que os ruídos ambientais (em regiões urbanas, industriais, aeroportos, escolas ou hospitais) estejam dentro dos limites admissíveis.

No Brasil, porém, essa "responsabilidade pelo bem-estar da comunidade" inexistente salvo raras exceções, como, por exemplo, na cidade de Bauru,

com 200 mil habitantes, onde se criou a Lei 2423, que disciplina, com bastante rigor, os níveis de ruídos aceitáveis no município.

Eis alguns dados do problema do país:

- A Organização Mundial da Saúde, classificou São Paulo e Rio de Janeiro entre as 5 cidades de maior nível de ruído no mundo. As outras são: Tóquio, Nova Iorque e São Francisco.
- Nessas cidades, o nível de ruído alcança valores médios de 90 a 95 decibels, com picos de 105 dB [1] (O desconforto acústico com deterioração no aparelho auditivo aparece, quando são ultrapassados os 80 dB. (Ver Tabela 2).
- Estatísticas médicas realizadas no Rio de Janeiro, acusam a poluição sonora como causa principal de neuroses, em 90% dos casos. Cerca de 80% dos pacientes internados em hospitais psiquiátricos são motoristas profissionais [5].
- A poluição sonora, causada pelas indústrias, construção civil, aeroportos, trânsito de veículos, aumenta, em média, 2 dB por ano (de 1970 a 1977).
- Os operários brasileiros preferem receber, por insalubridade sonora, seu adicional de 20% sobre o salário mínimo a denunciar o nível excessivo de ruído.
- Pesquisas feitas, pela Organização Mundial de Saúde e por uma indústria de aparelhos de surdez, nas principais capitais brasileiras, revelam que 15% da população tem problemas de audição. Destes, apenas 50% procuram médicos, sendo que 5% recorrem a elementos de socorro, como a prótese auditiva. Mesmo assim, a venda de aparelhos auditivos gira em torno de 30 mil unidades por ano (dados de 1977).
- Pesquisas médicas recentes concluíram que o excesso de barulho resulta sérias conseqüências a todo o organismo humano, como: fadiga, constrição dos vasos sanguíneos, maior esforço do coração, redução na produção de anticorpos, hipertensão arterial, etc [6].

Devem-se somar a esses dados medições mais recentes (1982) comprobatórias de que, em região urbana, é grande o desconforto causado pelo ruído de veículos: numa avenida movimentada do Rio de Janeiro, constatou-se durante a medida do nível de ruído que, durante 96% do tempo, o decibelímetro marcou níveis acima de 70 dB(c); 50% do tempo, acima de 78 dB(c); em 30% do tempo, acima de 80 dB(c); em 5% do tempo, níveis acima de 85 dB(c). "Nota-se que, em qualquer ponto de uma grande cidade, existe um fundo sonoro contínuo, produzido pela superposição dos ruídos dos veículos" [2].

Os operários da construção civil e de indústrias estão submetidos, diariamente, a níveis sonoros bastante elevados.

Eis alguns valores:

TABELA 1

Níveis de ruído, provocados por diversos equipamentos

| | |
|-------------------------------------|--------|
| rebitadeira pneumática | 125 dB |
| buzina de ar de automóvel (1 metro) | 115 dB |
| calderaria | 110 dB |
| golpe de martelo sobre metal | 105 dB |
| compressor | 100 dB |
| metrô (New York) | 95 dB |
| trator | 93 dB |
| martelo pneumático | 90 dB |
| ônibus com motor interno | 85 dB |
| betoneira | 75 dB |

Quando os ruídos atingem níveis elevados, as pessoas podem sofrer graves problemas de audição, principalmente se o tempo de exposição ao ruído for prolongado. O barulho pode afetar a audição de 3 modos: mudança temporária do limiar auditivo (as pessoas se sentem surdas por alguns minutos ou horas); mudança permanente do limiar auditivo (a sensação de surdez é permanente); trauma acústico (perda da audição em razão da exposição a um nível de pressão sonora muito elevado). O que ocorre, freqüentemente, é um processo gradativo e insensível, pois a perda auditiva se dá inicialmente nos sons agudos. A seguir, é apresentada uma tabela dos níveis de ruído, em função das bandas de freqüência e tempo de exposição diária, os quais significam um risco para o aparelho auditivo [3].

