

DA SALA DE AULA PARA A VIDA: ACÚSTICA NO DIA A DIA

Onorato Jonas Fagherazzi*
Otávio Akira Sakai**
Luciana de Almeida Mohnsam***

Resumo: O presente artigo visa apresentar os resultados de um projeto de ensino, pesquisa e extensão, desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Câmpus Rio Grande. Intitulado “Da sala de aula para a vida: acústica no dia a dia”. Ele foi desenvolvido com uma turma de aprendizes de Física e de Filosofia do Ensino Médio Integrado e com uma de acadêmicos de Acústica do Curso de Tecnologia em Construção de Edifícios. Com os objetivos de incentivar o gosto pela pesquisa nos discentes, de promover a interdisciplinaridade, de desenvolver extensão e de permitir o domínio prático de algumas tecnologias e ferramentas de investigação filosófica, desenvolveu-se a presente atividade supracitada. A mesma desenvolveu-se pelo estudo inicial de acústica, que é a análise física das vibrações das ondas sonoras, num determinado restaurante, com o aceite, a necessidade e seu consentimento ético. A metodologia utilizada foi a de um estudo de caso que demandou pesquisa bibliográfica, coleta de dados com instrumentos de tecnologias de precisão denominada de sonômetro, tabulação e análise de dados daquelas ondas sonoras da referida organização por meio de programas computacionais especializados, a fim de se desenvolver um relatório técnico àquele microempresário que dele necessitava. Assim sendo, chegou-se a uma aprendizagem prática, dinâmica e interdisciplinar por parte dos discentes e uma oportunidade de se vincular a tríade: educar, pesquisar e fazer extensão ao mesmo tempo. E, tudo isso, aliando o ensino ao cotidiano vivido pelo discente: a acústica do/no dia a dia.

Palavras-chave: Educação. Extensão. Acústica. Física. Filosofia.

1 Introdução

A partir de uma troca de ideias entre diferentes professores de Física e Filosofia do Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Rio Grande, com o objetivo de desenvolver algum projeto de inovação prática para o ensino com seus alunos do Ensino Médio, modalidade Integrado, e do curso superior, modalidade Tecnólogo. A expansão do grupo de pesquisas do CNPq intitulado “Física aplicada ao ensino e o desenvolvimento da tecnologia” também fomentou a necessidade de novas formas práticas de se ensinar conteúdos que, em muitas vezes, dificilmente saem da teoria. Essas duas razões aliadas à importância de ensinarmos a partir de outras formas pedagógicas mais atraentes e eficientes,

* Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Câmpus Rio Grande. Doutorando em Educação em Ciências.

** Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Câmpus Rio Grande. Doutor em Física.

*** Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Câmpus Rio Grande. Mestre em Engenharia pela Universidade Federal de Rio Grande (FURG).



levando em consideração que o domínio e desenvolvimento de novas tecnologias estão na base econômica de todos os países desenvolvidos e pressuposto básico para o ingresso no futuro mercado de trabalho, esboçou-se num projeto de Física Aplicada. Este visou a proporcionar aos alunos do curso Integrado a parte prática do estudo de Acústica (conteúdo inserido no programa da disciplina de Física IV) e aos acadêmicos do curso superior, a oportunidade de realizar uma análise mais detalhada dos dados coletados, já que se trata de uma amostra relativamente maior do que eles estão acostumados a coletar nas disciplinas Acústica e Acústica Arquitetônica, cujos resultados foram apresentados no II Fórum Mundial de Educação e serão publicados por meio deste artigo.

O mesmo começa apresentando a importância do educar pela pesquisa para o desenvolvimento e domínio de tecnologias. Relata, na sequência, uma atividade de ensino fundamentada nos três pilares pedagógicos: ensino, pesquisa e extensão. Ensino porque, em primeiro lugar, envolveu alunos que estavam estudando Filosofia, Acústica e suas tecnologias. Pesquisa porquanto, eles tiveram que procurar em livros de acústica e de Normas Reguladoras - NRs as temáticas vinculadas. Extensão, pois, o dono de um restaurante dependia de tal relatório técnico de acústica e, do contrário, necessitaria pagar por uma consultoria terceirizada. Movidos por esta tríade de razões, expõe-se na sequência, a metodologia empregada (capítulo 3) e os resultados e sua discussão na quarta parte.

2 Do projeto de Acústica Aplicada

2.1 Educação e pesquisa com uso de tecnologias

Trabalhos de Mansfield (1995), Rosenberg e Nelson (1994) apresentam a relação cada vez mais próxima entre a educação, a pesquisa e a inovação tecnológica e industrial, como segue:

Estudos sobre experiências recentes de catching-up tecnológico, ou seja, a redução da lacuna de desenvolvimento tecnológico entre os países menos e mais avançados, sugerem que as pesquisas realizadas nas universidades e em institutos públicos de pesquisa podem gerar contribuições relevantes para o desenvolvimento econômico de um país, ajudando principalmente no acompanhamento e aprendizado de novas tecnologias. (PÓVOA, 2008, p. 274).

Pela qualidade de um ensino heurístico, prático e eficiente que, como se lê na história da humanidade, foi um dos fatores pelos quais muitas sociedades evoluíram à condição de primeiro mundo. Isso, sem sombra de dúvidas, inovações e tecnologias surgem por meio das pesquisas. (PÓVOA, 2008, p. 273). A pesquisa, além disso, contribui para “o avanço



tecnológico de países em desenvolvimento e apresenta argumentos que sugerem [...] os recentes paradigmas tecnológicos e o fortalecimento da proteção à propriedade intelectual no cenário internacional”. (PÓVOA, 2008, p. 273). Foi e é exatamente por meio da educação como ferramenta de pesquisas que se chegou à transformação de novas verdades de nossas sociedades, de nossos conhecimentos, de nossas organizações, do modo como entendemos nossas questões sociais, entre tantas outras questões. A educação como pesquisa e “ciência influencia o surgimento de inovações tecnológicas. Desse modo, as universidades [...] possuem um papel crucial em um sistema nacional de inovação.” (PÓVOA, 2008, p. 275). E, a criação dos Institutos Federais também esteve associada a esse papel.

