

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ACÚSTICA EM SALAS DE AULA DAS ESCOLAS MUNICIPAIS DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA, BRASIL

Roberta L. S. Santos¹, Luiz Bueno da Silva¹, Pedro Arezes²

¹Universidade Federal da Paraíba, PPGE/CT, Campus I, Brasil
robertalss@globocom.com, bueno@ct.ufpb.br

²Universidade do Minho, DPS, Guimarães, Portugal
parezes@dps.uminho.pt

Resumo

A partir das diretrizes de normas brasileiras e internacionais foram avaliadas as condições acústicas de 119 salas de aulas das Escolas Municipais em João Pessoa (Brasil). Através da construção de um modelo de regressão beta (MRB) verificou-se em que medida os parâmetros acústicos destas salas interferem na inteligibilidade da fala dos professores. Constatou-se que o nível de Ruído oriundo de fontes externas, o Ruído de Fundo, o Tempo de Reverberação e o Índice de Inteligibilidade da Fala não se encontram dentro dos valores de referência estabelecidos pelas normas. O MRB apresentou uma elevada consistência, com um pseudo R^2 de 0,9956. A variável “Tempo de Reverberação” (TR) (p -value = 2×10^{-16}) foi a mais representativa. O *odds ratio* de 0,228126 referente à variável TR demonstra que esta variável afeta a qualidade da inteligibilidade 77,18%.

Palavras chave: Sala de Aula, Parâmetros Acústicos, Inteligibilidade.

Abstract

From the guidelines of Brazilian and international standards, the acoustic conditions of 119 classrooms of municipal schools in Joao Pessoa (Brazil) were evaluated. Through the construction of a beta regression model (BRM), it was verified how much the acoustic parameters of these rooms can affect the speech intelligibility of teachers. It was found that the Noise Level from external sources, the Background Noise, the Reverberation Time and the Speech Intelligibility Index were not within the reference values established in the above mentioned standards. The BRM showed a high consistency, with a pseudo R^2 of 0.9956. The variable "Reverberation Time" (RT) (p -value = 2×10^{-16}) was the most representative one. The *odds ratio* of 0.228126 for the variable RT shows that it affects the quality of intelligibility at around 77.2%.

Keywords: Classroom, Acoustic parameters, Intelligibility.

PACS no. 43.50.Rq,43.50.+Y

1 Introdução

A instituição escolar exerce um importante papel no desenvolvimento das pessoas e da sociedade. Na escola, mais precisamente na sala de aula, acontece o processo ensino-aprendizagem, que envolve a abordagem de conteúdos curriculares bem como a disseminação de boas práticas sociais contempladas pela educação em seu sentido mais amplo [1-6]. No Brasil, as escolas públicas estão divididas em instituições de atendimento infantil para crianças até aos seis anos de idade, escolas de ensino

fundamental e médio, escolas técnicas ou profissionalizantes e escolas especiais para portadores de necessidades especiais. O ensino fundamental divide-se em dois níveis: o primeiro que corresponde às séries iniciais (1º ao 5º ano), que atende a alunos dos seis aos dez anos de idade; e o segundo (do 6º ao 9º ano) que envolve alunos dos onze aos catorze anos de idade.

Segundo dados do Ministério da Educação, o município de João Pessoa possuía em 2011 cerca de 72000 alunos matriculados no ensino fundamental, 60% destes faziam parte da rede municipal de ensino. Por outro lado, o crescimento populacional e os programas sociais do Governo Federal resultaram na construção de diversos conjuntos habitacionais que precisaram ser dotados de infraestrutura, implicando na necessidade de construção de novas edificações escolares.

Kowaltowski [7] destaca que a importância do conforto ambiental em relação à produtividade no trabalho ou na aprendizagem, depende do projeto do edifício e de seus ajustes às atividades do usuário, ou utilizador. Há, portanto, uma forte relação entre a arquitetura escolar e a satisfação do usuário em relação à qualidade do ambiente, sendo esta diretamente ligada ao conforto ambiental, que inclui os aspectos térmico, visual, acústico e funcional proporcionados pelos espaços externos e internos. As questões de conforto abordam diversos fatores, tais como a qualidade do ar, as condições de ventilação, de comunicação verbal, os níveis de iluminação, a disponibilidade do espaço e os materiais de acabamento.