TABELA 2

Níveis de ruído em bandas de freqüência indicadores de risco auditivo

| Bandas de oitava de freqüência | Tempo de exposição diária | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----|-----|-----|--------|--------|-------|
| | 8h | 4h | 2h | 1h | 30 min | 15 min | 7 min |
| 63 | 97 | 100 | 103 | 106 | 110 | 116 | 122 |
| 125 | 91 | 94 | 97 | 100 | 104 | 110 | 116 |
| 250 | 87 | 90 | 93 | 96 | 100 | 106 | 112 |
| 500 | 84 | 87 | 90 | 93 | 97 | 103 | 109 |
| 1000 | 82 | 85 | 88 | 91 | 95 | 101 | 107 |
| 2000 | 80 | 83 | 86 | 89 | 93 | 99 | 105 |
| 4000 | 78 | 81 | 84 | 87 | 91 | 97 | 103 |

Em contraste a todos esses dados, colocam-se os níveis sonoros confortáveis para ambientes de convivência humana. As normas brasileiras fixam, como limites superiores do nível de ruído de ambientes, os seguintes valores:

TABELA 3
Níveis de ruído máximo aceitável para a convivência do homem NB-95

| | |
|--------------------------------------|----------|
| Igrejas | 42 dB(A) |
| Escolas e museus | 42 dB(A) |
| Cinemas | 45 dB(A) |
| Hotéis e hospitais (áreas de dormir) | 40 dB(A) |
| Escritórios | 57 dB(A) |
| Restaurantes | 60 dB(A) |
| Auditórios (salas de espetáculos) | 42 dB(A) |
| Residências | 40 dB(A) |
| Fábricas | 75 dB(A) |

Níveis de ruído acima desses valores tornam-se bastante incômodos; perturbam o trabalho ou o repouso; dificultam a comunicação verbal, interferindo na inteligibilidade das palavras, causando alterações na saúde de pessoas nervosas.

Como podem ser compatibilizados os limites máximos de ruídos fixados pelas normas, com os níveis a que estão submetidas as pessoas no dia a dia?

Constata-se, claramente, o preço que o homem está pagando pela tecnologia, pelo conforto, pela industrialização. Todo o progresso baseado na máquina tem um subproduto dos mais indesejáveis: o ruído.

O professor Luiz Palhano Pedrosa diz que "o problema do ruído é, sem dúvida, um problema de repressão, mas, antes de mais nada, um problema de educação" [4]. Não se pode pensar em atenuar os níveis de ruído em ambientes comunitários, sem que haja, antes de tudo, a educação das pessoas que os administram. Dessa maneira, torna-se evidente que o Engenheiro, o Arquiteto e o Administrador Municipal são os profissionais que, conscientizados, modificarão o meio com maior eficiência e rapidez.

3 A ACÚSTICA NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIRO

O Conselho Federal de Educação não faz, de maneira explícita, nenhuma citação no sentido de oferecer ao Engenheiro, conhecimentos na área de acústica e ruídos. As poucas recomendações são muito gerais e, por isso mesmo, vagas, permitindo múltiplas interpretações.

A resolução CFE 48/76, que fixa os currículos mínimos dos cursos de Engenharia, no seu artigo 4.º, inclui a matéria Ciências do Ambiente, como obrigatória na formação do Engenheiro. O artigo 8.º determina que as matérias de formação profissional específica, estabelecidas pelas próprias instituições, deverão incluir "tópicos relativos à segurança na concepção dos projetos de Engenharia".