A criação e o desenvolvimento de novas tecnologias geram a necessidade de discutir as suas possibilidades e implicações para os processos de ensino e de aprendizagem, nas instituições educacionais e, dentro delas, mais especificamente, o espaço da EPT. (II FÓRUM, 2012, p. 7).

Não apenas a educação tem o notório papel de fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias, como também o de “dar subsídio para que o ser humano exerça sua cidadania, percebendo o contexto e a realidade social onde a tecnologia se faz presente no cotidiano”. (II FÓRUM, 2012, p. 7). Ideias essas também defendidas na tese da educação por competências elaborada pelo francês Philippe Perrenoud (2000) ao buscar uma aproximação maior entre o processo de ensino-aprendizagem para com o mundo do trabalho. Para tanto, é indiscutível o domínio “produtivo e criativo das atuais tecnologias, nos processos educacionais” (II FÓRUM, 2012, p. 7), bem como, o próprio domínio das mesmas pelos seus profissionais. Necessita-se assim “criar espaços de reflexão sobre as possibilidades das tecnologias no seu trabalho e na aprendizagem dos educandos” (II FÓRUM, 2012, p. 7) como pressuposto para o melhoramento da própria qualidade de ensino para a ampliação do capital tecnológico.

No contexto capitalista neoliberal em que estamos inseridos, vive-se em constantes crises econômicas, como a que atualmente afeta tradicionais países europeus. Crises essas que, pelo sistema cascata, começam pela quebra da bolsa de valores de um grande país, como foi a dos EUA, e, conseqüentemente, repercutem em todos os outros. Mas qual a relação disso com a educação, com o uso e desenvolvimento das tecnologias? Bem lembrado, o capital tecnológico de uma organização “envolve a apropriação das tecnologias para além do seu uso e consumo, remetendo os atores educacionais a autores e produtores de novas linguagens, sistemas de comunicação e tecnologias inovadoras.” (II FÓRUM, 2012, p. 7). Não querendo esmiuçar ou discutir as razões e detalhes das atuais crises que o capitalismo vem enfrentando,



sem sombra de dúvidas, a transferência dos polos de desenvolvimento das tecnologias de ponta está redimensionando os polos do poder econômico para outros lugares. Conseqüentemente, a transição desses novos polos tecnológicos repercute na economia e na estrutura de outras sociedades interconectadas.

Desse modo, como expõe o Parecer CNE/CES 436 do MEC (2001), se nossa educação, por um período de tempo, esteve alicerçada na produção em série, vive-se em face de um novo cenário político-econômico neoliberal que pressupõe novos paradigmas educacionais. Nele, mais do que nunca, pesquisas com uso de tecnologia são extremamente importantes, seja para o melhor domínio e emprego delas em novas funções laborativas que poderão tornar nossas organizações mais competitivas em relação às de outros países, ou mesmo para poder superá-las com outras inovações. Além do mais, é exatamente pelo domínio das tecnologias que deparamo-nos com os critérios da divisão natural do próprio trabalho pressuposto pelas organizações hodiernas.

A ciência, entendida como saber sistematizado, torna-se elemento fundamental no desenvolvimento das forças produtivas, e a tecnologia, como extensão das possibilidades e potencialidades humanas é, portanto, a união entre a ciência e o processo produtivo. Sob a hegemonia do modo de produção capitalista, porém, que tem em suas bases fundamentais o predomínio do trabalho assalariado e a introdução da maquinaria na produção, dá-se a divisão social do trabalho, implicando a separação entre os que detêm o saber (a ciência) e os que o executam, subordinando estes àqueles. (II FÓRUM, 2012, p. 9).

Desse modo, a educação não pode ficar indiferente a esses pressupostos do próprio desenvolvimento social e organizacional. Ela também não pode ficar dissociada da pesquisa. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação - LDB, de certa forma, nos demonstra essa aproximação em seu artigo primeiro afirmando ser a própria educação o que é desenvolvido seja “na convivência humana, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa”. (MEC, 2011, p. 1).

Não bastasse a exposição da própria pesquisa como um princípio da educação no artigo terceiro da LDB (2011), no seu artigo 43, a educação também tem a função de fomentar a pesquisa em prol da inovação tecnológica. Para tanto, deve-se:

Incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive. (MEC, 2011, p. 16).

A educação por meio da pesquisa e outros instrumentos deve ser uma estratégia para formar novos profissionais polivalentes e que facilmente se adaptem às novidades tecnológicas. De fato, o aprendizado das tecnologias deve fazer parte de uma competência natural de nossos profissionais, frente a uma sociedade em constantes transformações. É necessário e imprescindível sempre estar se atualizando nas constantes mudanças no mundo das tecnologias, não só para o benefício organizacional, mas também para que sejam obtidas novas conquistas científicas e tecnológicas. (MEC, 2001). De acordo com o Parecer CNE/CES 436/2001, a educação profissional pressupõe a integração efetiva entre o “ensino, o trabalho, a ciência e a tecnologia.” (MEC, 2001, p. 3). Segue essa mesma linha o artigo sexto da lei nº 11.892, que expõe como finalidade dos próprios Institutos Federais as de:

desenvolver programas de extensão e de divulgação científica e tecnológica; realizar e estimular a pesquisa aplicada, [...] o desenvolvimento científico e tecnológico; bem como a produção, o desenvolvimento e a transferência de tecnologias sociais, notadamente as voltadas à preservação do meio ambiente. (MEC, 2008, p. 4).