De Giuli et al. [8] afirmam que trabalhar ou estudar num ambiente confortável aumenta não só o bem-estar, mas também a satisfação e, portanto, a produtividade e a aprendizagem. Assim, é necessário alcançar um bom nível de conforto em edifícios educacionais, tendo em vista que os alunos passam, aproximadamente, 30% de suas vidas na escola.

Segundo Zannin & Zwirter [5], o tema do conforto acústico nas salas de aula das escolas primárias, nas escolas secundárias, bem como em salas de aula das universidades, tem sido o foco de diversos estudos em todo o mundo [9-18]. Outro foco de estudos mencionado pelos autores tem sido a percepção de ruído por alunos e professores, bem como a influência do ruído sobre as pessoas [16,19-21].

Verifica-se que a qualidade da sala de aula está vinculada a diversas variáveis importantes, entre elas as que compõem a base do conforto ambiental, a saber: térmica, lumínica, acústica e qualidade do ar. Nesta base há uma variável que está diretamente associada à qualidade da aprendizagem do aluno: o conforto acústico. Salas de aula são ambientes designados para a aprendizagem, não apenas para crianças em idade escolar, mas para a formação de adultos também. Salas de aula tornaram-se ambientes de comunicação multimídia, aumentando ainda mais a importância da acústica da sala de aula.

Uma boa qualidade acústica para a aprendizagem utilizando-se da comunicação verbal exige baixos níveis de ruído e pouca reverberação. Quando a acústica não é boa tanto o conforto como a saúde vocal do professor podem ser afetadas [22]. Assim, este artigo apresenta o panorama acústico atual das salas de aula num município do estado da Paraíba, no Brasil, bem como analisar as possíveis relações existentes entre os parâmetros acústicos e a inteligibilidade nas salas de aula das escolas municipais analisadas.

2 Métodos e modelos

O estudo foi realizado nas escolas municipais da cidade de João Pessoa. Essas escolas são agrupadas em nove polos que respeitam uma determinada coerência socioeconômica e geográfica, totalizando 93 escolas. Na delimitação da amostra, alguns critérios foram considerados para garantir sua significância e representatividade com relação à população estudada. Optou-se por analisar apenas as escolas que

oferecem turmas de 1º ao 5º ano do ensino fundamental, considerando serem estes os anos iniciais e responsáveis pelo maior número de matrículas na rede municipal.

Constatou-se, a partir de um teste-piloto, que crianças com idades mais elevadas adaptavam-se mais facilmente à presença do pesquisador durante a coleta de dados, uma vez que as medições do nível de pressão sonora equivalente foram realizadas durante períodos de aula. Logo, definiu-se que o estudo seria realizado nas turmas de 5º do ensino fundamental.

Participaram da pesquisa 65 escolas. As justificativas para a não avaliação das 28 escolas são as seguintes: 1) algumas não possuíam turmas de 5º ano; 2) estavam em reforma; e 3) devido à realização de atividades extracurriculares (ensaios de bandas marciais, grupos de dança, etc.) no intervalo entre os turnos manhã e tarde, impossibilitando as medições dos níveis de ruído externo, ou ainda, apresentaram discrepâncias nos dados do nível de pressão sonora. Assim, a amostra foi composta por 119 salas de aula, com características similares às da figura 1, que representam 71,26% do total de 167 turmas de 5º ano existentes na rede municipal de ensino.



Figura 1- Sala de aula

2.1 Avaliação de parâmetros acústicos e da Inteligibilidade da Fala

Para medir o nível de pressão sonora (NPS) foram registrados os níveis sonoros equivalentes – Leq utilizando um medidor de nível de pressão sonora calibrado, marca Instrutherm, modelo Sound Level Meter (SL – 4011). O equipamento é adequado pois atende aos parâmetros da legislação brasileira em vigor para cálculo do NPS composto por Circuito de ponderação – “A”; Circuito de resposta – “lenta – SLOW”; Circuito de referência – 85 dB(A); faixa de medição entre 50 a 115 dB(A).

