

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ANÁLISE DO CONFORTO ACÚSTICO NA ÁREA DE DESEMBARQUE DO AEROPORTO
SALGADO FILHO E AVALIAÇÃO DA DOSE DE RUÍDO QUE UM FISCAL DE PISTA ESTÁ
SUJEITO

por

Marcelo Rotava Buratti

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, Julho de 2017.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica

ANÁLISE DO CONFORTO ACÚSTICO NA ÁREA DE DESEMBARQUE DO AEROPORTO
SALGADO FILHO E AVALIAÇÃO DA DOSE DE RUÍDO QUE UM FISCAL DE PISTA ESTÁ
SUJEITO

Por

Marcelo Rotava Buratti

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Thamy Cristina Hayashi
Coordenadora do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Mecânica dos Sólidos**

Orientador: Prof. Juan Pablo Raggio Quintas

Comissão de Avaliação:

Prof. Edson Hikaro Aseka

Prof. Letícia Fleck Fadel Miguel

Prof. Juan Pablo Raggio Quintas

Porto Alegre, 17 de Julho de 2017.

“A Sorte não existe; no máximo, existem circunstâncias favoráveis ou desfavoráveis. A sorte é resultado de tudo que fomos capazes de fazer, enquanto a má sorte é o resultado de tudo que não fomos capazes de prever.”

Enzo Ferrari

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Valcir e Diva, por todo o incentivo, por todo apoio, por toda confiança e por todo amor, muito obrigado por possibilitarem a realização deste sonho.

À minha irmã Cecília, pela paciência e generosidade nesses últimos meses, por ser a melhor irmã que eu poderia ter.

Ao professor Juan Pablo Raggio Quintas, pela confiança e disponibilidade demonstrada durante o desenvolvimento deste projeto.

À equipe da Infraero, em especial, Rosita Almeida, gerente de gestão operacional do Aeroporto Salgado Filho, pela cooperação sempre que solicitada.

A todos os meus amigos, que durante esse período de graduação foram minha família longe de casa, muito obrigado pelos conselhos e pela amizade de vocês.

BURATTI, M.R. **Análise do conforto acústico na área de desembarque do aeroporto salgado filho e avaliação da dose de ruído que um fiscal de pista está sujeito.** 2017. 15f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

RESUMO

A poluição sonora é um malefício incorporado no cotidiano dos cidadãos que vivem em grandes centros urbanos. O fato de não poder ser vista e não se conservar no meio ambiente, faz com que as pessoas acabem se acostumando a conviver com esse desconforto. Dentre as fontes de emissão de ruído está a atividade aeroportuária, caracterizada por apresentar elevados índices acústicos em determinadas situações. Nesse contexto, um estudo foi feito dentro da área de desembarque e na pista de operações do Aeroporto Salgado Filho, para examinar os níveis de pressão sonora que os passageiros estão sujeitos, e a que dose de ruído que os operadores de pista estão expostos. Com os dados relevantes das medições em campo, foi realizada uma análise comparativa com as normas NBR 12314 e NR-15, com o intuito de verificar se os valores calculados estavam dentro da faixa de aceitação. Para a sala de desembarque foram avaliados os níveis de pressão sonora, tendo os resultados mostrado que os passageiros estão expostos a ruídos acima do estipulado de 56 dB(A) a 63 dB(A). O melhor caso obteve 80% do tempo níveis de pressão sonora na faixa permitida e o pior caso não apresentou valores aceitáveis em nenhum instante. Foi comprovado que o ruído proveniente da movimentação de aviões no pátio é a fonte principal de poluição sonora para a sala de desembarque. Os valores de dose de ruído mostraram que durante uma jornada de trabalho de 8 horas um fiscal de pista está sujeito a 78% da dose diária de ruído, valor aceitável, mas que não dispensa o uso de proteção individual ao ruído.

PALAVRAS-CHAVE: Ruído aeronáutico, dose de ruído, aeroporto, NBR 12314, NR-15.

BURATTI, M.R. **Analysis of acoustic comfort in the arrival room and evaluation of the noise dose that a runway operator is subject at Salgado Filho Airport.** 2017. 15f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

ABSTRACT

Noise pollution is an issue incorporated into the everyday lives of citizens living in large urban centers. The fact that it cannot be seen and not conserved in the environment led to people get used to live with this discomfort, there is the airport activity, characterized by high noise levels in certain situations. In this context, a study was done inside the arrival room and the runway of the Salgado Filho Airport, to examine the sound pressure levels that passengers are subjected to, and the amount of noise that lane operators are exposed. With the relevant data of the field measurements, a comparative analysis was carried out with the standards NBR 12314 and NR-15, in order to verify if the calculated values were within the range of acceptance. The sound pressure levels were evaluated for the landing room which showed that passengers are exposed to noise above the stipulated from 56dB (A) to 63dB (A). The best case obtained got 80% of the time sound pressure levels in the allowed range and the worst case did not present acceptable values in any time. It has been proven that noise from the movement of airplanes in the runway is the main source of noise pollution for the arrival room. The noise dose values showed that during a workday of 8 hours a runway operator is subject to 78% of the daily dose of noise. The results were acceptable, however they did not dismiss the use of individual noise protection.

KEYWORDS: Aeronautical noise, noise dose, airport, NBR 12314, NR-15.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Motivação	1
2. OBJETIVOS	2
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	2
3.1 Ruído.....	2
3.2 Ruído Aeronáutico.....	2
3.3 Dose de ruído	3
3.4 Impactos do Ruído na Saúde Humana	3
3.5 Normas para Avaliar o Nível de Pressão Sonora (NPS) e a Dose de Ruído.....	3
4. METODOLOGIA.....	4
4.1 Método de medição e equipamentos para o nível de pressão sonora (NPS).....	4
4.2 Método de medição e equipamentos para a dose de ruído	5
4.3 Locais avaliados no Aeroporto.....	7
5. RESULTADOS	7
5.1 Resultados para NPS na área de desembarque.....	8
5.1.1 Análise da Esteira 3.....	9
5.1.2 Análise da Esteira 2.....	11
5.2 Resultados para Dose de Ruído do Fiscal de Pista	12
6. CONCLUSÕES	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
ANEXO A	16
APÊNDICE A	17

1. INTRODUÇÃO

O deslocamento constante de pessoas e mercadorias em um país com dimensões continentais como é o Brasil necessita de procedimentos logísticos complexos quando estão vinculados a prazos apertados. O Aeroporto Internacional Salgado Filho em Porto Alegre foi responsável por aproximadamente 80 mil movimentações entre pousos e decolagens no ano de 2016, gerando um fluxo de 7,6 milhões de passageiros em seus dois terminais, conforme dados operacionais da Infraero, 2017. O transporte aéreo é fundamental para conectar Porto Alegre ao Brasil e ao mundo e o constante desenvolvimento tecnológico do setor vem ao encontro do conforto e da comodidade dos usuários.

Os aviões, comerciais ou particulares, são os responsáveis por esse tipo de mobilidade, uma vez que estes possuem um tráfego controlado para que façam seu percurso entre aeroportos no menor tempo possível e com segurança. Entretanto, este meio de transporte carece de investimentos, a falta de infraestrutura em pistas e terminais ocasiona desconforto a seus passageiros, trocando a eficiência do transporte em tempo de espera em esteiras de restituição de bagagens, deixando o passageiro exposto aos ruídos do local.

O ruído presente em aeroportos é, predominantemente, gerado pelos motores dos aviões, e sua intensidade pode variar de acordo com sua atividade na pista, com o tipo de aeronave em movimento, com a maneira na qual o piloto opera o avião e pelas condições meteorológicas do dia.