Por sua vez, a resolução n.º 4/77 do CFE, que caracterizou a habilitação Engenharia Industrial, estabeleceu, no seu artigo 3.º, que, entre as matérias de formação geral, deve-se incluir "psicologia aplicada ao trabalho", estudando-se civilização tecnológica, explosão demográfica, urbanização, estudo de fadiga. No seu artigo 5.º, parágrafo 1.º, fixou que as disciplinas de formação profissional específica deverão destacar a segurança na execução dos projetos e na operação dos sistemas próprios da área.

Nas "Recomendações sobre a introdução de tópicos relativos à segurança nos currículos plenos do curso de Engenharia" (7), no item II, lê-se: "A introdução de tópicos relativos à segurança nos currículos plenos do curso de Engenharia não visa ao preparo de especialistas, mas à criação de uma mentalidade preventiva na atuação do futuro profissional, qualquer que seja a área de sua atuação". No item III — Recomendações — são citados os tópicos a serem cobertos neste assunto. Eis alguns:

- Conceituação de segurança na Engenharia
- Controle do ambiente
- Proteção coletiva e individual
- Riscos específicos nas várias Habilitações de Engenharia
- Segurança no projeto

Como se observa, o CEF nas resoluções 48/76 e 4/77, além de legislar sobre a formação técnica do Engenheiro, também se preocupou com os efeitos da Tecnologia sobre a natureza. Trata-se, porém, de uma legislação um tanto estranha, pois, ao mesmo tempo que institui o ensino formal de Ciências do Ambiente, com o intuito de manter o equilíbrio ecológico, apenas recomenda a inclusão de tópicos relativos à segurança do ser humano, para os currículos de Engenharia.

A respeito do conteúdo da matéria Ciências do Ambiente (Resolução 48/76 do CEF é referência 7), pode-se partir para várias interpretações das recomendações oficiais; porém torna-se claro que a poluição sonora não recebe a atenção proporcional aos males sociais que causa. Isso é confirmado pelo próprio MEC, quando indica a bibliografia para a matéria Ciências do Ambiente [8]: entre 78 livros e trabalhos citados, apenas 1 (um) enfoca diretamente o

tema "acústica ambiental". Além disso, nota-se que, atualmente, existe uma clara tendência de se interpretar este currículo mínimo sob o prisma da Química e Biologia [9, 10 e 11]

Os tópicos relativos à segurança do trabalho dependem muito das instituições, restringindo-as a meras especulações a respeito do conteúdo. Na realidade, as exigências nesse sentido são vagas, e os itens, quando são agrupados numa disciplina, estão sujeitos a múltiplas interpretações.

4 PROPOSTA PARA O ENSINO DE ACÚSTICA NA ENGENHARIA

"É indispensável um trabalho de educação em questões ambientais, visando tanto às gerações jovens como adultas, dispensando a devida atenção (...) à proteção de melhoramento do meio ambiente, em toda a sua dimensão humana". — Declaração sobre o ambiente humano — Assembléia Geral das Nações Unidas — Estocolmo — 1972.

Didaticamente, pode-se dividir a "atuação dos ruídos sobre as pessoas" em duas áreas distintas, embora sejam bastante semelhantes suas causas e efeitos.

— *O ruído urbano* — resultado principal do trânsito de veículos (carros, ônibus, caminhões e motocicletas com escapamentos fora de normalização, buzinas) e aviões; megafones e sirenes; construção civil; casas comerciais, etc., perturba a população das grandes e médias cidades.

— *O ruído industrial* — causado por máquinas, ao realizarem algum trabalho, provocam graves problemas auditivos nos operários.

No primeiro caso, ruídos urbanos, está intimamente ligado à área civil. Atualmente, o engenheiro civil que projetar qualquer ambiente de convivência humana deve levar em consideração dois aspectos: o isolamento acústico, (não permitindo que sons externos incomodem o recinto), e o tratamento acústico do ambiente (para locais onde se apresentarão shows, discursos, aulas, eventos musicais, etc.), permitindo a máxima inteligibilidade dos sons. Torna-se, portanto, mais necessário, a cada dia, que o Engenheiro de formação civil tenha conhecimentos amplos nessa área.