Finalidades essas que são também desdobradas nos próprios objetivos dos Institutos Federais, através do seguinte texto:

realizar pesquisas aplicadas, estimulando o desenvolvimento de soluções técnicas e tecnológicas, estendendo seus benefícios à comunidade; desenvolver atividades de extensão de acordo com os princípios e finalidades da educação profissional e tecnológica, em articulação com o mundo do trabalho e os segmentos sociais, e com ênfase na produção, desenvolvimento e difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos. (MEC, 2008, p. 4).

Fundamentado nesses objetivos é que se desenvolveu o presente projeto de pesquisas e extensão no ensino de Física Aplicada, com usos de tecnologias inovadoras na medição de ruídos, com alunos da Educação Profissionalizante do IFRS Câmpus Rio Grande.

2.2 Acústica aplicada

Para Nepomuceno (1968, p. 1), acústica é “o estudo das vibrações e ondas mecânicas nos meios materiais”. Em outras palavras, é a ciência que estuda o som (onda mecânica), incluindo geração, transmissão e efeitos. O termo som se refere não somente ao fenômeno no ar responsável pela sensação de audição, mas também ao que é governado pelo princípio físico análogo.

Desse modo, as perturbações consideradas como infrassom e ultrassom, que não são percebidas pelo sistema auditivo, também são consideradas como som. O ruído, por sua vez,



tem por definição geral ser um som, mas um som sem harmonia ao sistema auditivo, o qual pode ter conotação negativa para a maioria das pessoas.

Com a evolução da História humana e dos grandes centros urbanos, o ruído se tornou um elemento a eles associado naturalmente, com a diferença que, nos dias de hoje, temos estudos muito aprofundados das diversas formas de medir e minimizar a poluição sonora. Essa preocupação tem-se mostrado mais fortemente pela sociedade ecológica, que preza pela qualidade de vida do ser humano. Essa constante exposição de ruídos em ambientes fechados, como bares, restaurantes, lanchonetes, entre outros, e também em ambientes abertos, tem levado cada vez mais pesquisadores a estudar seus efeitos nos organismos dos trabalhadores desses recintos.

Num ambiente de trabalho, vários fatores são considerados na interferência direta da produção, os relacionados ao ruído, tais como sons discordantes e irritantes que conduzem a reações negativas, interferindo na execução de qualquer tarefa (MANUBENS, 1998; TEIXEIRA *et al.*, 1990). Pimentel-Souza *et al* (1998, p. 87) também afirma:

O ruído atrapalha o sono e a saúde através do estresse ou perturbação do ritmo biológico. Em vigília, o ruído de até 50 dB(A) pode perturbar, mas é adaptável. A partir de 55 dB(A) provoca estresse leve, excitante, causando dependência e levando a durável desconforto. O estresse degradativo do organismo começa a cerca de 65 dB(A) com o aumento de frequência do estresse provocando desequilíbrio bioquímico, aumentando o risco de morte por todo tipo de doença degenerativa (...). Por outro lado, o sono, a partir de 35 dB(A) vai ficando superficial, à 75 dB(A) atinge uma perda de 70% dos estágios profundos, restauradores orgânicos e cerebrais (...).

Um dos efeitos mais conhecidos pela exposição constante ao ruído é a perda da audição, problema já diagnosticado no passado pelos caldeireiros, em 1731. Outros efeitos nocivos são as doenças psicológicas, redução de secreções salivares e gástricas, e neuroses. Em conseqüência, pode levar a uma diminuição da produtividade do trabalhador e, sobretudo, da qualidade do serviço ou produto ofertado ao consumidor (MONTMOLLIN, 1990; TEIXEIRA *et al*, 1990).

Pimentel-Souza *et al* (1998) também lembra que tanto a Organização Mundial de Saúde (OMS) como a Organização Internacional do Trabalho (OIT), simultaneamente, afirmam que a presença de constantes ruídos sonoros já acima da média de 55 dB, podem causar efeitos colaterais psicológicos, tais como ansiedade, nervosismo, sonolência, redução da libido, aumento da presença de úlceras e hipertensão, bem como outras fadigas que podem se fazer presentes dependendo de cada organismo.



Um serviço de alimentação, tal como um restaurante, dispõe de alguns funcionários que ficam expostos a ruídos oriundos de vários equipamentos elétricos que necessitam ser utilizados por um longo período. Outra fonte de ruídos, e talvez a principal, é a conversa, gritos e risadas das pessoas que transitam por esses locais, principalmente nos horários das principais refeições e dos intervalos de aulas. Assim sendo, a Acústica aparece como um instrumento de valor imprescindível nos seus estudos referentes à Acústica Aplicada. É exatamente por meio dessas medições que são deliberadas decisões jurídicas ou não relativas àqueles dilemas, quando for o caso.