As propriedades da audição humana são diretamente afetadas quando expostas a elevados níveis de ruídos, porém Costa, 1994 afirma que podem existir efeitos extra-auditivos, como alterações físicas e mentais.

Pela análise de Leite & Souto, 1996 o ruído pode ser fator contribuinte para ocorrência de acidentes de trabalho e ser a causa do surgimento de doenças cardiovasculares por ação de níveis de estresse elevado.

Conforme Fiorini & Nascimento, 2001 seguindo um programa específico de gerenciamento, é possível amenizar o risco ao ruído, procedimentos como avaliação e controle da fonte emissora, proteção coletiva e proteção individual propiciam resultados satisfatórios.

1.1 Motivação

Num contexto amplo, as pessoas reagem de forma variada ao mesmo ruído. Independente desta circunstância subjetiva, a exposição a longos períodos e a altos níveis de pressão sonora acarreta na perda da qualidade da audição e em problemas de saúde não relacionados ao ouvido humano, como dor de cabeça, estresse, cansaço, entre outros. Sendo considerado um grande inconveniente, a poluição sonora está em nosso cotidiano.

O Aeroporto Salgado Filho em Porto Alegre é o mais movimentado da região Sul do Brasil, servindo de *hub*¹ internacional para países do Cone Sul, esse grande movimento fez com que a média de tempo pela espera de bagagens esteja fora do padrão de qualidade mundial. Segundo pesquisa realizada pela Proteste em 2014, em média um passageiro precisa esperar quase 20 minutos para receber sua bagagem despachada, o valor representa quase a metade do tempo de voo entre Porto Alegre e Curitiba.

Considerando uma análise que engloba o conforto acústico de passageiros, qualidade de saúde ocupacional de operadores de pista e as circunstâncias referidas nos parágrafos anteriores, um estudo na área se faz pertinente, já que não são encontradas muitas pesquisas nesse contexto.

¹ Ponto de conexão de voos.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é analisar o conforto acústico na área de desembarque do Aeroporto Salgado Filho em Porto Alegre, por meio de medições do nível de pressão sonora (NPS) obtidas num período de tempo estipulado nos parâmetros da NBR 12314 – Aeronáutica – Critérios de ruído para recintos internos nas edificações submetidas ao ruído aeronáutico. Além disso, será medida a dose de ruído que um fiscal de pátio está exposto durante sua jornada de trabalho, e comparada com a NR-15 – Atividades e operações insalubres.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Ruído

O conceito de ruído foi referenciado por Gerges, 2000 e Carvalho, 2010 como sendo todo o som desagradável ou indesejável ao ouvinte, podendo ser originado por mais de uma fonte, sem que exista relação coerente na sua transmissão.

Segundo Fernandes, 2002 a definição de ruído é dupla, sendo ela subjetiva quando o ruído é uma sensação desagradável ou insalubre, e também sendo física quando referida a um fenômeno acústico não periódico, por não apresentar harmonia definida.

Avaliando a duração, o ruído pode ser classificado em três tipos: contínuo, intermitente e de impacto. Conforme a NBR 12314, é definido ruído contínuo aquele que apresenta variação menor ou igual a 6 dB em um intervalo de tempo considerado, todavia, quando existe uma variação maior que 6 dB, é definido ruído intermitente. O ruído de impacto é aquele que apresenta picos de energia acústica de duração menor que 1 segundo, espaçados por intervalos maiores que 1 segundo.

Na visão de Calixto, 2002 o ruído é a resultante de diversas amplitudes e frequências de som ocorrendo simultaneamente de maneira não harmônica, tendo como resultado a sensação de mal estar, porém, é necessário considerar que o ruído não depende apenas de sua intensidade, mas sim da sua duração. Portanto, o nível sonoro equivalente, L_{eq} , é o valor das variações existentes no nível de pressão sonora, durante um intervalo de medição.

O L_{eq} é determinado pela seguinte expressão:

$$L_{eq} = 10 * \log \left\{ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{p_a}{p_o} \right]^2 dt \right\} [dB] \quad (1)$$

onde:

T (min) = $t_2 - t_1$ = tempo total de medição

p_a (N/m²) = pressão sonora instantânea

p_o = pressão de referência (2.10⁻⁵ N/m²)

3.2 Ruído Aeronáutico

Segundo a NBR – 11415 – Ruído Aeronáutico, o ruído aeronáutico é o efeito sonoro gerado pelos aviões enquanto realizam suas operações no ar e no solo.

De acordo com a FAA (*Federal Aviation Administration*), 2016 o ruído aeronáutico é a poluição sonora decorrente das aeronaves durante suas fases de voo: no momento da decolagem, no momento do pouso, em voo e durante procedimentos de balizamento.

Segundo a Infraero, 2013 o ruído aeronáutico faz parte do contexto de ruído aeroportuário, caracterizado por considerar todas as operações dos equipamentos alocados no pátio do aeroporto como fontes geradoras do ruído, as quais se destacam a movimentação de caminhões de abastecimentos, tratores com bagagens e rebocadores.

Para a Organização Mundial da Saúde, 2017 o ruído aeronáutico é a terceira forma de poluição sonora que mais prejudica a saúde humana. O ruído proveniente dos aeroportos é

gerado pelas movimentações de solo e ar de aeronaves, a intensidade de emissão de ruído depende diretamente da frequência de decolagens e pousos, característica dos aviões e das condições climáticas.

3.3 Dose de ruído

De acordo com Gerges, 2000 a dose serve como indicativo para caracterizar a exposição ocupacional ao ruído, sendo estimada em porcentagem de energia sonora. Nessa definição a intensidade e a duração de eventos acústicos são os agentes causadores de problemas no ouvido humano.

Conforme a NHO-01, 2001 dose é o critério utilizado para caracterizar a exposição ocupacional ao ruído. É quantificado em porcentagem de energia sonora, com seu limite máximo de exposição ocupacional para uma jornada de 8 horas, fixado em 100%. Entretanto, o ponto de corte para medidas de contenção serem tomadas é de 50%.

Segundo Saliba, 2000 a dose de ruído é a medida para variadas situações de exposição acústica ocupacional. É mensurada pelo tempo de exposição e pelo tempo máximo permitido, de forma cumulativa no período da jornada de trabalho.

Para a NR-15 – “Norma Regulamentadora N^o15. Atividades e operações insalubres”, se o operador for exposto por dois ou mais períodos a ruídos, de diferentes níveis, durante a jornada de trabalho, é necessário considerar as medidas combinadas, de modo que não haja um resultado excedente ao limite de 100%, e esse valor, é obtido pela equação:

$$D = \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) * 100 \quad [\%] \quad (2)$$

Onde:

D = dose de ruído

$C_n(\text{min})$ = tempo total que o operador fica exposto a um nível de ruído específico

$T_n(\text{min})$ = Tempo máximo diário permitido pela NR-15

3.4 Impactos do Ruído na Saúde Humana

Segundo Fernandes, 2002 quando ocorre algum tipo de exposição de um indivíduo a altos níveis de ruído, existe a reação de todo o organismo a esse fenômeno, ocorrendo respostas de forma reversível, como a dilatação das pupilas, hipertensão e estresse. Contudo, outros três casos ocorrem diretamente no ouvido humano, a audição pode ser afetada de forma temporária, de forma permanente pelo acúmulo de exposições, e por fim, a perda súbita de audição, decorrente de um impacto acústico de grande intensidade.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, 2001 existem grupos de pessoas mais vulneráveis ao ruído e a exposição recorrente a ruídos de alta intensidade pode diminuir o desempenho cognitivo. Frequentemente o ruído é usado como fonte geradora de estresse em pesquisas laboratoriais, os efeitos ocasionados dependem não só da fonte emissora, mas também das características de cada receptor.

