



IMPACTO DO RUÍDO AERONÁUTICO EM ESCOLAS: ESTUDO NA ÁREA I DO PEZR DO AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO

Maria Fernanda de Oliveira Nunes (1); Miguel Aloysio Sattler (2)

(1) Universidade de Caxias do Sul, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, RS 122 – Km 69
s/n – Caxias do Sul/RS – 95010-550, fone/fax: (54) 227-1400.

e-mail: mfonunes@ucs.br

(2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPGEC/NORIE, Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3o
andar – Porto Alegre/RS – 90035-190, fone: (51) 3316-3900.

e-mail: sattler@vortex.br

RESUMO

Neste trabalho é realizada uma avaliação do ruído aeronáutico, nas proximidades do Aeroporto Internacional Salgado Filho, com um estudo em duas escolas, localizadas dentro da Área I do Plano Específico de Zoneamento de Ruído – PEZR. Segundo a Organização Mundial da Saúde, as crianças são consideradas o grupo mais vulnerável aos efeitos do ruído e, atualmente, os prejuízos na vida escolar possuem evidências científicas comprovadas. No entanto, as atividades escolares dentro das zonas de ruído mais críticas, ao redor dos aeroportos, que não são permitidas segundo legislações nacionais e municipais, ocorrem em ambientes com características construtivas inadequadas aos níveis de exposição. Este estudo pretende verificar os níveis de ruído, nas áreas externas das escolas, e comparar com os limites estipulados, determinando o impacto sonoro da passagem dos aviões no ruído de fundo. Os resultados revelam que o ruído, emitido pela passagem dos aviões, altera de modo significativo as características acústicas do local, indicando o comprometimento das atividades escolares e, principalmente, o desempenho escolar dos alunos.

ABSTRACT

This paper aims at evaluating aircraft noise in the vicinity of Salgado Filho International Airport, with a research performed in two schools, located inside Area I of Plano Específico de Zoneamento de Ruído - PEZR. According to the World Health Organization, children are considered the most vulnerable group regarding the effects of noise. In addition, scientific evidence has proved that school life is harmed. However, school activities inside the most critical noise zones around airports, which are not allowed according to national and municipal legislation, take place in environments with constructive building features unsuitable to the exposure levels. This study aims at verifying the noise levels in the school areas and comparing them to the limits allowed and determine the sound impact of the passover of airplanes in the background noise. The results show that such sound impact change the place's acoustics features, which harmful to school activities and, mostly, to students.

1. INTRODUÇÃO

Desde sua etapa inicial de construção, os aeroportos são equipamentos urbanos modificadores do meio ambiente e os principais impactos são decorrentes diretamente da operação das aeronaves, como o ruído aeronáutico e a emissão de gases dos motores (ALVES, 2003). Sendo que, dentre os impactos relacionados à implantação de um aeroporto, o ruído é, sem dúvida, o fator determinante de alterações na vida da população que exercem algum tipo de atividade em sua proximidade.

A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2001) considera que há grupos da população mais vulneráveis ao ruído dos aviões. O grupo onde há maior evidência de vulnerabilidade ao ruído aeronáutico são as crianças e, nelas, a exposição crônica ao ruído dos aviões pode ser associada: ao desempenho cognitivo, ao incômodo do ruído, às alterações no bem estar e baixa motivação, a alterações na pressão sanguínea e secreção do hormônio catecolamina (adrenalina e noradrenalina), e à secreção do cortisol e distúrbios mentais do sono. Além disso, pesquisas que envolvem a avaliação da exposição crônica, de crianças e adolescentes (GIFFORD, 1998; JIGGINS e BERRY, 2001; MAXWELL e EVANS, 2000; WHO, 2001), também mostram fortes evidências do transtorno nas atividades escolares.

1.1 Objetivo

Este estudo pretende verificar os níveis de ruído nas áreas externas de duas escolas localizadas dentro dos limites da Área I do PEZR – Plano Específico de Zoneamento de Ruído – do Aeroporto Internacional Salgado Filho, e comparar com os limites estipulados, determinando o impacto sonoro da passagem dos aviões no ruído de fundo da área.

2. PLANOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO

No Brasil, os estudos com a finalidade de identificar e propor soluções aos conflitos gerados pela implantação e operação dos aeroportos iniciaram na década de setenta, sendo, atualmente, de responsabilidade do DAC - Departamento de Aviação Civil - do Ministério da Aeronáutica. As restrições com relação à poluição sonora, gerada pela operação das aeronaves, são estabelecidas pelo Plano de Zoneamento de Ruído, que é um documento normativo do Comando da Aeronáutica, estabelecendo restrições de uso do solo (IAC, 1998. v. 5, p. 4). As zonas de proteção são determinadas pelos Planos de Zoneamento de Ruído, determinados pela Portaria 1141 (BRASIL, 1987), na qual é definido que as áreas de impacto do ruído aeronáutico, são identificadas por três níveis:

- a) Área I: interior à curva de nível de ruído 1, onde o nível de incômodo sonoro é potencialmente nocivo aos circundantes, podendo ocasionar problemas fisiológicos, devido às exposições prolongadas;
- b) Área II – Área do Plano de Zoneamento de Ruído, compreendida entre as curvas de nível de ruído 1 e 2, onde são registrados níveis de incômodo sonoro moderado;
- c) Área III – Área do Plano de Zoneamento de Ruído, exterior à curva de ruído de nível 2, onde normalmente não são registrados níveis de incômodo sonoro significativos.

Nas áreas I e II, as restrições de uso do solo são grandes, não sendo permitidos usos residenciais, educacional, de saúde e cultural.

No Brasil, o método utilizado para medir o incômodo causado pelo ruído aeronáutico é o IPR, Índice Ponderado de Ruído, que, segundo o IAC (1981), foi criado com a finalidade de avaliar o incômodo, a partir da geração de curvas isofônicas. O IPR é um modelo matemático, que leva em consideração, além dos dados técnicos das aeronaves e trajetórias do aeroporto, o período do dia de cada evento de ruído aeronáutico, com pesos diferenciados para vôos diurnos e noturnos.

Tabela 1: Valores de IPR e reações comunitárias.

Área do PEZR	Valor do IPR	Reação da comunidade exposta a este nível de ruído
I	Maior que 60 IPR	Ambiente extremamente ruidoso. São esperadas reclamações generalizadas por parte dos residentes. É possível ação comunitária em prol da redução do ruído.
II	Entre 53 e 60 IPR	Ambiente medianamente ruidoso. É esperado grande volume de reclamações por parte dos residentes.
III	Menor que 53 IPR	Nenhuma reclamação é esperada. Ambiente pouco ruidoso.

(IAC, 1981; BRASIL, 1987)

Atualmente, é utilizado, para determinação dos Planos Específicos, o software INM 6.1, para a geração das curvas isofônicas e os valores são emitidos em L_{DN} . O L_{DN} diferencia-se do L_{eq} pela adição de 10 dB nos níveis de ruído entre às 22:00 e 07:00. Os valores são convertidos para IPR, através de uma equivalência, que ocorre da seguinte forma: 75 L_{DN} , para 63 IPR e 65 L_{DN} , para 53 IPR.

O Aeroporto Salgado Filho possui um Plano Específico de Zoneamento de Ruído – PEZR – aprovado pela portaria 629/GM5, que institui os Planos Específicos de outros 89 Aeroportos brasileiros. O anexo LXXIV, da referida portaria, apresenta o Plano por meio de um desenho, utilizado, até hoje, pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre, para definição do uso do solo nas zonas próximas ao Aeroporto.

As aeronaves que operam no Salgado Filho, são, em sua maioria, do tipo Boeing 737-300, 737-500 e 737-700. Outros tipos de aeronave também operam no Aeroporto, como, por exemplo, o Airbus 320, o Folker 100 e o McDonnell-Douglas MD11. Todas essas aeronaves são equipadas com motores mais evoluídos e consideradas pouco ruidosas, segundo classificação da *International Civil Aviation Organization* (ICAO, 1993). No entanto, as aeronaves do tipo Boeing 737-200, que são proibidas de operar nos Estados Unidos e Europa, devido ao excesso de ruído emitido, ainda operam regularmente nos aeroportos brasileiros.

3. OBJETOS DE ESTUDO

Existem, atualmente, 87 estabelecimentos de ensino localizados nos bairros vizinhos ao Aeroporto Salgado Filho, sendo 41 particulares, com a função de creche ou escola infantil, 17 particulares, voltados para o ensino de 1º e 2º graus, 21 estabelecimentos estaduais e 8 municipais. Foram identificados 10 estabelecimentos de ensino dentro das áreas de ruído, sendo 2, dentro da Área I: a Escola Carlos Barbosa e a Escola Lions Porto Alegre Farrapos. Ambas são Estaduais e voltadas para o Ensino Fundamental, do Pré-primário até a 8ª série, sendo que, a Carlos Barbosa também possui atividade noturna com Educação de Jovens e Adultos.