A surdez profissional, hipacusia dos operários que trabalham em ambientes acusticamente insalubres, caracteriza os ruídos industriais. Os Engenheiros Industriais de qualquer área, além dos Engenheiros das áreas de Eletricidade, Mecânica, Metalurgia, Minas e Química, devem ter conhecimentos a respeito disso, tornando-se também responsáveis pelo

número crescente de problemas auditivos decorrentes das indústrias.

Deve-se lembrar a importância da conscientização dos Engenheiros da área mecânica, pois são equipamentos mecânicos que, na maioria das vezes, são as fontes de ruído.

Muitas escolas de Engenharia, sensíveis ao problema, já incluíram, em seus currículos, disciplinas enfocando o tema, como "Controle Térmico e Acústico", "Planejamento e Controle de Tráfego Urbano", "Poluição Industrial", etc. Cabe aqui, pois, recomendar a inclusão de tópicos relativos a controle de ruído nos currículos de Engenharia.

4.1 Carga Horária

O estudo da acústica, ruídos e proteção, é vastíssimo. Uma visão completa dos problemas e de suas soluções exige, como pré-requisito, o conhecimento de vibrações mecânicas, pois a acústica nada mais é que o estudo das vibrações num meio elástico: o ar. Porém, como foi citado no item 3, "não se visa ao preparo de especialistas" mas, sim, à conscientização do problema.

Para a questão dos ruídos urbanos, o ideal seria a inclusão de uma disciplina (profissional específica) nos currículos dos cursos da área civil, com 30 horas, dedicada exclusivamente ao conforto acústico ambiental, Poder-se-ia, também, pensar em termos de apenas uma disciplina, englobando todo o assunto de conforto ambiental (com carga horária maior), versando sobre acústica, calor, ventilação e luminosidade. A primeira sugestão parece-nos a mais indicada, pois, além de dar ênfase ao assunto, não exige um professor polivalente, como no segundo caso.

Para os ruídos industriais, torna-se quase obrigatória a inclusão de uma disciplina sobre o assunto, pelos graves problemas de hipacusia observados nessa área. Recomenda-se uma disciplina, com carga de 30 horas, dirigida ao futuro Engenheiro Industrial, desvinculada dos aspectos de segurança do trabalho e exclusivamente voltada para o estudo, combate a conscientização da poluição industrial.

Assim, atacando o problema, usando-se como estratégia, a conscientização do Engenheiro Civil e do Engenheiro Industrial, resultarão modificações sensíveis no meio ambiente, pois estes são os profissionais que podem atuar com maior eficiência no controle ambiental.

4.2 Conteúdo Programático

O Engenheiro da área civil deve ter uma educação dirigida para a acústica arquitetônica. Reco-

menda-se um programa com os seguintes tópicos:

- Introdução e conceitos físicos*: origem e formação do som, terminologia, audição humana, leis do som.
- Acústica de ambientes*: fatores acústicos que caracterizam os ambientes, tempo de reverberação, materiais e tratamento acústico, projeto de ambientes (acústica gráfica, amortecimento e reverberação, ambientes especiais como câmaras, teatros, templos, estúdios).
- Ruídos ambientais e industriais*: introdução e definições, níveis normais de recomendados, ruídos na Arquitetura (focos de ruídos, planejamento acústico, isolamento, instalações domésticas, construções especiais como hospitais, hotéis, oficinas, escolas), ruídos urbanos.
- Sistemas de medidas de som*: equipamentos, medida do nível sonoro (teoria), medida do nível sonoro de um ambiente (prática), medida do nível sonoro de uma indústria (prática), medida do nível sonoro de setores urbanos de uma cidade (prática), medida de fontes sonoras (prática).