As medições foram realizadas durante as aulas, no período diurno (manhã e/ou tarde). Foram coletados os NPS em cada um dos cinco pontos específicos e previamente selecionados na sala de aula, conforme Figura 2, que atende aos procedimentos estabelecidos na estabelecidos na NBR 10151/2000 [23]. Para além disso, foram feitas cinco medições consecutivas em cada ponto, com intervalos de 30 segundos entre elas, em salas em pleno funcionamento (durante as aulas). Em seguida, calculou-se o NPS utilizando a equação (1) [23].

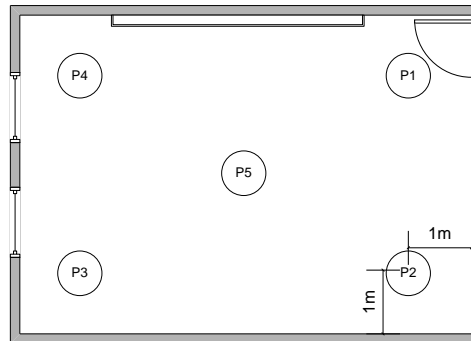


Figura 2- Pontos de medições de níveis de ruído

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{Li}{10}} \right] \quad (1)$$

onde Leq é o nível de pressão sonora equivalente, em dB(A); Li é o nível de pressão sonora medido a cada instante “i”, em dB(A); N é o número total de medições.

Na avaliação dos NPS advindos de fontes externas (REXT), utilizou-se o mesmo procedimento anterior, mas em condições diferentes. Neste caso, as salas de aula encontravam-se vazias e as escolas sem atividades, sendo realizado no mesmo dia em que foi medido o nível de pressão sonora, no intervalo entre os turnos manhã e tarde.

Calculou-se o tempo de reverberação (TR) em função do volume da sala, da área dos materiais que compõem as superfícies internas (paredes, teto e piso), da ocupação da sala (pessoas, móveis e objetos) com seus respectivos coeficientes de absorção (α). Utilizou-se a equação (2), de acordo com a NBR 10179/1992[24], tendo em vista que esta equação leva em consideração o coeficiente de absorção médio inferior a 0,30.

$$TR = \frac{0,16 \cdot v}{\sum S_i \alpha_i} \quad (2)$$

onde v é o volume do ambiente em m^3 ; S_i são as áreas das superfícies em m^2 ; α_i é o coeficiente de absorção; TR é o tempo de reverberação em segundos.

A inteligibilidade da fala foi medida a partir do "Speech Transmission Index" (STI), calculado conforme a equação (3).

$$STI = \frac{-\log \left(\frac{200 \cdot D^2 \cdot TR}{170,5405 \cdot V \cdot Q} \right)}{5,419} ; D \leq DL \quad (3)$$

onde D é a distância do ouvinte à fonte sonora, V é o volume do ambiente em m^3 , Q é a diretividade da fonte sonora e DL a distância crítica. Esta última consiste na distância limite em que a intensidade sonora, devido ao som direto da fonte sonora, é igual à intensidade do campo reverberante, conforme a equação (4).

$$D_L = 0,141 \cdot \sqrt{Q \cdot A} \quad (4)$$

A forma de expressar a diretividade de uma fonte sonora em um ponto qualquer do espaço é determinada pelo fator de diretividade Q . Este fator depende da relação entre o nível de pressão sonora produzido pela fonte sonora na direção considerada e o nível que se obteria se a fonte não fosse diretiva. Quanto maior o NPS em uma direção determinada, maior será o valor de Q nesta direção.

Para o presente estudo, como a fonte sonora é a voz do professor, utilizou-se o valor típico de $Q = 2,5$ para a voz humana, segundo Valle [25].

2.2 Tratamento dos dados

Realizaram-se análises para examinar as relações entre parâmetros acústicos e inteligibilidade de fala a partir de um estudo descritivo-correlacional, bem como foram verificadas hipóteses de associação estabelecendo-se relações mais definitivas a partir da observação da natureza das relações entre elas.