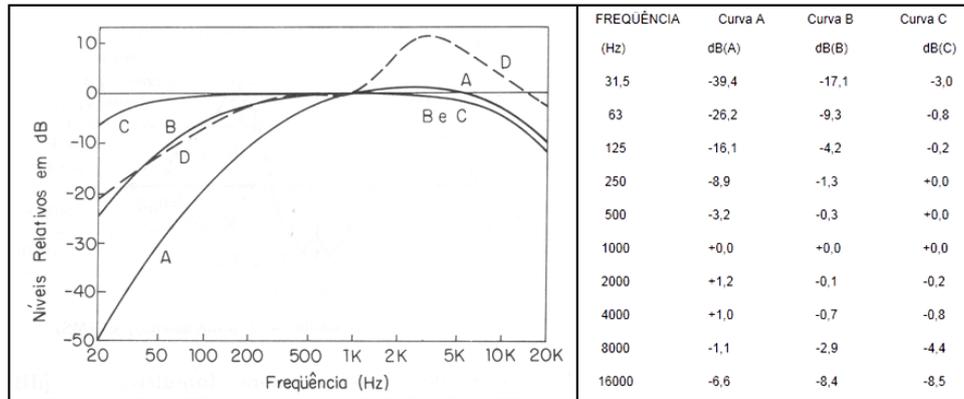
2.3 Tecnologias para medição do ruído

A aquisição recente de novos equipamentos com tecnologia de ponta, como os sonômetros adquiridos para os cursos superiores, incentivou estes autores à realização deste projeto, que está fundamentado em uma antiga preocupação em unir tecnologias como motivação adicional para o ensino de Acústica no Ensino Integrado (Médio + técnico) em nossa instituição. Tal experiência não só permite aos alunos criarem uma visão prática e atual daqueles conteúdos vistos em sala de aula, mas também ampliar seus conhecimentos com a manipulação de “novas” tecnologias. Um fator importante que se deve passar aos aprendizes são os princípios de funcionamento de um medidor de ruído e quais os componentes básicos que o constitui. Dessa forma, neste projeto, os aprendizes tiveram a oportunidade de manipular e de entender principais princípios de funcionamento de um medidor sonoro. Tal equipamento é constituído basicamente por um microfone de alta qualidade, que permite a conversão da pressão acústica da onda em sinal elétrico, pré-amplificadores lineares e circuitos de compensação (A, B, C ou D) e/ou filtro de passa banda. Além desses dispositivos, o sinal também passa por um amplificador, responsável pela amplificação variável e por um detector RMS, tendo, por fim, saída analógica ou digital do sinal em decibéis (dB). A escolha da curva de compensação no momento de detecção do ruído é de extrema importância uma vez que são circuitos de sensibilidade que variam com as frequências, modelando a própria audição humana.

Conforme Abel (2012), o circuito A aproxima-se às curvas de audibilidade para baixos níveis de pressão sonora (NPS), as curvas B e C são semelhantes ao circuito A, porém indicados para médios e altos NPS, respectivamente. Já a curva de compensação D é usada exclusivamente em medições em aeroportos. A Figura 1 mostra os circuitos de compensação

A, B, C e D e a tabela apresenta a atenuação da percepção auditiva para determinadas frequências para as curvas A, B e C.

Figura 1 – (a) Circuito de compensação A, B, C e D. (b) Percepção auditiva A, B e C



Fonte: ABEL, 2012, p. 1.

O microfone é o dispositivo mais caro do medidor de ruído, cujas características são dadas através dos seguintes fatores: curva de resposta em frequência, faixa dinâmica, directividade, estabilidade e sensibilidade. Além disso, há tipos diferentes de microfones, entre os quais os mais utilizados são os de incidência aleatória, de campo livre e o de pressão. O critério de escolha do microfone depende basicamente das características do campo sonoro a ser medido.

De acordo com Abel (2012), os microfones podem ser classificados quanto aos princípios de funcionamento, dessa forma, têm-se: os microfones capacitivos, indicados para medições precisas por apresentar alta estabilidade e sensibilidade; microfones eletretos, recomendados para medições de ruído em ambientes com materiais explosivos; microfones eletrodinâmicos, por apresentar uma resposta de fase considerada pobre, não satisfazem às normas para medição de precisão; e piezoelétricos, que permitem o uso de cabos longos devido à amplificação de seu sistema. Os medidores de ruído cuja resposta é dada na escala decibel (dB) são conhecidos como sonômetros, popularmente conhecidos como decibelímetros. Existem outros dois medidores de ruído que podem ser utilizados: o Medidor de Nível de pressão sonora (NPS) e o Dosímetro. (BISTAFA, 2006).

Conforme Bistafa (2006), a unidade decibel foi criada em 1929 pelos engenheiros da empresa de telefonia *Bell Telephone Laboratories (Bell Labs)* como um submúltiplo do Bel (B) (unidade de medida usada para determinar a perda de potência em cabos de telefonia), tal



que 1B equivaleria a 10 dB. Ainda na mesma empresa, o físico norte-americano Harvery Fletcher (1884-1981) verificou que “1dB era a mínima variação da potência sonora detectável pelo sistema auditivo”, o que permitiu reescrever a *lei de Fechner-Weber* (equação I) que descreve a sensação humana a estímulos físicos.

Este limiar diferencial verificado por *Fletcher* foi chamado de *unidade de sensação* (*sensation unit*) e está expresso pela equação II.

$$S = k \cdot \log\left(\frac{E}{E_0}\right) \quad (\text{I})$$

$$\text{unidade de sensação} = 10 \cdot \log\left(\frac{W}{W_0}\right) \text{ [dB]} \quad (\text{II})$$

Em que: k é uma constante determinada experimentalmente; E , o estímulo físico em um dado instante durante o aumento do estímulo e E_0 o valor mínimo do estímulo; W é a potência sonora e W_0 , a potência sonora de referência.

Sabendo que a intensidade do som é diretamente proporcional à potência sonora, como mostra a equação III, o nível de intensidade sonoro pode ser definido conforme a expressão IV.

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c} \text{ [w/m}^2\text{]} \quad (\text{III})$$

$$\beta = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \text{ [dB]} \quad (\text{IV})$$

Em que r é a distância entre o detector e a fonte sonora; p é a pressão acústica a uma distância r ; ρ é densidade do meio onde se propaga o som; I é a intensidade sonora a certa distância e I_0 , a intensidade sonora de referência ($I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$) e β é o nível sonoro em decibéis (dB). E, ao analisar a equação IV, observa-se que ao duplicar a intensidade sonora I , o nível sonoro β resulta em um acréscimo de 3dB, por se tratar de uma função logarítmica. Os seres humanos são sensíveis a intensidades sonoras que variam entre os valores 10^{-12} W/m^2 e

$1W/m^2$. Como esta faixa de valores é muito grande, é mais conveniente o uso do nível sonoro β , que apresenta uma faixa de valores bem menor, cujos limites mínimo e máximo são 0dB e 120dB, respectivamente, conforme a função logarítmica IV. (HALLIDAY,1996). A tabela abaixo mostra alguns níveis sonoros (dB).