Por fim, Saliba, 2002 destaca que os efeitos resultantes do impacto do ruído ao corpo humano são separados em auditivos, como sendo todos os malefícios gerados no ouvido e extra-auditivos, relacionados a problemas psicológicos e sociais.

3.5 Normas para Avaliar o Nível de Pressão Sonora (NPS) e a Dose de Ruído

Para que exista padronização de todo o processo de avaliação do conforto acústico dos passageiros, da dose de ruído que os operadores de pista estão expostos, e da correta forma de coleta de dados nas dependências do Aeroporto Salgado Filho, foram utilizadas normas nacionais e internacionais durante todo processo de desenvolvimento do trabalho.

Utilizando a norma ISO 20906:2009 – *Acoustics - Unattended monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports* e a NBR 11415 – Ruído Aeronáutico, é possível reconhecer e classificar um evento acústico em uma operação com várias aeronaves e outras fontes de ruído.

Para validar a medição na sala de desembarque e a forma de avaliação dos resultados, foi utilizado como referência a NBR 12314 – Aeronáutica – Critérios de ruído para recintos internos nas edificações submetidas ao ruído aeronáutico, a NBR 13368 – Ruído gerado por aeronaves - Monitoração e a ISO 20906. Ambas as normas definem critérios para o método de medição do ruído, como a característica de equipamentos, o número de medições a se realizar, a forma de processamento dos dados, o método de correção aplicado aos procedimentos operacionais, modelos de relatórios, entre outras características aplicáveis em cada caso.

Conforme a NBR 12314, para que exista conforto acústico é necessário que os níveis de pressão sonora estejam no intervalo de 56 dB(A) a 63 dB(A), e/ou analisado em função da das curvas de avaliação de ruído (NCB), Figura A.1 do Anexo A, o espectro de frequências apresente valores dentro da faixa de NCB-45 a NCB-55. Para avaliar a dose de ruído em que um fiscal de pátio está exposto durante sua jornada de trabalho, foi utilizado a NR-15 – Atividades e Operações Insalubres, sendo 100% a dose de ruído máxima de segurança ocupacional.

4. METODOLOGIA

Através da coleta de dados realizada na área de desembarque de passageiros e pátio da pista do Aeroporto Salgado Filho, foi desenvolvido um estudo comparativo entre as medidas de nível de pressão sonora e dose de ruído, com as normas que determinam parâmetros adequados de medição e segurança dos usuários.

4.1 Método de medição e equipamentos para o nível de pressão sonora (NPS)

O processo de medição do nível de pressão sonora foi realizado na área de desembarque do Terminal 1 do Aeroporto Salgado Filho em Porto Alegre, Figura 4.1. Pela NBR 12314, as medidas devem ser feitas nas condições mais desfavoráveis para o conforto acústico do local avaliado, sendo assim, a coleta de dados foi realizada no período da manhã, que conforme a Infraero, 2017 o intervalo entre às 9h até às 12h, é o mais movimentado por passageiros.



Figura 4.1 – Terminal 1 do Aeroporto Salgado Filho (Jornal do Comércio, 2016)

Durante a medição foi utilizado um decibelímetro da marca Brüel and Kjaer, modelo 2250, de classe 1, um medidor de distâncias a laser, marca Bosch, modelo DLE 40 e um tripé.

Para cada ponto de medição foi efetuada uma leitura do nível de pressão sonora, que segundo a NR 12314, deve ter uma duração mínima de 360 segundos (6 minutos). O decibelímetro foi fixado no tripé a uma altura de 1,4m em relação ao solo e afastado a uma distância de 1m de paredes e superfícies refletoras do recinto. A norma ainda estabelece que as medições devam ser realizadas respeitando uma distância de 1,5m de janelas e portas externas, entretanto, se deve manter as condições normais de utilização, ou seja, sendo portas e janelas abertas e/ou fechadas. O tripé foi mantido, durante todo o processo de medição, nas imediações das esteiras de recebimento de bagagens, uma vez que estes locais recebem forte intensidade do ruído proveniente das aeronaves e do trânsito de veículos terrestres na pista do aeroporto, como indica a Figura 4.2.

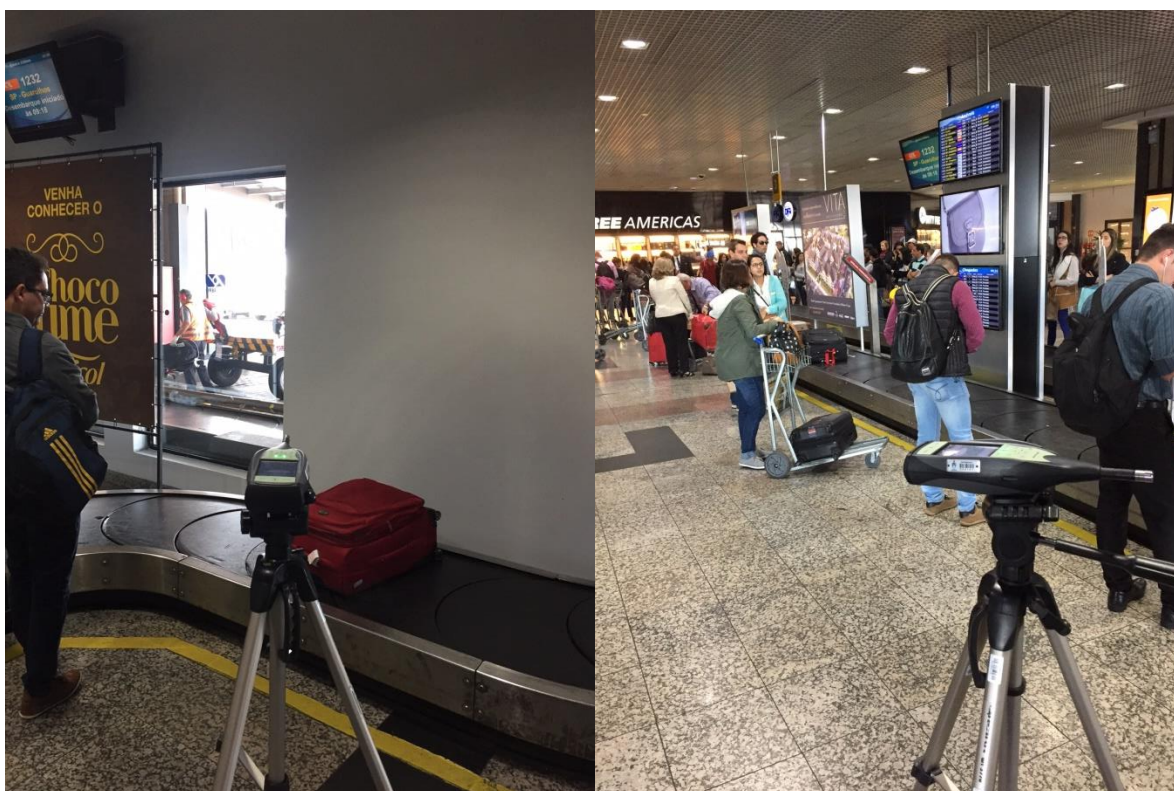


Figura 4.2 – Posicionamento do decibelímetro na sala de desembarque

Outro requisito para uma medição de acordo com os padrões é a configuração do decibelímetro, o aparelho foi ajustado para captar níveis de pressão sonora ponderados em (A), sendo medidos a cada segundo, num espectro de frequência compreendido entre 16Hz e 8kHz, utilizando o circuito de resposta rápida (*fast*).

Para o tratamento dos dados obtidos, foi utilizado o software BZ5503 – “Measurement Partner Suite”, desenvolvido pela empresa Brüel and Kjaer, fabricante do decibelímetro.