A figura 01 mostra a localização das duas escolas, em relação à pista do Aeroporto Salgado Filho, ressaltando que, ambas situam-se na trajetória predominante de aterrissagem das aeronaves.

A Escola Estadual Carlos Barbosa Gonçalves localiza-se a, aproximadamente, 1600 m da cabeceira oeste da pista. A escola foi fundada em 1957 e as atividades se desenvolviam em pequenos galpões de madeira, conhecidos como *Brizoletas*. O projeto do prédio atual é de 1984, desenvolvido dentro do projeto Escola Padrão de Alvenaria – EPA – da Secretaria de Obras do Estado. A construção é de alvenaria de tijolos aparentes, com cobertura de telha de fibrocimento, forro de madeira e esquadrias do tipo balsa, com vidros simples. O forro é a parte mais frágil da acústica do prédio, pois, nas áreas de circulação, ele é constituído de ripas intercaladas e nas salas de aulas, o forro é convencional, no sistema macho/fêmea. Além de ser permeável ao ar, portanto também ao ruído, a espessura do forro não apresenta uma proteção eficiente ao ruído. Segundo a Secretaria de Obras, a finalidade dos

espaços entre as ripas é de promover a visualização de eventuais danos na cobertura, facilitando a manutenção.

A Escola Estadual Lions Club Porto Alegre Farrapos localiza-se a, aproximadamente, 1100 m da cabeceira oeste da pista. A escola foi fundada em 1968 e as atividades se desenvolviam em pequenos galpões de madeira de compensado. Alguns anos mais tarde, os galpões foram substituídos por outros de melhor qualidade, conhecidos como *Brizoletas*. O projeto do prédio atual é de 1989, desenvolvido dentro do Projeto Nova Escola – PNE – da Secretaria de Obras do Estado. A construção é similar à da Escola Carlos Barbosa, com a diferença de que o forro é de laje de concreto.



Figura 1 – Localização das escolas Carlos Barbosa Gonçalves e Lions Club Porto Alegre Farrapos, em relação à pista do Salgado Filho. (Fonte: adaptado de PORTO ALEGRE, 2001)

4. MÉTODO ADOTADO

Para realizar as medições foi utilizada, como referência básica, a norma ISO 3891 (1978). A norma fornece os procedimentos para identificar o ruído proveniente das operações das aeronaves, incluindo certificação de aeronaves, monitoramento de níveis de ruído ou de exposição ao ruído, e planejamento de uso do solo. Os procedimentos dividem-se em dois níveis de sofisticação de medições:

- a) Aquelas que requerem análise espectral, em 1/3 de oitava, usada para certificação de aeronaves, na qual é requerida uma alta confiabilidade de resultados;
- b) Aquelas que requerem, apenas, a frequência ponderada, onde a sofisticação das medições é reduzida, por simplicidade ou baixo custo – indicada nos casos de exposição ao ruído devido a uma sucessão de operações.

Ambos os procedimentos indicam que deve ser usado um microfone onidirecional, com características dinâmicas *SLOW*, na ponderação D ou A.

O equipamento utilizado foi um medidor de nível de pressão sonora, tipo 1, marca *QUEST*, modelo 1900, com microfone original da marca *B&K*, onidirecional de ½ polegada. O equipamento foi fixado

sobre tripé, a 1,20 m do solo, e as funções selecionadas para gerar as informações sonoras foram as seguintes: L_{Aeq} com integração de 1 segundo, L_{max} , SEL, os níveis estatísticos L_{10} e L_{90} , constante de tempo *SLOW* e o índice L_{DN} . A faixa de medição selecionada foi entre 60 e 120 dB.

Todos os eventos de ruído foram registrados, como os causados por veículos, buzinas, alarmes, sirenes, passagens de avião, com as informações de horário e tipo de aeronave, com análise posterior no gráfico global de ruído. Foi realizado um estudo detalhado de cada evento, a partir do perfil gráfico de cada medição, que caracterizou as áreas de estudo como de exposição predominante ao ruído aeronáutico (NUNES, 2005). Tal procedimento buscou atender à condição de que, as medições são consideradas confiáveis, apenas quando a medida máxima de nível de ruído da aeronave exceder o nível de ruído de fundo, em, no mínimo, 20 dB (ISO, 1978).