2.2.1 Análise descritiva de parâmetros acústicos e da inteligibilidade da fala

Com a análise descritiva dos parâmetros Nível de pressão sonora (NPS), Níveis de ruído advindos de fontes externas (REXT), Tempo de Reverberação (TR) e da inteligibilidade da fala (STI), procurou-se conhecer as suas características, bem como comparar os resultados encontrados com os padrões estabelecidos pela legislação vigente.

Para descrever as principais características dos dados encontrados aplicou-se estatística descritiva com a utilização do software R. Esta análise permitiu conhecer melhor as variáveis investigadas, observando como os dados estavam organizados e sumarizados a partir de gráficos e medidas de tendência central e de dispersão.

2.2.2 Análise da relação entre parâmetros acústicos e inteligibilidade da fala

A análise da relação entre os parâmetros acústicos NPS, TR e REXT e a STI foi realizada em duas fases: Análise de Correlação e Modelagem de regressão beta.

3 Resultados e Discussões

3.1 Resultados descritivos

Os níveis de pressão sonora (NPS) medidos variaram entre 56,54 e 84,57 dB(A), com média 71,48 dB(A) e desvio-padrão 5,98 dB(A), o que indica pouca dispersão, ou seja, os dados estão próximos da média. Observou-se que 25% dos valores registados para o NPS nas salas de aulas estão abaixo de 67,18 dB(A), enquanto que 75% dos NPS estão abaixo de 75,40 dB(A). Assim, a amplitude interquartil (Q3-Q1) será de 8,22, o que significa que 50% do NPS estão no em torno da mediana, 71,40 dB(A), os quais estão contidos num intervalo com amplitude 8,22. Com relação aos parâmetros estabelecidos na NBR 10152/1987 [26], os valores encontrados estão acima dos previsto na norma, que estabelece valores na faixa de 40 a 50 dB(A) para salas de aula. Tal constatação pode ser observada na figura 3.

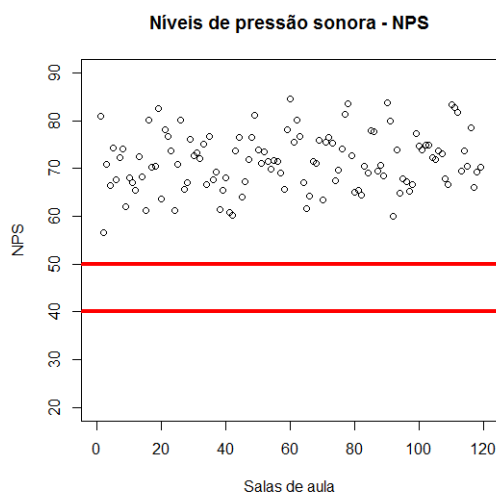


Figura 3 - Níveis de pressão sonora medidos nas salas de aula

Os níveis de ruído advindos de fontes externas (REXT) variaram entre 42,02 dB(A) e 66,01 dB(A), com média 52,68 dB(A) e desvio-padrão 4,84 dB(A), o que indica pouca dispersão, ou seja, os dados estão próximos da média. Observou-se que 25% do Nível de Pressão Sonora nas salas de aulas estão abaixo de 49,46 dB(A), enquanto que 75% do NPS estão abaixo de 55,72 dB(A). Assim, a amplitude interquartil (Q3-Q1) será de 6,26, o que significa que 50% do NPS estão no em torno da mediana, 52,73 dB(A), os quais estão contidos num intervalo com amplitude 6,26. Com relação aos parâmetros estabelecidos na NBR 10151/2000 [23], cerca de 75% dos valores encontrados estão acima dos estabelecidos pela norma que deve ser de 50 dB(A) durante o dia em áreas estritamente urbana, ou hospitalar e escolar, constatação que pode ser observada na figura 4.