Tabela 1 – Ilustração de alguns níveis sonoros (dB)

Limite de audição	0
Arrastar de folhas	10
Assobio (a 1 m de distância)	20
Rua de cidade, sem tráfego	30
Escritório, sala de aula	50
Conversação normal (a 1 m)	60
Martelo hidráulico (a 1 m)	90
Banda de rock	110
Limiar de dor	120
Turbina a jato (a 50 m)	130
Foguete Saturno (a 50 m)	200

Fonte: Halliday, 1996, p. 144.

Quando um som se torna desagradável, dizemos que se trata de um ruído, que pode ser prejudicial ou não à saúde das pessoas. Para saber se há risco à saúde, é necessário analisá-lo de forma a compará-lo com as normas regulamentadoras como a NR-15, que expõem o máximo diário de exposição para determinados valores de nível sonoro. A análise do sinal acústico também é de suma importância, pois através dela obtemos informações importantes sobre o ruído detectado. A Transformada Rápida de Fourier (fft) é um dos métodos utilizados para esta finalidade.

2.4 Da análise do ruído em um restaurante

A partir das razões já apresentadas, no intuito de aliar a teoria da Acústica com sua aplicabilidade prática, apresentou-se como tarefa de casa aos alunos a seguinte problemática: quais são as aplicabilidades práticas desse módulo de estudos que poderiam ser desenvolvidas com as tecnologias recentemente adquiridas pelo Câmpus? Na aula seguinte, debatendo-se os resultados de tal tarefa, decidiu-se buscar alguma empresa que tivesse um interesse nesses estudos de medição de ruídos. Na sequência, realinhavou-se a possibilidade do trabalho interdisciplinar entre os professores de Física e Filosofia para se avaliar o como esse projeto melhor poderia ser desenvolvido também no viés educativo. De volta à sala de aula, descobriu-se do interesse de um restaurante em ter tais medições práticas.



Desse modo, motivados a poder melhorar a qualidade do ensino de Física Acústica (disciplinas de Física IV para os cursos de Eletrotécnica – modalidade Integrado – e Acústica Arquitetônica para o Tecnólogo) na instituição, uma vez que tais disciplinas são muito teóricas e carecem de recursos didáticos experimentais e de projetos na área técnica, passou-se a organizar tal projeto entre os discentes. Sabe-se que a parte experimental é de suma importância para o aprendizado e, se associado a uma ferramenta de tecnologia e inovação, pode ter um poder ainda melhor e mais eficaz para o aprendizado dos mesmos. De acordo com Quirino e Lavarda (2010, p. 3):

O uso de experimentos pode ser uma possibilidade de transição dos modelos tradicionais de ensino para a construção de formas alternativas de ensinar física. De acordo com nossa experiência, quando o professor introduz os experimentos em uma sala de aula comum, ele se vê frente a um novo comportamento dos alunos: mais interessados e participativos. Neste momento ele poderá fazer a opção por uma determinada didática que inclua o uso de experimentos.

Sendo assim, foi concretizado um projeto que engloba a questão do ensino-aprendizagem dos alunos, a pesquisa, o uso de tecnologias e o retorno deste resultado para a própria comunidade interessada em tais estudos. O local, então, escolhido para obtenção dos dados de ruído foi um restaurante acadêmico, onde trabalham cerca de oito funcionários. Neste estabelecimento, há várias fontes de ruído provenientes da comunidade acadêmica, que depende do número de pessoas que transitam pelo local e, é claro, dos próprios aparelhos para o funcionamento, tais com liquidificadores, refrigeradores, entre outros. A análise de tais medições confrontadas com as leis que regem os níveis máximos de ruído permitidos em nossas organizações serão expostas nos resultados do presente trabalho.

3 Metodologia

Com a finalidade de incentivar os alunos do Ensino Integrado ao uso de tecnologias, aplicando seus conhecimentos referentes ao conteúdo de Acústica, visto em sala de aula, foi-lhes proposto um trabalho que envolve informações adicionais sobre a importância do controle do ruído em recintos fechados, conteúdo este que os acadêmicos do curso de Refrigeração e Climatização estudam na disciplina de Acústica Arquitetônica e que, durante os dois semestres de 2010 e de 2011, tiveram a oportunidade de realizar esta prática usando tecnologias que permitem não só a medição do ruído, mas também a manipulação de ferramentas para analisá-los. Como os novos sonômetros adquiridos pelo IFRS permitem a transferência dos dados para o computador, os acadêmicos do curso de refrigeração e



climatização se sentiram motivados a pôr em prática também seus conhecimentos referentes à análise de dados, anteriormente limitados pelos os antigos equipamentos que não dispunham desta tecnologia.