Buscou-se posicionar o equipamento em locais com menos obstruções além de, também, atender ao requisito de absorção sonora do piso equivalente ao do concreto, conforme recomenda a ISO 3891 (1978). Logo, os locais mais adequados para as medições externas foram as quadras esportivas, que se localizam nos limites dos terrenos, voltadas para as esquinas.

As medições foram realizadas nos períodos que caracterizam as atividades escolares, ou seja, manhã, tarde e noite, com o tempo de, aproximadamente, 4 horas. O tempo de medição, em cada dia, apresentou uma pequena variação, em função da disponibilidade do local.

5. RESULTADOS OBTIDOS

As figuras 2, 3 e 4 mostram, respectivamente, o perfil gráfico de três medições, realizadas nos turnos da manhã, tarde e noite, na Escola Estadual Carlos Barbosa Gonçalves.

No turno da manhã o ruído de fundo, caracterizado pelo L_{90} , se manteve baixo com o valor de 51,6 dB_A . A figura 2 mostra o registro dessa medição, onde, entre as 8h 23 min e às 9h 45 min, ocorreu atividade ruidosa no pátio, porém os eventos de ruído aeronáutico se destacaram, com valores acima de 75 dB_A . O nível máximo atingido foi de 99,1 dB_A , durante a passagem de um MD-11.

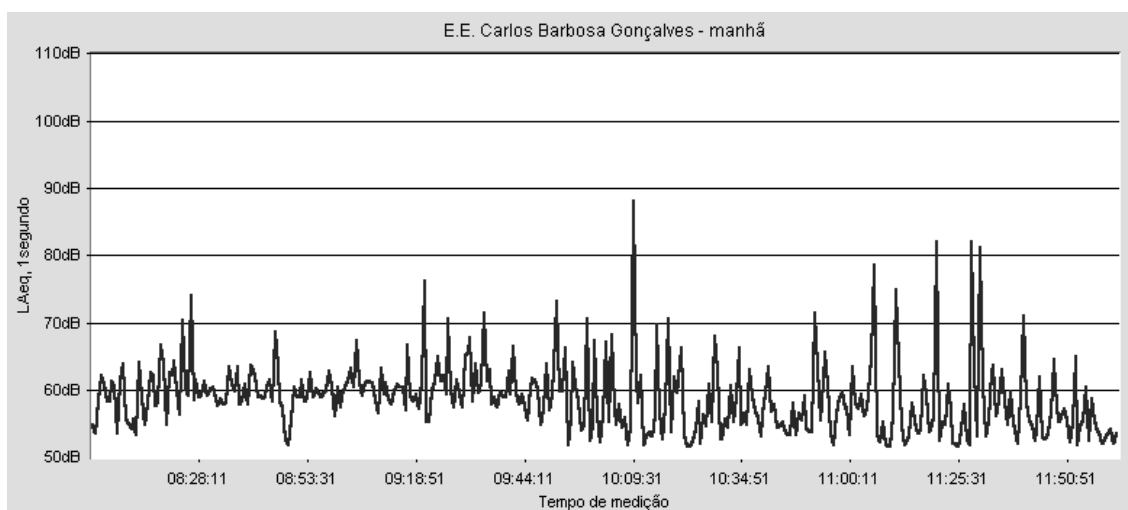


Figura 2: Resultado global da medição de ruído, no turno da manhã, do dia 11 de outubro.

O gráfico global da medição do turno da tarde é mostrado na figura 03, onde foram registrados 24 eventos, 12 de aeronaves de grande porte. Durante a medição a atividade no pátio da escola foi fraca, apenas com a circulação dos alunos e professores conversando. Foi registrada a passagem de 24 aeronaves, sendo que, a mais ruidosa foi um Boeing 737-200.