Para o curso de Engenharia Industrial, o programa poderia ser bastante semelhante, porém, com enfoque voltado para os riscos auditivos causados pelos ruídos industriais. Seria o seguinte:

- Introdução e conceitos físicos*: origem e formação do som, terminologia, audição humana, leis do som.
- Acústica de ambientes*: noções dos fatores que caracterizam ambientes.
- Ruídos industriais*: introdução e definições, níveis normais e recomendados, efeitos dos altos níveis de ruído, níveis legais, ruídos de máquinas, mapeamento, controle do ruído na fonte, controle do ruído na propagação, controle do ruído no receptor (protetores), sinalização de zonas, exames audiométricos.
- Sistemas de medida de som*: equipamentos, medida do nível sonoro (teoria), medida do nível sonoro de um ambiente (prática), medida do nível sonoro de uma indústria com mapeamento, ruído de fundo e alternativas de solução (prática), medida de fontes sonoras (prática).

Para esses dois programas, cabe lembrar que o acompanhamento prático é muito importante e fácil de ser implantado, pois os equipamentos são simples e de baixo custo.

4.3 Posicionamento no Currículo

Basicamente, recomenda-se que os ensinamentos de acústica e ruídos, ao Engenheiro em formação, devem ser ministrados no final do curso, tor-

nando a conscientização do problema mais embasada (pelos conhecimentos adquiridos durante o curso) e eficaz (pela proximidade da vida prática).

De maneira metódica, poder-se-ia indicar, como posição para as disciplinas propostas, um período posterior ao sétimo do curso de Engenharia. Isso porque, em ambos os casos, o aluno já possui conhecimentos básicos que envolvam Física, Matemática, conforto das habitações, além de vibrações e amortecimento vibratório em máquinas (para Engenharia Industrial).

4.4 Formação de Professores

A formação de professores, talvez seja o maior desafio para a inclusão de tópicos relativos à acústica nos currículos dos cursos de Engenharia.

Pós-graduação "stricto sensu" na área de acústica existe em apenas uma instituição do Brasil: a Universidade Federal de Santa Catarina, com oferta de disciplinas a nível de mestrado e doutorado, além da excelente produção de trabalhos científicos.

Porém, para se ministrarem aulas de acústica e ruídos em cursos de graduação, não há necessidade de o professor possuir título de mestrado ou doutorado. Os cursos de pós-graduação "latu sensu" permite amplos conhecimentos, principalmente se o "professor-aluno" tiver uma formação com boa base em vibrações de corpos rígidos e elásticos. Muitas instituições mantêm cursos de especialização ou extensão universitária; entre elas, o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (São José dos Campos) e a Fundação Educacional de Bauru, esta última com cursos regulares.

4.5 Bibliografia

O número de textos em Língua Portuguesa na área de acústica e ruídos ainda é pequeno. São citados livros que abrangem todo o programa apresentado:

- De Marco, C. S. — "Elementos de Acústica Arquitetônica" Livraria Nobel S. A. — São Paulo.
- Alexandry, F. G. — "O Problema do Ruído Industrial e seu Controle" — Fundacentro — Ministério do Trabalho — São Paulo.
- Minãna, J. P. — "Compêndio Prático de Acústica" — Editorial Labor S. A. — Barcelona.
- Nepomuceno, L. X. — "Acústica Técnica" — Editora Técnica Gráfica Industrial Ltda.
- Beranek, L. L. — "Acústica" — Editorial Hispano-Americana S.A. — Buenos Aires.

6 - Beranek, L. L. — "Acoustic Measurements" — J. Wiley — U.S.A.

7 - Kurtze, G. — "Física y Técnica de la Lucha contra el ruido" — Ediciones Urno.

Devem-se somar esses textos, as normas brasileiras: TB 37/59, NB 616/79, NB 95/66, NBR 7731/83, NB 101/71.

Dos livros apresentados, o primeiro é exclusivo dos cursos de Engenharia Civil; o segundo e o sétimo, exclusivos da Engenharia Industrial. Os demais são gerais, sendo úteis a ambos os casos.