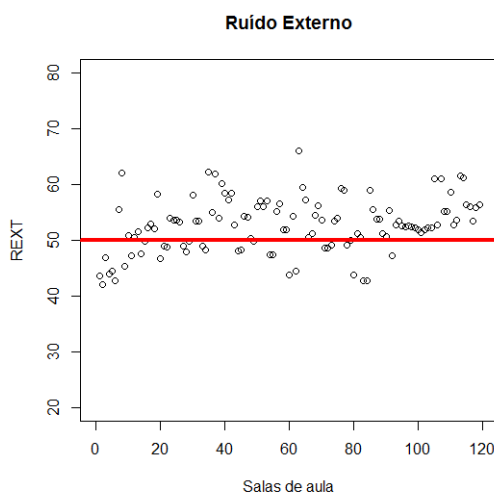


Figura 4 - Níveis de ruído externo medidos nas salas de aula

Os tempos de reverberação (TR) variaram entre 0,43 e 0,92 segundos, com média de 0,6863 segundos e desvio-padrão de 0,1082516 segundos, indicando pouca dispersão, ou seja, os dados estão próximos da média. Observou-se que 25% dos tempos de reverberação estão abaixo de 0,61 segundos, enquanto que 75% estão abaixo de 0,76 segundos. Assim, a amplitude interquartil (Q3-Q1) será de 0,15 segundos, o que significa que 50% do TR estão no em torno da mediana, 0,69 segundos, os quais estão

contidos num intervalo com amplitude 0,15. Com relação aos parâmetros estabelecidos na ANSI S12.60/2002 [27], apenas 18,33% dos valores encontrados estão dentro da faixa aceitável prevista que deve ser entre 0,4 e 0,6 segundos, enquanto que 81,67% estão fora desta faixa, acima de 0,61, constatação que pode ser observada na figura 5.

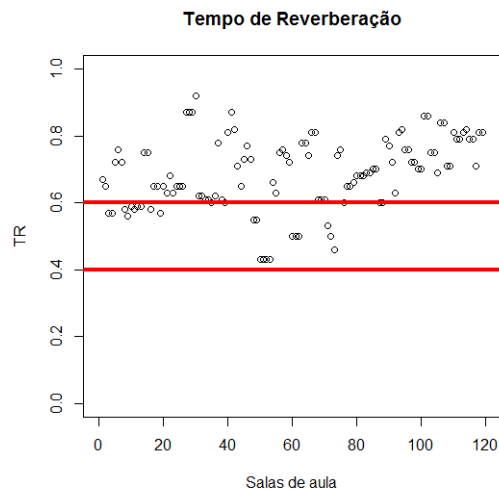


Figura 5 - Tempos de reverberação calculados nas salas de aula

Os índices de transmissão da palavra (Speech Transmission Index – STI) encontrados variaram entre 0,1980 e 0,3377, com média 0,2540 e desvio-padrão 0,03070982, indicando pouca dispersão, ou seja, os dados estão próximos da média. Observou-se que 25% dos índices estão abaixo de 0,2316, enquanto que 75% estão abaixo de 0,2540. Assim, a amplitude interquartil (Q3-Q1) será de 0,0417, o que significa que 50% do STI estão no em torno da mediana, 0,2496, os quais estão contidos num intervalo com amplitude 0,0417. Com relação aos parâmetros estabelecidos pela IEC 60268-16/2003 [28], apenas nove salas, 7,5%, apresentaram índices na faixa de 0,3 a 0,45, obtendo uma inteligibilidade fraca; as demais apresentaram índices na faixa de 0 a 0,3, que reflete uma péssima inteligibilidade, constatação que pode ser observada na figura 6.

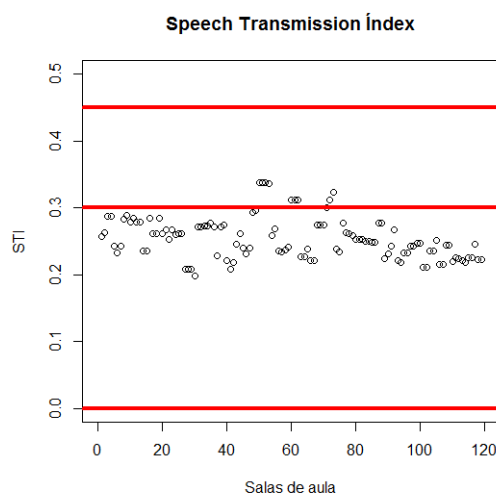


Figura 6 - Índice de transmissão da fala medidos nas salas de aula

3.2 Modelagem Matemática

Para avaliar a relação entre os parâmetros NPS, REXT, TR e STI realizou-se uma análise de correlação. O quadro (1) apresenta as correlações, ressaltando associação forte entre STI e TR.