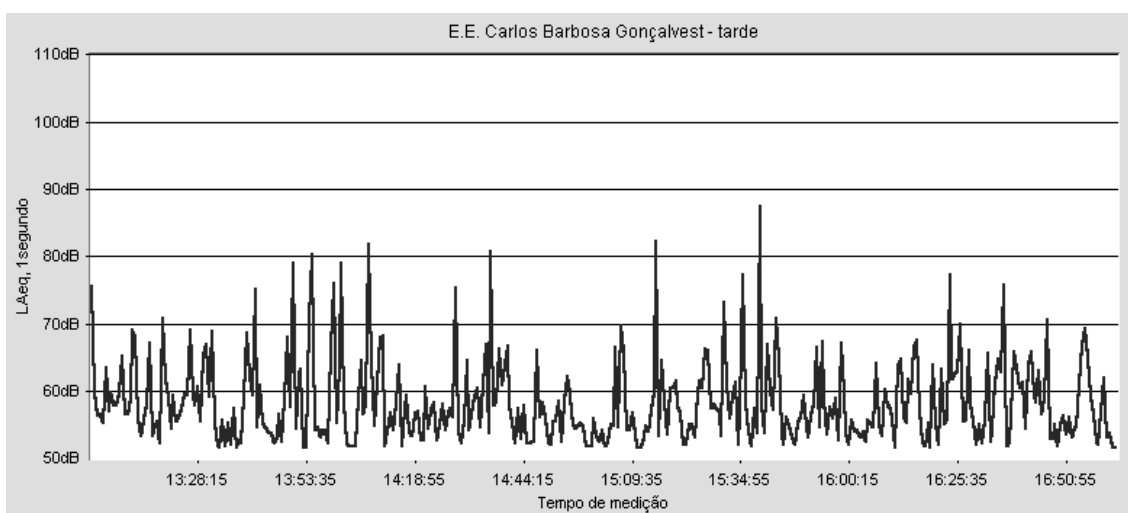


Figura 3: Resultado global da medição de ruído, no turno da tarde, do dia 15 de outubro.

A figura 4 mostra o registro do ruído no período noturno, onde foram registrados 36 eventos, sendo 19 de grande porte. A atividade no pátio, entre às 17:00 e às 17:14, foi muito grande, ocasionada pela agitação da saída das crianças.

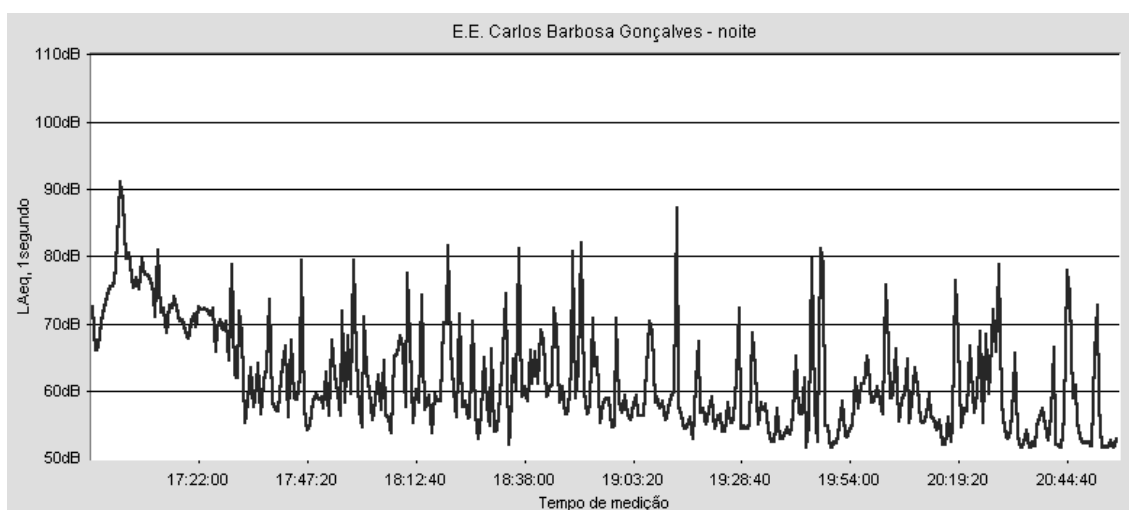


Figura 4: Resultado global da medição de ruído, no turno da noite, no dia 21 de outubro.

Analisando-se os três gráficos, pode-se perceber o destaque do ruído produzido pela passagem das aeronaves, pois são, na grande maioria das vezes, superiores a 75 dB_A, e diferem completamente do ruído de fundo típico da área.

Na Escola Lions Club o ruído de fundo medido também foi baixo, com valor máximo de 53,3 dB_A, e o ruído da passagem das aeronaves se destaca em relação às outras fontes sonoras da área. As figuras 5, 6 e 7 mostram o perfil gráfico de três medições, na Escola Lions Club, onde os eventos de ruído aeronáutico, originados das aeronaves de grande porte, ultrapassaram o valor de 70 dB_A. Durante a medição noturna foi registrada a passagem de 5 jatos da Força Aérea, que alteraram, de forma significativa, o ambiente sonoro, com níveis superiores a 90 dB_A, conforme mostra a figura 7.