4.2 Método de medição e equipamentos para a dose de ruído

Na medição da dose de ruído que um operador de pista do aeroporto está exposto durante sua jornada de trabalho, foi usada como diretriz de medição e avaliação dos valores medidos a NR-15 – Atividades e Operações Insalubres.

Diversas são as funções exercidas por funcionários em uma pista de aeroporto, como referência neste trabalho, foi escolhido o fiscal de pátio. A escolha foi baseada na importância e

na complexidade de suas atividades, pois devem ser exercidas com perícia e segurança. As tarefas de um fiscal de pátio são amplas, podendo-se destacar o balizamento das aeronaves e a movimentação das pontes de embarque. Cabe ao profissional definir o momento em que as demais operações se iniciam, como abastecimento e descarregamento de bagagens. A Figura 4.3 mostra a sua área de trabalho.



Figura 4.3 – Área de trabalho do fiscal de pista.

Para realizar o levantamento da dose de ruído, foi utilizado um integrador de uso pessoal – Dosímetro de Ruído - da marca Instrutherm, modelo DOS-500. O dispositivo foi fixado na cintura de um fiscal, com seu microfone preso na lapela de sua camisa, possibilitando, assim, estar dentro da zona de audição. A programação do equipamento, definida na norma, foi a seguinte:

- Faixa de medição 80dB(A) a 115 dB(A)
- Frequência de ponderação – “A”
- Circuito de resposta – lenta (*slow*)
- Incremento de duplicação de dose = 5 ($q = 5$) (para a NR-15)
- 85 dB(A) como sendo referência de dose máxima para uma jornada de 8 horas

A NR-15 estabelece que o limite de exposição ocupacional diária ao ruído contínuo e/ou intermitente é estabelecido por ser de 85 dB(A), e o nível máximo sem proteção adequada corresponde a 115 dB(A). Sendo assim, qualquer ruído acima do limite de tolerância de 85 dB(A) é considerado uma atividade insalubre, sujeita a ações de melhoria.

Devido a questões operacionais e de autorização no aeroporto, na fase de avaliação da dose de ruído, foi realizada uma medição inferior ao tempo completo da jornada de trabalho do

fiscal de pátio. Nessas situações Moraes, 2014 apud Silva, 2015 determina que o valor obtido possa ser obtido por extrapolação linear simples, fazendo uso da equação (3):

$$D_{\text{proj}} = \frac{D_{\text{med}} * T}{T_D} [\%] \quad (3)$$

Onde:

D_{proj} = dose projetada

D_{med} (%) = dose medida

T (min) = tempo da jornada de trabalho

T_D (min) = tempo de medição do dosímetro

O nível de pressão sonora que representa a dose de ruído ocupacional que um operador está exposto durante sua jornada de trabalho é calculada através da TWA (*Time-Weighted Average*) da seguinte forma pela equação:

$$TWA = 80 + 16,61 * \log\left(\frac{9,6 * D}{T}\right) [\text{dB}] \quad (4)$$

Onde:

TWA = nível de exposição normalizada

D (%) = dose de exposição diária

T (min) = tempo da jornada de trabalho

Para a avaliação dos resultados mensurados, cabe ressaltar que os valores extraídos do dosímetro já apresentam o cálculo de dose projetada (D_{proj}) e o cálculo do nível de exposição normalizada (TWA).

4.3 Locais avaliados no Aeroporto

O complexo do Aeroporto Internacional Salgado Filho é formado por dois terminais, sendo capaz de suportar um fluxo de 10 milhões de passageiros ao ano, segundo dados da Infraero, 2017. Por ser responsável pela maioria das movimentações domésticas e de todas internacionais, foi usado como base de estudo, o Terminal 1.

Hoje é possível viajar partindo de Porto Alegre para dezenas de cidades brasileiras e destinos no exterior. Os aviões que se movimentam no pátio do aeroporto com maior frequência são o Boeing 737-800 e o Airbus A320, ambos os modelos com capacidade para aproximadamente 175 passageiros. Devido a essa demanda corriqueira, a logística aeroportuária é diretamente ligada à eficiência dos fiscais e operadores de pista.

5. RESULTADOS

Aplicando a metodologia descrita anteriormente, o conforto acústico na sala de desembarque foi analisado no item 5.1 utilizando tabelas, gráficos, a influência da fonte de ruído e o comportamento do local ao longo do tempo.

Na sequência o item 5.2 apresenta os resultados decorrentes da análise da dose de ruído que um fiscal de pista está sujeito durante sua jornada de trabalho.

5.1 Resultados para NPS na área de desembarque

Para o procedimento, a NBR 12314 define que o número de pontos de medição é estipulado pela seguinte equação:

$$N = \sqrt{\frac{S}{8}} \quad (5)$$

Onde:

N = número de pontos de medição

S = área do recinto, em metros quadrados

Para a medição do nível de pressão sonora na área de desembarque, foi utilizado como referência a NBR 12314 – Aeronáutica – Critérios de ruído para recintos internos nas edificações submetidas ao ruído aeronáutico, uma vez que esta norma, comparada com a ISO 20906 – *Acoustics - Unattended monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports*, é exclusiva para locais de circulação de passageiros em aeroportos, visando tornar os ambientes compatíveis com as atividades desenvolvidas. Como as medições foram realizadas em um local de fluxo constante e intenso de passageiros, alguns requisitos da norma foram adequados para evitar prejuízos à medição.

O número de pontos de medição foi reduzido devido aos motivos descritos anteriormente, desta forma, os pontos utilizados foram criteriosamente distribuídos sobre a área do recinto em avaliação, a fim de representarem os maiores níveis de ruídos existentes.

O setor de desembarque é disposto em uma área de 412m², possuindo três esteiras de restituição de bagagens enumeradas de 1 a 3. Desta maneira, foi aplicada a equação 5 para determinar o número de pontos de medição recomendados na NBR 12314. O resultado definiu a necessidade de oito locais diferentes, entretanto, foi constatado que a maior aglomeração de passageiros fica nas proximidades das esteiras de bagagens, sendo esses os locais mais suscetíveis a um elevado nível de ruído. Assim, foram feitas duas medições no entorno de cada esteira, duas localizadas no início da sua movimentação e outras duas o mais afastado desses pontos. No total foram coletadas quatro medidas, uma vez que a esteira de número 1 não estava sendo utilizada naquele dia, como pode ser visto na Figura 5.1.

Para melhor compreensão dos resultados foi definido como *Evento A2* e *Evento B2* os pontos de medição da esteira de número 2 no começo e meio, respectivamente. Da mesma maneira para a esteira de número 3, foi denominado *Evento A3* e *Evento B3*, as avaliações de ruído no começo e meio, respectivamente.

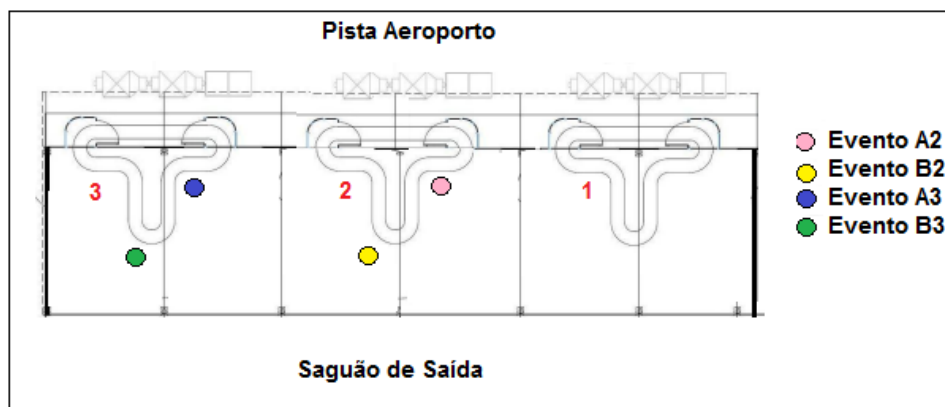


Figura 5.1 – Caracterização dos pontos de medição na sala de desembarque.