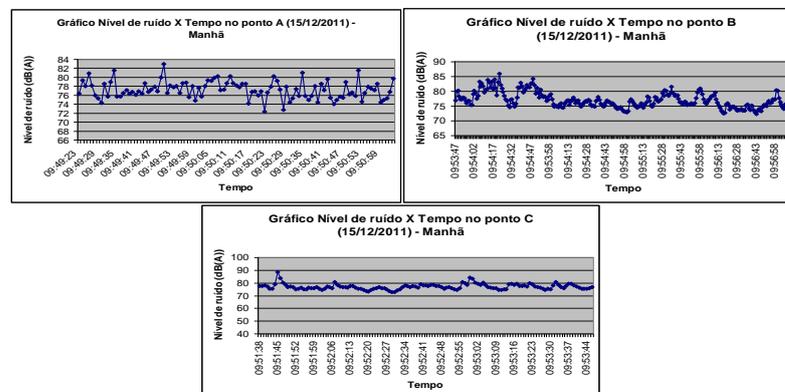
Dessa forma, os dezoito alunos do quarto ano do curso de Eletrotécnica do IFRS Câmpus Rio Grande tiveram a oportunidade de aprender a manipular a nova tecnologia, neste caso, sonômetros da marca *Instrutemp*, modelo ITDEC 4010, capazes de detectar níveis de ruído entre 30dB(A) e 130 dB(A). Eles se enquadram no tipo 2, ou seja, apresentam uma precisão $\pm 1,5\text{dB(A)}$. O local selecionado para realizar o presente estudo de caso foi um restaurante acadêmico situado na cidade do Rio Grande, escolhido por ser um dos pontos de encontro de estudantes e professores da instituição em questão durante o intervalo entre as aulas, tanto no turno da manhã, quanto no da tarde. Com cautela o nome da instituição e do restaurante, bem como o do proprietário não foram revelados de forma a preservá-los. Além dessa medida, foi assinado pelo proprietário do restaurante acadêmico um termo de consentimento para realização deste trabalho. Como os funcionários do restaurante ficam mais tempo expostos ao ruído do que as demais pessoas, decidiu-se selecionar os três pontos de coleta onde os mesmos ficam na maior parte do tempo durante os momentos de maior movimentação no recinto. Seguindo este critério, os pontos são: o caixa (A), o balcão de atendimento (B) e próximo à abertura entre a área de atendimento e a cozinha (C). A figura abaixo apresenta a planta baixa do restaurante em estudo, cedida pela própria instituição, e os pontos de coleta de dados. Para a coleta de dados, os alunos tiveram o cuidado de manter o equipamento à altura do ouvido do funcionário, usando a curva de compensação A, no modo *fast* e foram instruídos a realizá-la durante um intervalo de tempo de aproximadamente dois minutos, em cada ponto selecionado (A, B e C), em cinco dias consecutivos, no período diurno, nos horários dos intervalos entre as aulas, pela manhã das 9h50 às 10h10 e à tarde das 15h50 às 16h10. É importante salientar que os alunos se organizaram de maneira a formar duplas de revezamento para coletar os níveis de ruído, o que permitiu que a experiência não se tornasse cansativa, mantendo acesa a curiosidade dos aprendizes. Após a coleta, os estudantes do Ensino Integrado se dividiram em dois grupos para construir os gráficos dos Níveis de Ruído em função do tempo. Além disso, realizaram uma análise superficial, determinando os valores mínimo, máximo e médio de cada amostragem e a comparação dos resultados com a NR-15. Ao fim destas etapas, os alunos entregaram um relatório ao professor responsável pela disciplina. Os dados coletados foram passados aos três acadêmicos do segundo semestre do curso de Refrigeração e Climatização, que ficaram encarregados de realizar uma análise mais

detalhada incluindo a análise estatística, feita no programa Matlab®, e a comparação com as normas NR-15 e NBR- 10152, bem como, o relatório entregue à professora responsável pela disciplina com os resultados obtidos e a conclusão da pesquisa. Para que o relatório elaborado pelos acadêmicos fosse entregue ao proprietário do restaurante, foi necessário encaminhá-lo a um engenheiro de segurança do trabalho para dar seu parecer técnico sobre o estudo feito no local, dando confiabilidade e credibilidade à pesquisa.

4 Resultado e discussões

Como resultados dos estudos de Física Aplicada, obtiveram-se centenas de dados provenientes dos sonômetros utilizados pelos estudantes do curso de Eletrotécnica do IFRS Câmpus Rio Grande. Dessa forma, neste artigo são apresentados apenas os gráficos referentes à coleta de dados feita no dia 15/12/2011 no turno da manhã nos pontos pré-selecionados e suas respectivas análises. A figura abaixo mostra as séries temporais dos níveis de ruído referentes às amostras em questão, obtidas pelos alunos do ensino médio.

Figura 2 – Séries Temporais do Nível de Ruído para as amostras do dia 15/12/2011 no turno da manhã. (a) No ponto A. (b) Em B (c) No ponto C.



Fonte: Autoria própria

Os estudantes do ensino médio determinaram os valores de máximo e de mínimo e a média de cada série temporal. Abaixo são apresentados estes valores, referentes às séries temporais da Figura 2.

Tabela 2 – Valores de máximo, mínimo e equivalente nos pontos A, B e C das amostras coletadas no dia 15/12/2011 no turno da manhã.

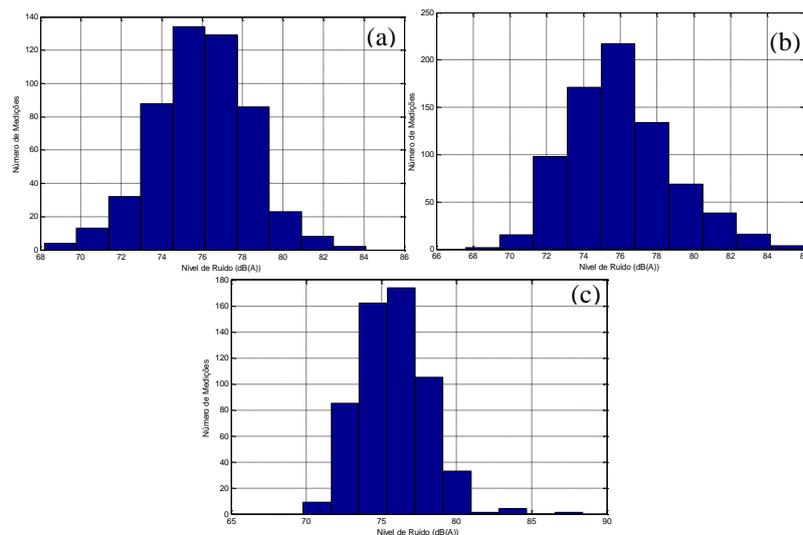
LOCAL	MÁXIMO	MÍNIMO	MEDIA
A	82,9	72,4	77,2
B	86,0	72,3	77,0
C	88,4	73,0	77,0

Fonte: Autoria própria

Os dados detectados pelos estudantes do ensino médio foram repassados para os acadêmicos para a realização de uma análise mais detalhada. Com isso, estes, além de reproduzirem os gráficos apresentados na Figura 2 e de confirmarem os valores da Tabela 2 encontrados por aqueles, fizeram a análise estatística das amostras para os turnos da manhã e da tarde, bem como, a análise espectral através da transformada rápida de Fourier (fft) para cada amostragem.