Quadro 1 - Matriz de correlação entre as variáveis consideradas.

	NPS	REXT	TR	STI
NPS	1,0000000	0,10007630	- 0,14933457	0,16221662
REXT	0,1000763	1,00000000	0,19389128	- 0,17564388
TR	- 0,1493346	0,19389128	1,00000000	- 0,99373916
STI	0,1622166	- 0,17564388	- 0,99373916	1,00000000

A correlação apresentada entre os parâmetros STI e TR, $r = -0,99373916$, é representativa e esperada haja vista que segundo a equação (3) STI é função das variáveis TR, D, V e Q. Como não há correlação significativa entre os demais parâmetros, e levando-se em consideração que a distância do ouvinte à fonte sonora (D) varia entre as salas, além de haver variação também entre os volumes das salas (V), é importante verificar qual a probabilidade do TR interferir na qualidade da Inteligibilidade neste específico estudo de caso. Assim, construiu-se um modelo matemático baseado na modelagem de regressão beta, onde STI é função de TR tal que $STI \in (0,1)$.

Sejam Y_i as observações tal que para cada valor independente de y tem-se um valor de $STI \in (0,1)$ com distribuição β e média μ_i , e parâmetro desconhecido ϕ . Seja a variável X observações tal que para cada valor independente x tem-se um valor TR. Logo o modelo de previsão para STI será escrito na forma da equação (5).

$$g(\mu_i) = \log\left(\frac{\mu_i}{1-\mu_i}\right) = x_j\beta_j \quad (5)$$

onde $x_j, i = 1, \dots, n$, e $j = 1, \dots, k$, podendo ser reescrito como

$$\frac{\mu_i}{1-\mu_i} = e^{x_j\beta_j}, \quad (6)$$

ou escrito como

$$\mu_i = \frac{e^{x_j\beta}}{1+e^{x_j\beta}} \quad (7)$$

A equação (7) é a função inversa de $g(\mu_i)$. Nesta forma, o parâmetro de regressão β tem uma importante interpretação que é a razão de chances (*odds ratio*), definida por e^{β_j} .

As estimativas dos coeficientes do modelo e seus respectivos erros padrões, valores de Z e probabilidades estão descritos no quadro (2). Observa-se neste quadro que o erro, valor de Z e $\Pr(> |Z|)$ validam as estimativas dos coeficientes intercepto e TR. O valor representativo do pseudo R^2 ratifica a eficácia do modelo em relacionar STI com TR.

Quadro 2 - Estimativas dos coeficientes do modelo e respectivos erros padrões

Coefficiente	Estimativa	Erro Padrão	Valor de Z	$\Pr(> Z)$
Intercepto (β_0)	-0,069322	0,006178	-11,22	2. 10-16
TR (β_1)	-1,477769	0,008997	-164, 24	2. 10-16
Pseudo R^2	0,9956			

Assim, com base nas informações das estimativas apresentadas no quadro (2), o modelo matemático de previsão do STI em função do TR está apresentado na equação (8).

$$STI = \frac{e^{-0,069322-1,477769TR}}{1+e^{-0,069322-1,477769TR}} \quad (8)$$

A partir da equação (8) pode-se estimar a razão *odds ratio*, analisando o quanto a variável TR interfere no STI. O valor $e^{-1,477769} = 0,228146$ associado ao TR na equação (8) é esta razão. Assim, existe uma chance no entorno de 22 vezes de ocorrer uma perda na qualidade da inteligibilidade da fala quando TR aumentar a cada um segundo. Ou seja, nas condições que se encontram as salas de aulas das escolas avaliadas se comparadas com salas sob controle de conforto acústico, há uma probabilidade de 77,18% do TR afetar a qualidade da inteligibilidade da fala.