5.1.1 Análise da Esteira 3

A duração em cada ponto de medição foi definida em 20 minutos, já que este é o tempo médio de chegada da última mala na esteira de restituição de bagagens, segundo dados da Secretaria Nacional de Aviação Civil, 2017.

Para avaliar o comportamento ao longo do tempo dos níveis de ruído, foi criada uma linha de tendência a partir da Figura 5.1 e da Figura 5.2 dos gráficos de nível de pressão sonora durante cada evento de medição. O decréscimo de intensidade nos valores medidos é explicado pela diminuição de passageiros no entorno da esteira, uma vez que ao receber sua mala o passageiro sai do setor de desembarque.

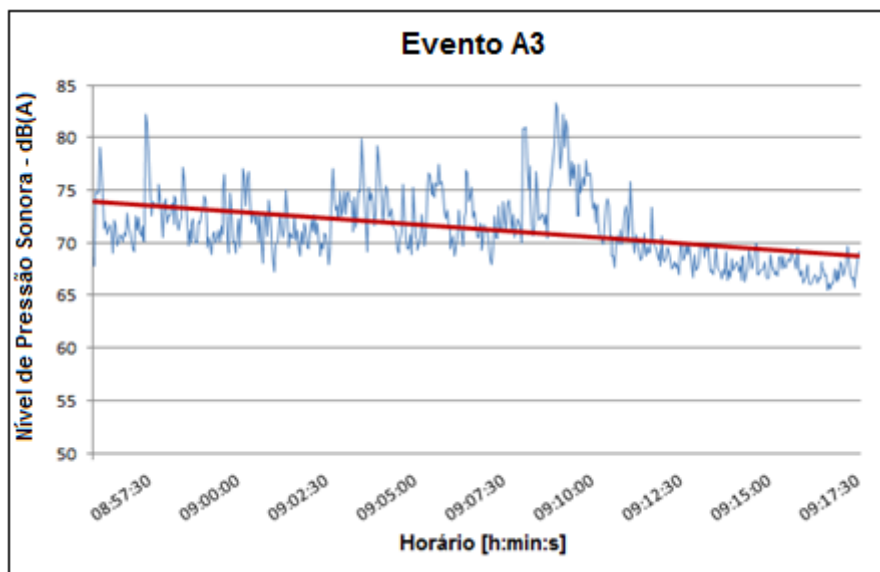


Figura 5.1 – Gráfico do nível de pressão sonora (NPS) Evento A3.

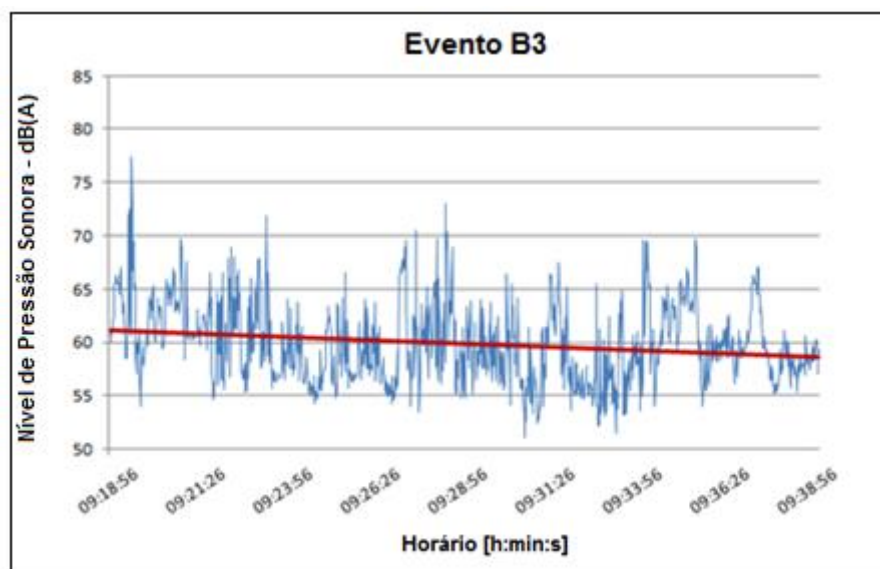


Figura 5.2 - Gráfico do nível de pressão sonora (NPS) Evento B3.

Em virtude da proximidade maior com a pista do aeroporto, na medição Evento A3 é possível ver que os valores de nível de pressão sonora são mais elevados. Pode-se verificar um aumento do NPS em alguns momentos devido às movimentações de aeronaves no pátio

do aeroporto. As Figuras A.2 e Figura A.3 no Apêndice A, mostram as partidas e as chegadas de aviões da Gol, Latam, Azul e Avianca para o período analisado.

No segundo ponto de medição, Evento B3, foram encontrados valores menores do nível de pressão sonora, devido a este ponto estar mais afastado do ponto onde entram as bagagens. Porém, em ambos os eventos ocorre uma diminuição do NPS em decorrência do fluxo natural de passageiros saindo da sala de desembarque após o recebimento de sua bagagem.

Na Tabela 5.1, pode-se verificar percentualmente o número de ocorrências de nível de pressão sonora medidos a cada segundo nos pontos analisados. Para isso foi estabelecido como 56 dB(A) (conforto acústico), entre 56 dB(A) a 63 dB(A) (faixa de aceitabilidade) e superiores a 63 dB(A) (fora dos valores de aceitabilidade).

Tabela 5.1 – Tabela de ocorrência do nível de pressão sonora para a esteira 3.

Evento A3			Evento B3		
Intervalo	Ocorrências	Porcentagem	Intervalo	Ocorrências	Porcentagem
dB(A) < 56	0	0,0%	dB(A) < 56	150	12,5%
56 ≤ dB(A) ≤ 63	0	0,0%	56 ≤ dB(A) ≤ 63	790	65,8%
dB(A) > 63	1200	100,0%	dB(A) > 63	260	21,7%
Total	1200	100,0%	Total	1200	100,0%

Foi constatado que em ambas as situações os níveis permitidos são extrapolados. Nas condições de aceitabilidade da NBR 12314, não há conforto acústico aguardar a bagagem em locais próximos ao começo da esteira. A situação melhora no ponto mais afastado, nessa condição foi visto que em 78,3% do tempo o passageiro está exposto a níveis de ruído toleráveis, porém com esses números não se pode afirmar que o setor tem conforto acústico.

Para verificar se as curvas NCB são respeitadas durante todo tempo da coleta de dados, foi desenvolvido o espectro de frequências com relação ao nível de pressão sonora na Figura 5.3, sendo em amarelo referente ao Evento A3, e em azul, referente Evento B3.

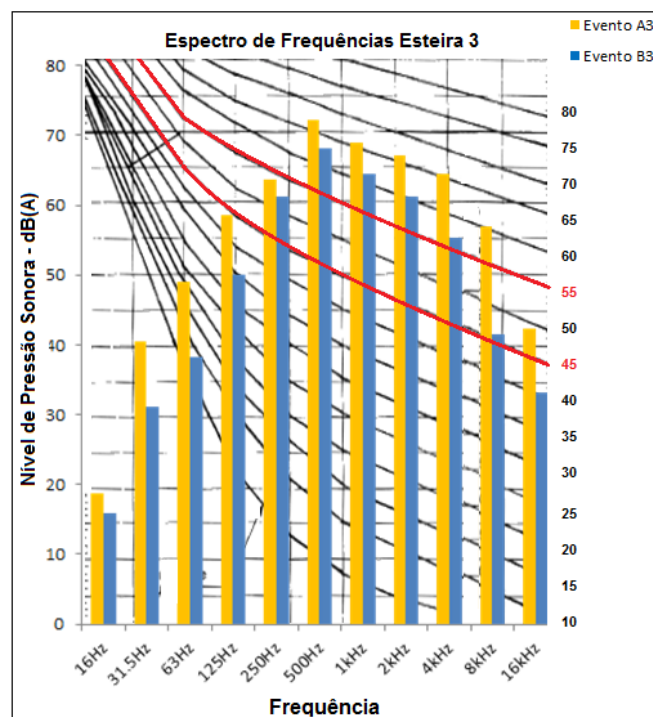


Figura 5.3 – Espectro de frequência da esteira 3.