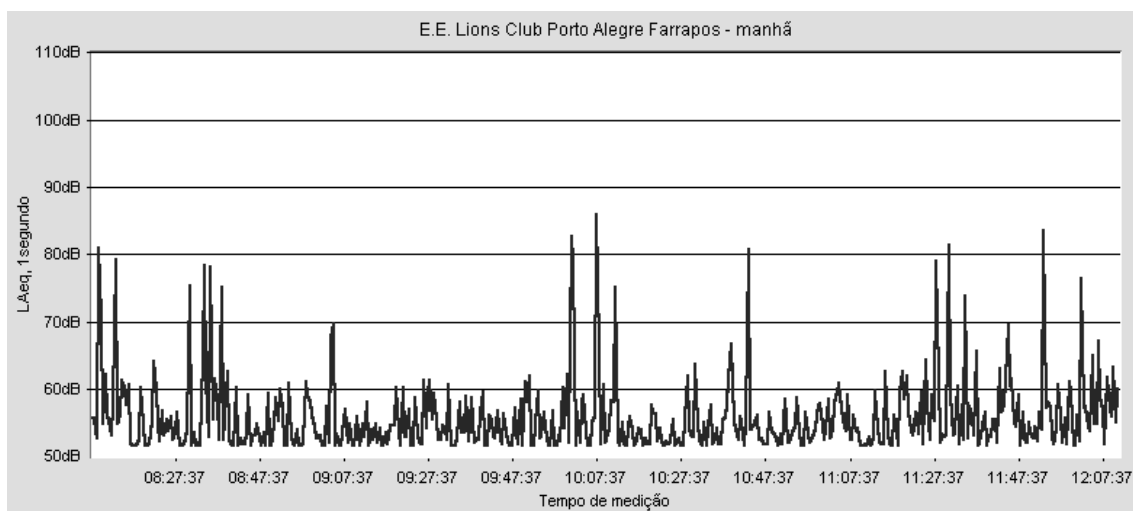


Figura 5: Resultado global da medição de ruído, no turno da manhã, do dia 28 de fevereiro, na Escola Lions Club.

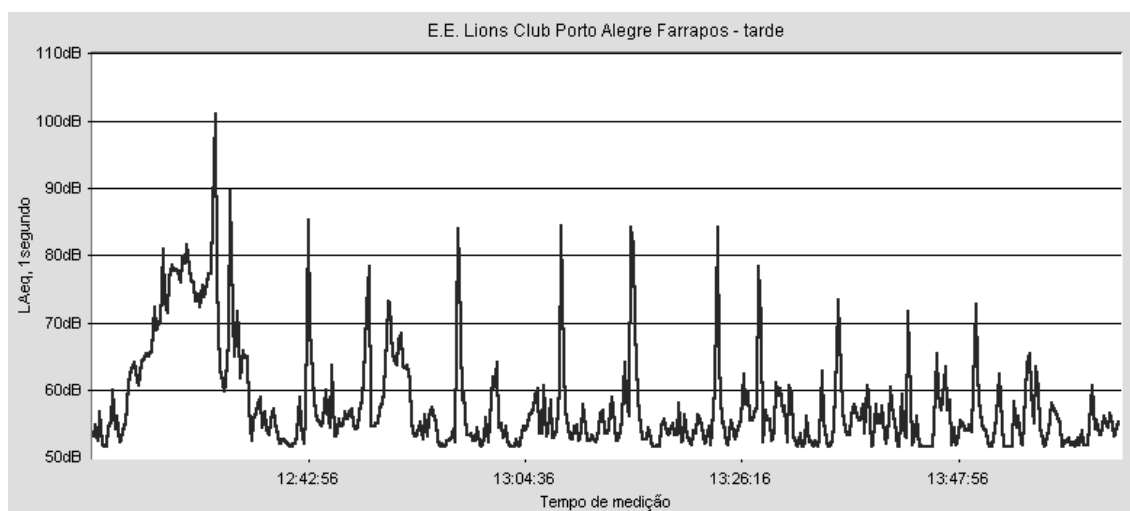


Figura 6: Resultado global da medição de ruído, no turno da tarde, do dia 10 de dezembro, na Escola Lions Club.