A seguir são apresentados os demais resultados obtidos através da análise estatística dos dados para os turnos da manhã e da tarde, dos cinco dias de medições, respectivamente, bem como a comparação dos resultados com as NRs e NBRs.

Figura 3 – Histogramas do Nível de Ruído no turno da manhã. (a) Níveis de ruído no ponto A, amostra com 764 dados. (b) Níveis de ruído no ponto B, amostra com 269 dados. (c) Níveis de ruído no ponto C, amostra com 574 dados.



Fonte: Autoria própria

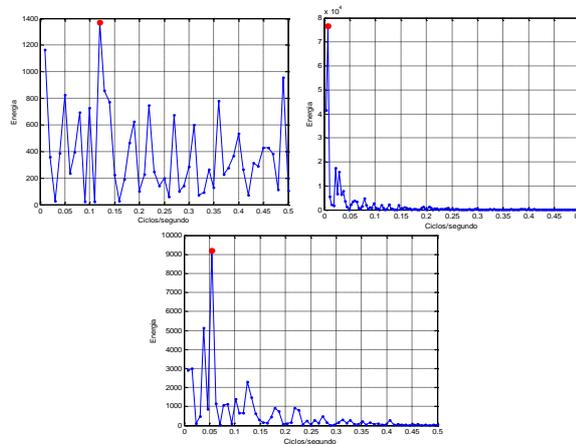
Tabela 3 – Valores de máximo, mínimo e equivalente nos pontos A, B e C nos turnos da manhã e tarde.

	LOCAL	MÁXIMO	MÍNIMO	L_{eq}
MANHÃ	A	84,1	68,2	75,9
	B	86,0	67,6	76,0
	C	88,4	69,8	75,7
TARDE	A	83,1	50,9	73,8
	B	82,2	63,3	72,5
	C	81,8	65,1	72,1

Fonte: Autoria própria

As figuras 4 e 5 apresentam os resultados da análise através da aplicação da transformada rápida de Fourier (fft) realizada pelos acadêmicos, referentes às mesmas amostragens abordadas anteriormente e, logo abaixo, a discussão dos resultados obtidos para estas amostras.

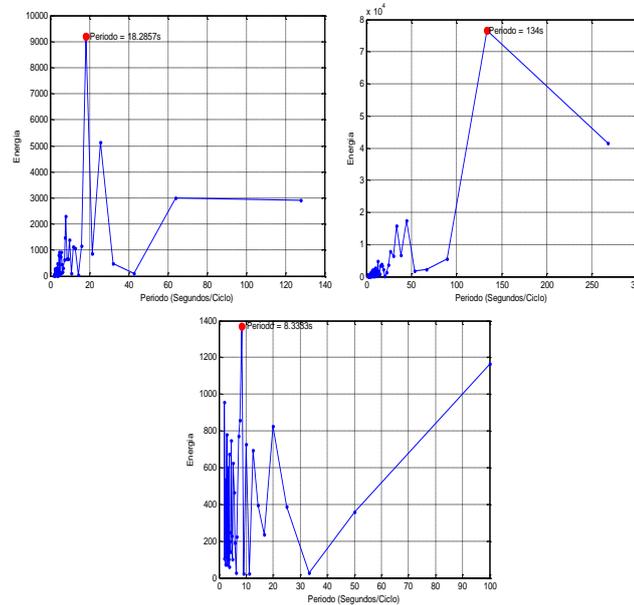
Figura 4 – Nível de Ruído no domínio da frequência para as amostras do dia 15/12/2011 no turno da manhã. A bolinha vermelha indica a frequência do pico de maior energia. (a) No ponto A. (b) Em B (c) No ponto C.



Fonte: Autoria própria

Figura 5 – Nível de Ruído no domínio do tempo para as amostras do dia 15/12/2011 no turno da manhã.

Em bolinha vermelha, o período do pico de maior energia. (a) No ponto A apresenta um pico de período de 18,2 segundos. (b) Em B, um pico de 134 segundos. (c) No ponto C apresenta um pico de período de aproximadamente 8,3 segundos.



Fonte: Autoria própria

Ao comparar os níveis de ruído máximos referentes aos três pontos em estudo para as amostras do dia 15/12/2011, no turno da manhã, observou-se que no ponto C (próximo à cozinha) houve o maior valor registrado (88,4dB(A)), conforme indica a Tabela 2. Contudo, através da Figura 3 percebe-se que, durante o intervalo de tempo de coleta, no ponto B (no balcão de atendimento) houve uma incidência maior dos níveis de ruído superiores a 80dB(A), apresentando um pico de até 86dB(A) (Figura 3 (b)), o que indica que este local é mais ruidoso do que os demais analisados.