Comparando o espectro com as curvas de avaliação de ruído NCB, foi constatado que para frequências abaixo de 125Hz o ambiente apresenta conforto acústico. Nas frequências de 250Hz e 16000Hz, os valores estão na faixa permitível pela NBR 12314. Nas frequências entre o intervalo de 500Hz a 8000Hz, o nível de pressão sonora medido está acima do permitido pelas curvas NCB. Essa informação concorda com a análise dos níveis de pressão sonora feito anteriormente, já que em ambos os casos os requisitos de conforto acústico não são respeitados.

5.1.2 Análise da Esteira 2

Os resultados apresentados para a esteira de número 2 serviram para confirmar o que foi constatado anteriormente, porém analisando outros pontos de coleta de dados. A medição no início da Esteira 2, *Evento A2*, e a medição mais afastadas desse ponto, *Evento B2*, demonstraram o mesmo comportamento em relação a intensidade de ruído e variação no decorrer de cada etapa, visto nas Figura 5.4 e na Figura 5.5.

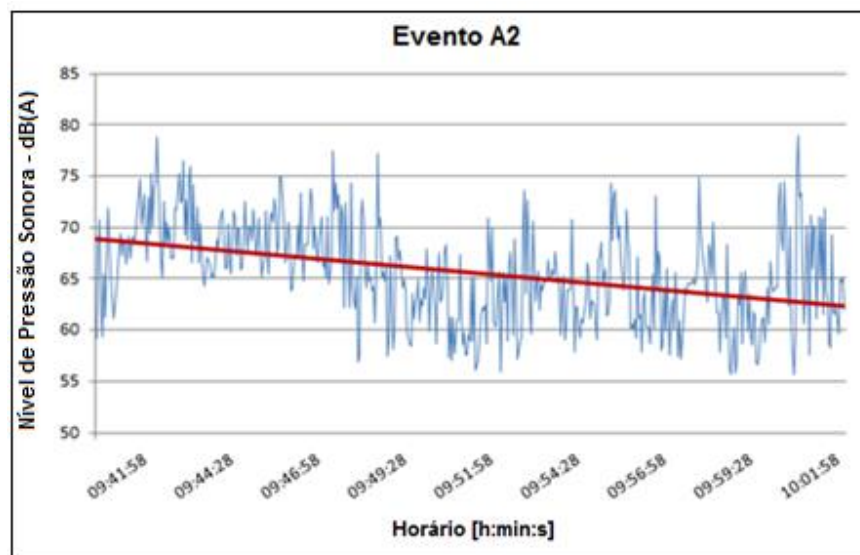


Figura 5.4 - Gráfico do Nível de Pressão Sonora Evento A2.

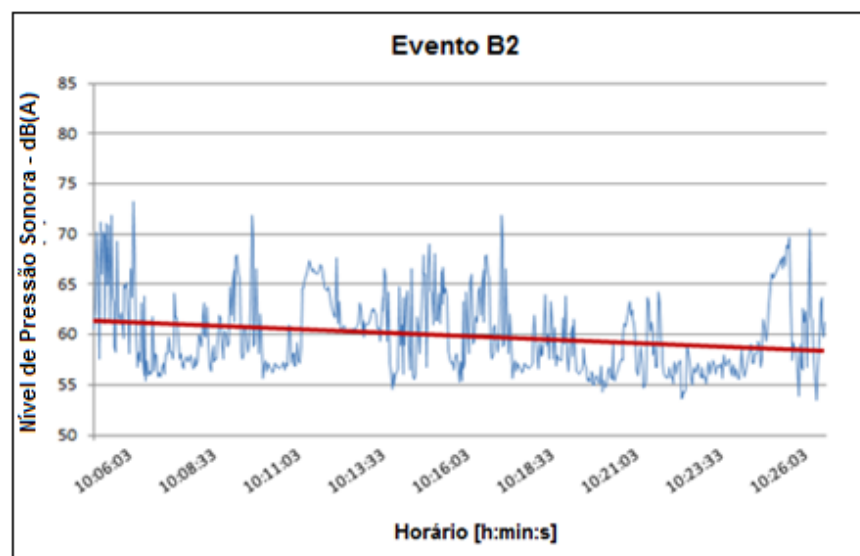


Figura 5.5 - Gráfico do Nível de Pressão Sonora Evento B2.

Analisando a Tabela 5.2 da porcentagem de ocorrências, nota-se uma ligeira melhora nos níveis no começo da esteira, e com valores praticamente iguais na parte intermediária. Dessa forma se constata que a sala de desembarque é afetada diretamente pela movimentação de aeronaves no aeroporto.

Tabela 5.2 – Tabela de ocorrência do nível de pressão sonora para a esteira 2.

Evento A2			Evento B2		
Intervalo	Ocorrências	Porcentagem	Intervalo	Ocorrências	Porcentagem
dB(A) < 56	0	0,0%	dB(A) < 56	122	10,2%
56 ≤ dB(A) ≤ 63	185	15,4%	56 ≤ dB(A) ≤ 63	846	70,5%
dB(A) > 63	1015	84,6%	dB(A) > 63	232	19,3%
Total	1200	100,0%	Total	1200	100%

Seguindo o mesmo padrão de avaliação, a Figura 5.6 mostra o espectro de frequências do tempo total de medição nos dois pontos avaliados da esteira 2. Assim, em amarelo, referente ao Evento A2, e em azul, referente ao Evento B2.

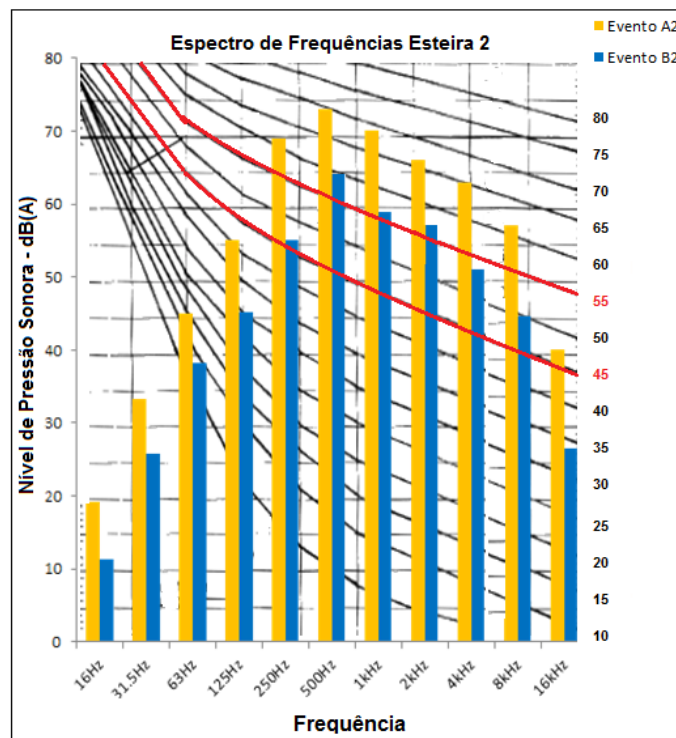


Figura 5.6 – Espectro de frequência da esteira 2.