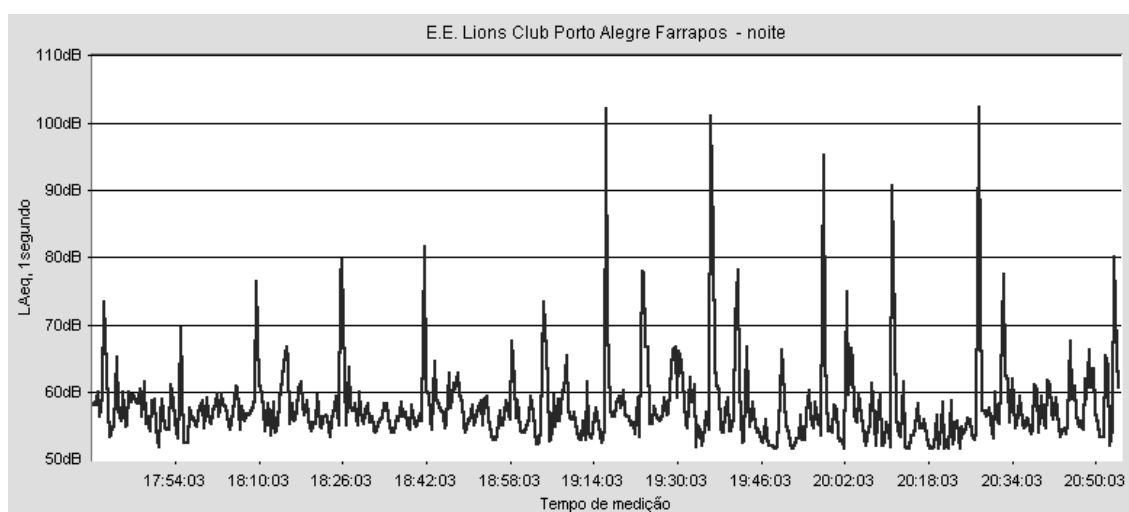


Figura 7: Resultado global da medição de ruído, no turno da noite, do dia 07 de março, na Escola Lions Club.

6. CONCLUSÕES

A tabela 2 mostra os valores das medições nas duas escolas. O ruído de fundo, caracterizado pelo L_{90} , apresenta-se com os valores abaixo do limite recomendado pela NBR 10151 (ABNT, 1987), no período diurno, que para zonas residenciais, deve ser de, no máximo, 55 dB_A . Para o período noturno a norma recomenda valores de até 45 dB_A , que, segundo os valores medidos, são excedidos nas duas escolas. Os valores medidos em L_{Aeq} ficam a baixo do limite estipulado pelo PEZR para a Área I, de $75L_{DN}$, com exceção da medição noturna na Escola Lions Club.

De um modo geral, os níveis de ruído podem ser classificados como inadequados. Segundo a legislação municipal (PMPA, 1983), todo o som medido que ultrapasse em 5 dB_A o ruído de fundo, será considerado incômodo e, desta forma, desqualifica acusticamente a área para a atividade escolar.

Conforme mostra a tabela 2, o nível de ruído medido não está relacionado, diretamente, com número total de eventos de ruído aeronáutico. O maior valor de L_{max} registrado na Escola Carlos Barbosa, 100,4 dB_A , coincide com o maior número total de eventos. No entanto, na Escola Lions Club, o maior valor de L_{max} , 111,6 dB_A , refere-se ao período de medição com 24 eventos, sendo apenas 7 de grande porte. Cabe ressaltar que, dos 17 eventos de pequeno porte dessa mesma medição, 5 foram relativos à passagem de jatos da Força Aérea, que apresentaram os maiores valores medidos de todas as medições.

Tabela 2: Resumo das medições na Escola Lions Club.

Escola	Data	Turno	Tempo de medição	L_{Aeq} L_{DN}	L_{max}	L_{90}	L_{AE}	Nº de eventos		
								GP ¹	PP ²	TOTAL
Carlos Barbosa	11/out	Manhã	3h 59min	66,7	99,1	51,6	108,3	5	3	8
	15/out	Tarde	4h 13min	67,1	96,8	51,6	108,9	12	12	24
	21/out	Noite	5h 12min	71,4	100,4	51,6	114,1	19	17	36
Lions Club	28/fev	Manhã	4h 3min	66,1	94,8	51,6	107,8	15	02	17
	10/dez	Tarde	4h 22min	66,1	94,6	53,3	108,1	17	08	25
	07/mar	Noite	3h 16min	80,3	111,6	52,2	121,0	07	17	24

As escolas estão localizadas em áreas silenciosas, onde o impacto do ruído das aeronaves é maior do que se estivessem em áreas com ruído de fundo maior. O L_{Aeq} inclui os momentos mais silenciosos no cálculo, portanto pode não ser representativo do impacto de eventos que alteram, em até 60 dB_A , a característica sonora local, em relação ao ruído de fundo. Esse impacto, no caso da atividade escolar, está relacionado, principalmente, à interrupção das atividades durante a passagem dos aviões que, pode representar, uma perda no processo de aprendizagem dos alunos.