5 CONCLUSÕES

Os altos níveis de ruído se transformaram nos últimos anos, como uma das formas de poluição que atingem maior número de pessoas. A poluição sonora não se restringe apenas à regiões de grande concentração industrial, como a poluição atmosférica: nem a estritas regiões, como a poluição radioativa; nem a regiões produtoras de álcool, como a poluição dos rios. O barulho está presente em qualquer comunidade, em qualquer tipo de trânsito de veículos, em qualquer processo fabril, em qualquer obra civil. Atualmente, tanto nas grandes capitais, como nas cidades médias do interior, o nível sonoro está acima dos valores recomendados.

O problema se agrava quando se sabe que a perda auditiva é imperceptível, pois, atinge primeiro as altas frequências, não interferindo na comunicação oral; conseqüentemente se constitui num processo progressivo à medida que a pessoa se submete a elevados níveis sonoros.

A repressão, através de leis que rejam todas a geração de ruídos, é um objetivo remoto em nosso país. Mas esse processo deve começar pela educação e conscientização do profissional que mais tem condições de alterar o meio ambiente: o Engenheiro.

Nos Estados Unidos e na Europa, leis severas atuam sobre equipamentos produtores de ruídos: todos os veículos têm seus escapamentos rigorosamente dimensionados; vários modelos de aviões foram obrigados a modificar suas turbinas (é de fácil lembrança a proibição do pouso de aviões Concorde em solo americano por excesso de ruído); as casas comerciais noturnas têm seus limites sonoros inspecionados regularmente. Desde 1980, por força de lei, os Estados Unidos obrigam que todo equipamento que gere barulho no seu funcionamento deve apresentar, em seu rótulo, o nível de ruído. Isso quer dizer que, ao se comprar um eletrodoméstico, como aspirador de pó, liquidificador, condicionador de ar,

máquina de lavar roupa, as pessoas conhecem não só os dados elétricos, como potência, corrente de tensão de funcionamento, mas também o nível de ruído produzido.

A educação do Engenheiro Civil e do Engenheiro Industrial deve criar, a médio prazo, um clima de hostilidade aos altos níveis de ruído: o primeiro, atuando no problema urbano, reprimindo as fontes e protegendo as pessoas da poluição sonora; o segundo preocupando-se com a surdez profissional dos operários e, ao mesmo tempo, projetando máquinas com níveis de ruído que não afetem a saúde pública.

Quando essa conscientização se transformar em leis, teremos um povo mais sadio e com melhor qualidade de vida.

Acústica e ruídos é um tema polêmico e, por isso mesmo deve ser discutido por todos os segmentos da sociedade. O autor se coloca à disposição de quem quiser discutir o problema, aceitando novas colocações e pontos de vista sobre este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CASTRO, T. — "Estamos ficando surdos e ninguém nos ouve" — Jornal "O Globo" de 8/5/77.
- [2] DE MARCO, C. S. — "Elementos de Acústica Arquitetônica" — Livaria Nobel S. A. — São Paulo.
- [3] LINS, A. — "O Barulho e o Homem" — Revista "Acústica" — n.º 8 — 1977
- [4] PALHANO PEDROSO, L. A. — "O Silêncio — sua promoção é a afirmação de educação e respeito" — Revista "Acústica" — n.º 6 — 1977.
- [5] BOLETIM DO INSTITUTO BRASILEIRO DE ACÚSTICA — Vol. XXX — n.º 8 — fevereiro/1980.
- [6] BOLETIM DO INSTITUTO BRASILEIRO DE ACÚSTICA — Vol. XIX — n.º 12 — junho/1979 e Vol. XVIII — n.º 11 — maio/1978.
- [7] Curso de Engenharia — Autorização, reconhecimento e funcionamento. — DAU/MEC — 1979.
- [8] Curso de Engenharia — Bibliografia — DAU/MEC — 1979.
- [9] SALLES, J. L. — "O ensino de Ciências do Ambiente como disciplina de Departamento de Química da Universidade Gama Filho". — Anais do Seminário sobre ensino das matérias de formação básica nos cursos de Engenharia — Rio de Janeiro — outubro de 1983.
- [10] CECCHINI, M. A. G. — "A análise crítica do ensino da matéria Ciências do Ambiente" — Revista de Ensino de Engenharia — Vol. 3 — n.º 2 — 2.º semestre/84.
- [11] LIMA, O. S. — "Ciências do Ambiente: Uma experiência de ensino na Escola de Engenharia de São Carlos". — Revista de Ensino de Engenharia — Vol. 3 — n.º 2 — 2.º semestre/84.