Da mesma maneira, os valores encontrados vão de acordo com a análise feita para esteira de número 3, sendo notório que não é possível obter conforto acústico em todo tempo que um passageiro passa na sala de desembarque.

5.2 Resultados para Dose de Ruído do Fiscal de Pista

Para análise na pista do Aeroporto Salgado Filho, foi montada a Tabela 5.3 com o resultado da dose de ruído calculada diretamente pelo dosímetro e fez-se uma comparação

direta com os requisitos da NR-15 a fim de verificar se as medidas estão dentro dos limites da norma.

Tabela 5.3 – Exposição da dose de ruído para um fiscal de pista.

NR-15	
Critério	Resultado Fiscal de Pátio
Tempo da Avaliação	0h50min
D_{med}	8,2 %
D_{proj} para 8 horas	78,8 %

A dose de ruído não se aproxima do limite diário estabelecido em 100%, entretanto a norma estabelece que já devam ser aplicadas medidas de contenção já que os níveis são superiores a 50%.

A Figura 5.7 representa os níveis de pressão sonora incidentes no fiscal de pista que foram medidos pelo dosímetro. Fica demonstrado que apesar do fiscal de pista estar exposto a elevados níveis de pressão sonora, a sua atividade encontra-se dentro dos parâmetros estabelecidos pela NR-15.

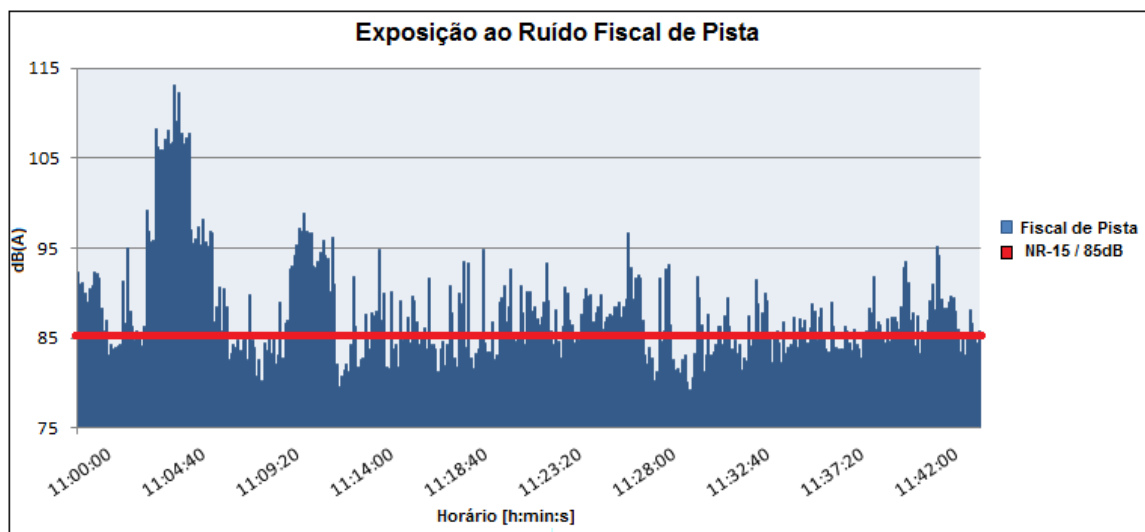


Figura 5.7 – Exposição do NPS no fiscal de pista.

A influência direta nos níveis sonoros da movimentação de aeronaves acontece aproximadamente no instante 11h04min, sendo esse o momento que o fiscal realiza o balizamento do avião após o pouso. A queda significativa dos valores após esse instante é resultado do corte dos motores, que são desligados em virtude de o avião estar posicionado de forma segura e no local correto para a saída dos passageiros.

6. CONCLUSÕES

Através da avaliação comparativa dos dados obtidos na sala de desembarque do Aeroporto Salgado Filho, foi constatado que quanto mais afastado do início da esteira de bagagens maior é o conforto acústico para um passageiro aguardar sua mala, já que em 80% do tempo de espera o ambiente apresenta conforto acústico ou níveis de aceitabilidade.

Níveis de pressão sonora entre 56 dB(A) a 63 dB(A) são diretamente afetados pela movimentação de aeronaves no pátio do aeroporto, o fluxo constante de carros de apoio também é responsável por apresentar valores fora dessa especificação.

Considerando que os passageiros permaneçam no máximo 20 minutos na sala de desembarque, os valores apresentados de nível de pressão sonora não causam prejuízo eminente à saúde. Porém, é recomendado permanecer o mais afastado do início da esteira de bagagens. Ainda assim, considerando as frequências que apresentaram valores fora da faixa de aceitabilidade das curvas NCB, podem ser desenvolvidas melhorias no isolamento acústico no início da esteira de bagagens, já que não é possível e viável atuar na fonte geradora dos ruídos.

Tendo em vista a dose de ruído a que fiscais de pista estão sujeito durante sua jornada de trabalho, foi possível verificar que os níveis apresentados estão de acordo com a norma vigente.

Apesar da dose diária não ter se aproximado do máximo permitido de 100%, ações de proteção devem ser feitas para preservar a saúde do trabalhador. O uso de protetores auditivos do tipo concha é essencial para a realização da atividade, pois tem por característica atenuação uniforme e fácil utilização. Cabe destacar que durante todo o procedimento de coleta de dados, todos os operadores de pista utilizavam o equipamento de proteção individual.

Para trabalhos futuros envolvendo análise do conforto acústico e medição da dose de ruído, sugere-se realizar uma análise comparativa com outros aeroportos e também verificar outros locais de movimentação de passageiros e operadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 12314:** Aeronáutica - Critérios de ruído para recintos internos nas edificações submetidas ao ruído aeronáutico. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 11415:** Ruído aeronáutico – TB-389 - Terminologia . Rio de Janeiro, 1990

CALIXTO, A. “**Vibração, som e luz**”. Apostila do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná – UFPR – Curitiba, 2002.

CARVALHO, R. P. (2010). “**Acústica Arquitetônica**”. 2ª Ed. Brasília: Thesaurus Editora.

Costa, V. H. C. (1994). “**O ruído e suas interferências na saúde do trabalhador**”. Revista da Sobrac.

Federal Aviation Administration (FAA). “**Aircraft Noise Issues**” Washington. 2016. Disponível em: https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/noise_emissions/airport_aircraft_noise_issues/ Acessado 27/06/2017

FERNANDES, J. C. “**Acústica e Ruídos**”. Apostila do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Bauru, Bauru, São Paulo, 2002.

Fernandes, E. & R. R. Pacheco. “**Transporte Aéreo no Brasil: Uma visão de mercado**”. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2016.

FIORINI, A. C.; NASCIMENTO, P. E. S. “**Programa de Prevenção de Perdas Auditivas. In: NUDELMANN, A. A. et al. Pair – Perda Auditiva Induzida pelo Ruído: volume II**”. Rio de Janeiro: Revinter

GERGES, S.N.Y. **“Ruído: fundamentos e controle”**. 2ª ed. Florianópolis: NR, 2000. 696p.

INFRAERO. **“Anuário Estatístico Operacional 2016”**. Brasília: 2017. Disponível em: <http://www.infraero.gov.br/index.php/br/estatisticas/estatisticas.html> . Acessado 16/05/2017.

_____. **“Programa Ruído”**. 2017. Disponível em: <http://www.infraero.gov.br/index.php/br/meio-ambiente/programa-ruído.html> . Acessado 27/06/2017

ISO 20906:2009 **“Acoustics - Unattended monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports”**. International Organization for Standardization, 2009.