Comparando os resultados de todas as amostras e delas agrupadas, separadas por turno (tabela 3), com a NBR-10152, observou-se que os valores equivalentes dos níveis de ruído estão muito acima do limite máximo estabelecido para conforto auditivo (que é de 50dB). Contudo, como não necessariamente indica danos à saúde, essa norma não é regulamentadora, mas apenas indicativa para maior conforto dos clientes de um determinado estabelecimento. Já, ao confrontá-los com a NR-15, observa-se que o valor máximo permitido para uma exposição ininterrupta de oito horas diárias é 85dB. Ainda, houve algumas medições de níveis de ruído que estiveram acima de 85dB. Contudo, os valores equivalentes não indicam risco à saúde, pois estão numa fração de tempo e quantidade de medições mínimas. Ao se analisar

apenas essas medidas acima de 85 dB, constatou-se que ocorreram naturalmente na descarga elétrica de um raio, o que não prejudica a continuidade do trabalho daquele estabelecimento. Apenas aconselham-se melhores adequações da estrutura acústica a fim de se ter melhor conforto acústico de seus frequentadores (NBR 10152).

5 Considerações finais

Sabemos que o uso de tecnologias em sala de aula, às vezes, se torna escasso devido à falta de equipamentos ou mesmo de oportunidade de usá-la. O diálogo e a vontade de melhorar a própria forma de educar juntamente com a aquisição de novos equipamentos de medição de ruídos acústicos por parte de nossa Instituição tornaram possíveis esse projeto de Física Aplicada.

Sendo assim, teve-se a oportunidade de desenvolver o ensino, a pesquisa e a extensão num mesmo projeto, o qual levou os alunos e os acadêmicos à aprendizagem não só do conteúdo teórico, mas prático e tecnológico. Não só foi bom como nova ferramenta de ensino para os alunos do Ensino Médio, mas como uma nova proposta de ensino a partir de inserção de novas tecnologias (Medidores de Nível de Pressão Sonora, popularmente conhecidos como decibelímetros) recentemente adquiridas pelo IFRS, e também, importante para o proprietário do restaurante que recebeu o relatório final da análise de ruídos. Relatório esse que apontou a conformidade das medições para com a saúde dos trabalhadores daquele restaurante, de acordo com a NR 15. Contudo, para melhor conforto acústico do espaço, deve-se desenvolver novo projeto futuro dando continuidade a esse já desenvolvido.

FROM THE CLASSROOM TO LIFE: EVERYDAY ACOUSTICS

Abstract: This article presents the results of a project on teaching, researching and extension activity, developed at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Sul, Rio Grande Campus. Entitled “Of the classroom for life: everyday acoustics”, it was developed among students of the subjects of Physics and Philosophy of the Integrated High School, and other academics of Acoustics from the Technology Course in Building Construction. This activity was developed aiming at encouraging a taste for research on students; promoting interdisciplinary work; developing extension; and allowing the practical domain of some technologies and tools of philosophical inquiry. The project was developed through an initial study of acoustics, which is the physical analysis of sound wave vibrations in a restaurant, according to the owner’s need and his acceptance. The methodology used was a case study which required literature research, data collection with tools of precision denominated sound-level meter, tabulation and analysis of data of the sound waves of the organization through specialized computer programs, aiming at the preparation of a technical report that the owner of the business needed. Thus, a practical learning was got, also dynamic

and interdisciplinary for the students involved and an opportunity to link the triad: educate, do research and extension at the same time. And all of this, uniting teaching to the everyday life experienced by the students: everyday acoustics.

Keywords: Education. Extension. Acoustics. Physics. Philosophy.

Referências

ABEL. **Os Circuitos de Compensação A, B, C e D**, 2012. Disponível em: <http://www.abel-acustica.com.br/Acustica/CurvCompen.htm>. Acesso em: 20 fev. 2012.

ABNT. **NBR 10.152, Níveis de ruído para conforto acústico**. São Paulo, 1987.

BISTAFA, Sylvio. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Blucher, 2006.

BRASIL. **NR 15**. São Paulo, 1978. Disponível em: www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm. Acesso em: 2. Fev. 2012.

II FÓRUM MUNDIAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA. Democratização, emancipação e sustentabilidade. Brasil: 2012. Disponível em: www.forumedutec.org. Acesso em: 10 jan. 2012.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; JEARL, W. **Academic research Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

MANSFIELD, E. **Academic research underlying industrial innovations: sources, characteristics, and financing**. The review of Economics and Statistics, 1995, v. 77, n. 1, p. 55-65.

MANUBENS, R. S. **Controle de ruído industrial**, Rio de Janeiro: Prolabor, 1998.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, MEC. **Lei 11.892/2008**. Brasília, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11892.htm. Acesso em: 18 jan. 2012.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, MEC. **Lei 9.394/1996**. Brasília, 2011. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19394.htm. Acesso em: 18 dez. 2011.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, MEC. **Parecer CNE/CES 436**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES0436.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2012.

MONTMOLLIN, M. **A ergonomia**. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

NEPOMUCENO, Lauro. **Acústica técnica**. São Paulo: Etegil, 1968.

PERRENOUD, Phillipe. **Dez novas competências para ensinar: convite à viagem**. Porto Alegre: Artmed, 2000.



PIMENTEL-SOUZA, F.; ÁLVARES, P. A. S. **A poluição sonora urbana no trabalho e na saúde.** Belo Horizonte: AB editora, 1998.

PÓVOA, Luciano Martins Costa. **A crescente importância das universidades e institutos públicos de pesquisa no processo de catching-up Tecnológico.** Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 273-300, maio/ago 2008.

QUIRINO, W.G.; LAVARDA, F. C. **Experimento de física para o ensino médio com materiais do dia a dia.** Disponível em: http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/rbef_1pp.htm. Acesso em: 20 jan. 2010.

ROSENBERG, J.; NELSON, R. **American universities and technical advance in industry,** 1994, Research Policy, v. 23, n. 3, p. 323-348.

TEIXEIRA, S.M.F.G.; OLIVEIRA, Z.M.C.; REGO, J. C. ; BISCONTINI, T. M. **Administração Aplicada as Unidades de Alimentação e Nutrição,** São Paulo: Ed. Atheneu, 1990.