4 Conclusões

O objetivo deste estudo foi analisar a influência de parâmetros acústicos na inteligibilidade de fala em salas de aula de escolas municipais de João Pessoa. Neste sentido, foram analisadas 119 salas de aula, onde funcionavam turmas do 5º ano do ensino fundamental, tendo em vista que estas turmas possuem uma amostra de alunos mais representativa, com maior faixa etária na primeira fase do ensino fundamental.

Inicialmente, buscou-se mensurar os parâmetros acústicos NPS, REXT e TR, que retrataram a ausência de conforto acústico em, praticamente, todas as salas de aula. Os NPS em sua totalidade estavam acima do previsto na NBR 10152/1987 [26], que estabelece valores na faixa de 40 a 50 dB(A). Cerca de 75% das salas de aula apresentaram REXTs acima dos estabelecidos pela NBR 10151/2000 [23], que recomenda 50 dB(A) no período diurno em áreas estritamente urbanas, ou com hospitais ou escolas. Com relação ao TR, apenas 18,33% das salas apresentaram valores considerados aceitáveis pela ANSI S12.60/2002 [27], que propõe a faixa entre 0,4 e 0,6 segundos para salas de aula. Um fator preocupante foi a inteligibilidade da fala nas salas de aula, mensurada a partir do Speech Transmission Index – STI, verificando-se que em 92,5% das salas este índice apresentava valores muito baixos. Apenas em nove salas (7,5% da amostra) se verificaram índices na faixa de 0,3 a 0,45, representando uma inteligibilidade fraca de acordo com a IEC 60268-16/2003 [28]. Situação que merece atenção especial dado que a inteligibilidade reflete o grau de entendimento das palavras no interior dos ambientes, sendo considerada como um fator decisivo tendo em vista que nas salas de aula a comunicação é primordial.

De entre os parâmetros acústicos medidos, verificou-se que o Tempo de Reverberação (TR) e a Inteligibilidade da fala (STI) estavam fortemente e negativamente correlacionados ($r = -0,99373916$), demonstrando que a qualidade da inteligibilidade diminui quando se eleva o tempo de reverberação e o contrário. Este resultado ratifica estudos que apontam que bons níveis de inteligibilidade de fala, mesmo em pequenas salas de aula, estão relacionados com a previsão de tempos de reverberação adequados. Em função desses dados, considerou-se pertinente construir um modelo de regressão beta para analisar o risco que a qualidade da inteligibilidade pode sofrer a cada unidade aumentada na variável TR. A modelagem matemática apresentou uma elevada consistência, com um valor de 0,9956 para o pseudo R^2 e a variável “Tempo de Reverberação” ($p_value = 2 \times 10^{-16}$) foi a mais representativa, com um *odds ratio* de 0,228126, demonstrando que esta variável afeta a qualidade da inteligibilidade em cerca de 77,18%.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria de Educação e Cultura do Município de João Pessoa por ter possibilitado a realização da pesquisa e, também, ao Grupo de Pesquisas Conforto, Eficiência e Segurança no Trabalho pelo apoio na coleta e análise dos dados. Este trabalho foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Brasil.