CURSO DE SIMILITUDE EM ENGENHARIA

H. A. Gomide*
E. F. y Fernández**

GOMIDE, H. A. e FERNÁNDEZ, y F. E. Curso de Similitude em Engenharia. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 125-132, 2.º sem. 1985.

O presente trabalho tem como meta divulgar a disciplina "Similitude em Engenharia" ministrada no curso de Engenharia Mecânica da UFU, a qual visa proporcionar aos alunos fundamentos básicos sobre a teoria de modelos. O ciclo de aulas práticas e teóricas tem como objetivos distinguir as quantidades envolvidas em um experimento, manipular dados experimentais, aplicar a análise dimensional para classificar e desenvolver equações, sistematizar coletas de dados e analisar protótipos através de modelos. Oito trabalhos de laboratório foram cuidadosamente selecionados, envolvendo as áreas de mecânica dos fluidos e dos materiais, em ordem crescente de complexidade e procurando utilizar acumulativamente os conhecimentos adquiridos.

Similitude. Modelo. Escala. Distorção.

GOMIDE, H. A. e FERNÁNDEZ, y F. E. A Course of Similitude in Engineering. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2) 125-132, 2nd. sem. 1985.

The objective of this paper is to divulge the course "Similitude in Engineering", taught at the Mechanical Engineering Department of UFU with the objective of presenting students basic fundamentals on the theory of modeling. Theoretical and practical activities were planned to allow students to select quantities involved in experiments, to apply dimensional analysis, to classify and develop predictive equations, to systematize data acquisition, and to predict prototype performance from model analysis. Eight different experiments including knowledge of mechanics of materials and fluid mechanics were selected and ordered with increasing levels of difficulties.

Similitude. Model Design. Scale Model. Distortion.

1 INTRODUÇÃO

Muitos problemas práticos em engenharia não podem ser resolvidos analiticamente e por isto, informações experimentais sobre o fenômeno devem ser obtidos. Nos problemas mais simples o que se pretende é conhecer como uma característica particular de um sistema é influenciada por outra. Para determinar a relação entre um parâmetro e outro, testes experimentais devem ser feitos onde as variações de um deles permite a determinação do outro, enquanto todas as outras características ou variáveis do sistema permanecem constantes. Este processo pode ser repetido para cada uma das variáveis envolvidas. Apesar deste princípio parecer simples, ele é difícil e consome tempo considerável na prática. A seleção de grupos de variáveis adimensionais reduz consideravelmente o tempo, não sendo necessário trabalhar individualmente com cada parâmetro [1]. A análise de um determinado problema,

dentro deste ângulo, é chamado de análise dimensional.

Entre a idealização e a construção de um projeto em engenharia, prespõem-se a realização de um vasto conjunto de experiências que simulam, consistentemente, os fenômenos físicos envolvidos. A teoria das dimensões e da similitude estabelece critérios que devem ser impostos sobre os modelos e permite estabelecer os parâmetros característicos do fenômeno em estudo, para que os resultados possam ser obtidos seguramente e sistematicamente [1, 2].

Apesar da simplicidade e das características elementares que regem os princípios da teoria da similitude, eles, normalmente, não são aplicados de maneira consciente. A exposição de certas teorias em livros textos e na prática pedagógica das universidades geralmente são tratadas rápida e superficialmente. Noções fundamentais de grandezas dimensionais e adimensionais não são elucidadas de maneira satisfatória, provocando uma série de confusões e mal entendidos. A constatação dessas dificuldades incentivou a elaboração e implantação de uma disciplina e pós-graduação, no curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia.

* Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia/MG.