Existe um indicativo muito forte de que o ruído, nessas escolas, possa causar interferência nas atividades escolares dentro de sala de aula, pois o tipo de construção não possui características adequadas de isolamento acústico. O projeto dos prédios, da década de 80, já poderia ter sido concebido dentro de critérios mais rigorosos de exposição ao ruído, no entanto, o tipo de construção adotado segue um padrão construtivo que não possui relação com o contexto urbano de inserção.

¹ GP – Aeronaves de grande porte.

² PP – Aeronaves de pequeno porte.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Cláudio J. P. **Avaliação de impactos**. São José dos Campos: ITA, Notas de Aula. 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade**: NBR 10151. Rio de Janeiro, 1987. 11p.

BRASIL. Ministério da Aeronáutica. **PORTARIA Nº 1141/GM5 de 8 de dezembro de 1987**. Dispõe sobre Zonas de Proteção e Aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, o Plano Básico de Zoneamento de Ruído, o Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea e dá outras providências.

GIFFORD, Robert. *Educational Environmental Psychology*. In: GIFFORD, R. **Environmental Psychology: principles and practice**. USA: Published by Allyn Bacon, 1998.

IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional. **Planejamento urbano no entorno de aeroportos**. Rio de Janeiro: Ministério da Aeronáutica – IAC, 1998 (Apostila do Curso). 17v.

IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Relacionamento Urbano. **Métodos de avaliação dos níveis de ruído e de incômodo gerados pela operação de aeronaves em aeroportos**. Rio de Janeiro: Ministério da Aeronáutica – IAC, 1981. 107 p. (Boletim Técnico – IAC 4102-0581).

ICAO – International Civil Aviation Organization. **Environmental protection**. Montreal: 1993. Anexo 16. Volume I: Aircraft noise. 3ª edição. 118 p.

ISO – International Organization for Standardization. **Acoustics: procedure for describing aircraft noise heard on the ground**, ISO 3891. Switzerland, 1978. 24 p.

JIGGINS, Mark; BERRY, Bernard F. **Aircraft noise at school and children's cognitive performance and stress responses: the west london schools study**. National Physical Laboratory, 2001. 46p. (Aircraft Noise Measurements and Personal Dosimetry, NPL Report CMAM 68).

MAXWELL, L. E.; EVANS, G. W. The effects of noise on pre-school children's pre-reading skills. **Journal of Environmental Psychology**. 20, 91-97, 2000.

NUNES, M. F. O. **Avaliação da percepção do ruído aeronáutico em escolas: estudo na Zona I do PEZR do Aeroporto Internacional Salgado Filho**. Porto Alegre, 2005. 186 f. Exame de Qualificação (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho não publicado.

PORTO ALEGRE. **Imagens de satélite da cidade de Porto Alegre**. Porto Alegre: PMPA, 2001.

PMPA – PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **LEI COMPLEMENTAR 65/81 de 7 de março de 1983**. Regulamenta a Lei Complementar nº 65, de 22.12.81, estabelece padrões de emissão e imissão de ruídos e vibrações, bem como outros condicionantes ambientais e dá outras providências.

WHO – European Center for Environment and Health. Bonn Office. **Technical meeting on aircraft noise and health**. Bonn, 2001. Relatório.

8. AGRADECIMENTOS

Aos professores e funcionários das Escolas, mencionadas no trabalho, pela possibilidade de realização das medições, em especial às diretoras e vice-diretoras: Vera Regina Pereira Carissimi, Márcia Kras

Couto, Gissela Calvet Simador e Lúcia Helena Scalabino (Escola Estadual Carlos Barbosa Gonçalves); Margarete Wilelms Dalla Vale, Vice-diretoras Dalva Maria Görger Reis e Eliane Ramos Lorenz (Escola Estadual Lions Club Porto Alegre Farrapos).

Ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Caxias do Sul pela cessão dos equipamentos de medição.