Referências

- [1] Cury, C. A. J. A Educação Básica no Brasil. *Revista Educação e Sociedade*, Vol. 23 (80), 2002, pp. 168-200.
- [2] Losso, M. A. F. Qualidade acústica de edificações escolares em Santa Catarina: Avaliação e elaboração de diretrizes para projeto e implantação. Florianópolis, 2003. 149p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- [3] Oliveira, R. P. de. Da universalização do ensino fundamental ao desafio da qualidade: uma análise histórica. *Revista Educação e Sociedade*, Vol. 28 (100), 2007, pp. 661-690.
- [4] Soares, J. F. Melhoria no desempenho cognitivo dos alunos do ensino fundamental. *Cadernos de Pesquisa*. Vol. 37 (30), 2007, pp. 135-160.
- [5] Zannin, P.H.T.; Zwirtes, D.P.Z. Evaluation of the acoustic performance of classrooms in public schools. *Applied Acoustics*. Vol. 70, 2009, pp. 626-635.
- [6] Ribeiro, C. A. C. Desigualdade de Oportunidades e Resultados Educacionais no Brasil. *Revista de Ciências Sociais*, Vol. 54 (1), 2011, pp. 41-87.
- [7] Kowaltowski, D. et al. O conforto no ambiente escolar: elementos para intervenções de melhoria. *IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, Foz do Iguaçu, 2002.
- [8] De Giuli, V.; Da Pos, O.; De Carli, M. Indoor environmental quality and pupil perception in Italian primary schools. *Building and Environment*, Vol. 56, 2012, pp. 335-345.
- [9] Yang W.; Hodgson M. Acoustical evaluation of preschool classrooms. *Noise Control Eng J.*, Vol. 53(2), 2005, pp.43-52.
- [10] Kennedy. S. M.; Hodgson M.; Edgett L.D. Subjective assessment of listening environments in university classrooms: perceptions of students. *J Acoustics Soc Am*, Vol. 119 (1), 2006, pp. 299-309.
- [11] Yang, W. Y.; Hodgson M. Auralization study of optimum reverberation times for speech intelligibility for normal and hearing-impaired listeners in classrooms with diffuse sound fields. *J Acoustics Soc Am*, Vol. 120 (2), 2006, pp. 801-807.
- [12] Hodgson, M. R.; Rempel R.; Kennedy S. Measurement and prediction of typical speech and background-noise levels in university classrooms during lectures. *J Acoustics Soc Am*, Vol. 105, pp. 226-33.
- [13] Yang, W.; Hodgson, M. Validation of the auralization technique: comparative speech-intelligibility tests in real and virtual classrooms. *Acta Acust United Acust*, 2007a, pp. 991-999.
- [14] Yang, W.; Hodgson, M. Ceiling baffles and reflectors for controlling lecturerroom sound for speech intelligibility. *J Acoustics Soc Am*, Vol. 121 (6), 2007b, pp. 3517-26.

- [15] Yang, W.; Hodgson, M. Optimum reverberation for speech intelligibility for normal and hearing-impaired listeners in realistic classrooms using auralization. *Build Acoustics*, Vol. 14(3), 2007c, pp.163-77.
- [16] Zannin, P. H.T; Marcon, C. R. Objective and subjective evaluation of the acoustical comfort in classrooms. *Applied Ergonomics*, 2007, 38, p.675-80.
- [17] Zannin, P. H. T.; Loro, C. P. Measurement of the ambient noise level, reverberation time and transmission loss for classrooms in a public school. *Noise Control Eng*, Vol. 55 (3), 2007, pp. 327-33.
- [18] Astolfi, A.; Pellerey, F. Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms. *J Acoustics Soc Am.*, Vol. 123 (1), 2008, pp. 163-73.
- [19] Lercher, P.; Evans, G. W.; Meis, M. Ambient noise and cognitive processes among primary schoolchildren. *Environ Behav.*, Vol. 35 (6), 2003, pp.725-35.
- [20] Shield B.; Dockrell J. E. External and internal noise surveys of London primary schools. *J Acoust Soc Am.*, Vol. 115 (2), 2004, pp.730-8
- [21] Dockrell, J. E.; Shield, B. Children's perceptions of their acoustic environment at school and at home. *J Acoustics Soc Am.*, Vol. 115 (6), 2004, pp.2964-73.
- [22] Rasmussen, B. et al. Reverberation time in class rooms – Comparison of regulations and classification criteria in the Nordic countries. *BNAM 2012: Joint Baltic-Nordic Acoustics Meeting*, Denmark, June 18th-20th, 2012.
- [23] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-10151: *Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade procedimento*. Rio de Janeiro, 2000.
- [24] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-12179: *Tratamento acústico em recintos fechados*. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- [25] Valle, S. do. *Manual prático de acústica*. Música & Tecnologia, Rio de Janeiro, 2009.
- [26] ABNT – Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR-10152: *Níveis de ruído para o conforto acústico*. Rio de Janeiro, 1987.
- [27] American National Standard Institute. *American National Standard Specification for Audiometers (ANSI 3.6)*. New York, 1969.
- [28] International Electrotechnical Commission. IEC 60268 – 16: *Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index*. Switzerland, 2003.