JORNAL DO COMÉRCIO. **“Editais de aeroportos devem ser publicados até junho”**. 2016. Disponível em http://jcrs.uol.com.br/_conteudo/2016/02/economia/483859-editais-de-aeroportos-devem-ser-publicados-ate-junho.html Acessado 28/06/2017.

LEITE, J. C. B.; SOUTO, D. F. (1996). **“ Avaliação das perdas auditivas induzidas por exposição a níveis elevados de pressão sonora no ambiente de trabalho”** Anteprojeto de Instrução Normativa, Rio de Janeiro.

NHO-01. **“Normas de Higiene Ocupacional. Procedimento Técnico - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído”**. 2001.

NR-15. **“Norma Regulamentadora No.15. Atividades e operações insalubres”**. 2014. Disponível em <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm> . Acessado 16/05/2017.

Organização Mundial da Saúde (OMS). **“Deafness and hearing loss”**. Genebra: 2017. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en/> . Acessado 27/06/2017

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

PROTESTE ASSOCIAÇÃO DE CONSUMIDORES. **“Aeroportos brasileiros deixam muito a desejar”**. 2014. Disponível em: <https://www.proteste.org.br/seus-direitos/direito-do-consumidor/noticia/aeroportos-brasileiros-deixam-muito-a-desejar> . Acessado 27/06/2017.

SALIBA, T. M. **“Manual Prático de Avaliação e Controle de Ruído – PPRA”**. f. São Paulo. Editora LTr. 2000.

SAMANIEGO, W. **“Fiscal de Pátio – um dos elos de segurança nos aeroportos brasileiros”**. 2012. Disponível em: <http://www.aereo.jor.br/2012/11/26/fiscal-de-patio-um-dos-elos-de-seguranca-nos-aeroportos-brasileiros/>. Acessado 16/05/2017.

SILVA, L. A. D. **“Avaliação dos níveis de ruído ocupacional do setor de conversão de guardanapos em uma indústria de papel para uso doméstico e higiênico-sanitário”**. 2015. TCC-UTFPR Curitiba.

ANEXO A

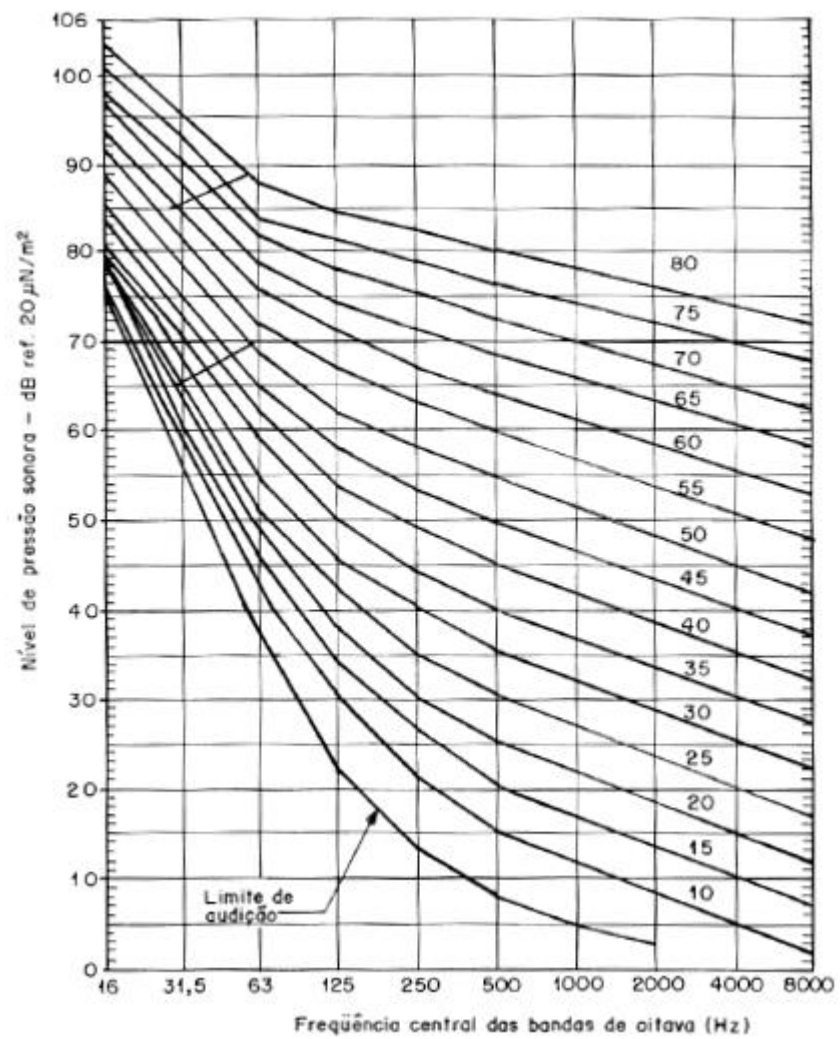


Figura A.1 – Curva de avaliação de ruído – NCB retirado da NBR 12314

APÊNDICE A

Chegadas				
Horário	Voo	Origem	Companhia Aérea	Modelo Avião
08:04	AD4031	Campinas (VCP)	Azul Linhas Aéreas	E190
08:16	AD5005	São Paulo (GRU)	Azul Linhas Aéreas	E190
08:27	JJ3299	São Paulo (GRU)	LATAM Brasil	A321
08:30	G32140	Rio de Janeiro (SDU)	GOL Transportes Aéreos	B738
08:35	G31202	São Paulo (CGH)	GOL Transportes Aéreos	B738
08:43	AD5083	Curitiba (CWB)	Azul Linhas Aéreas	E190
09:02	JJ3059	São Paulo (CGH)	LATAM Brasil	A320
09:10	AD4339	Florianópolis (FLN)	Azul Linhas Aéreas	E190
09:13	JJ3078	Curitiba (CWB)	LATAM Brasil	A320
09:30	G31232	São Paulo (GRU)	GOL Transportes Aéreos	B738
09:35	G32110	Rio de Janeiro (GIG)	GOL Transportes Aéreos	B738
09:40	AD4063	Campinas (VCP)	Azul Linhas Aéreas	E190
09:53	JJ3057	Brasília (BSB)	TAM Linhas Aéreas	A320
09:54	O66126	São Paulo (GRU)	Avianca	A320
10:02	JJ3865	São Paulo (CGH)	LATAM Brasil	A319
10:17	JJ3394	São Paulo (GRU)	TAM Linhas Aéreas	A320
10:20	G31204	São Paulo (CGH)	GOL Transportes Aéreos	B738
10:28	AD2618	São Paulo (CGH)	Azul Linhas Aéreas	E190
10:31	AD2482	Curitiba (CWB)	Azul Linhas Aéreas	E190
10:34	AD4494	Navegantes (NVT)	Azul Linhas Aéreas	E190
10:41	AD5179	Foz do Iguaçu (IGU)	Azul Linhas Aéreas	AT76
10:45	AD4429	Rio de Janeiro (SDU)	Azul Linhas Aéreas	E190
10:47	AD4058	Campinas (VCP)	Azul Linhas Aéreas	E190
10:48	AD2881	São Paulo (GRU)	Azul Linhas Aéreas	E190
11:00	AD9084	Passo Fundo (PFB)	Azul Linhas Aéreas	AT76
11:04	JJ3411	Rio de Janeiro (GIG)	LATAM Brasil	A320
11:25	JJ3053	São Paulo (CGH)	LATAM Brasil	A320
11:34	G31234	São Paulo (GRU)	GOL Transportes Aéreos	B738
11:40	G32112	Rio de Janeiro (GIG)	GOL Transportes Aéreos	B738
11:57	O66279	Rio de Janeiro (GIG)	Avianca	A320
12:10	G31923	Brasília (BSB)	GOL Transportes Aéreos	B738
12:25	AR1230	Buenos Aires (AEP)	Aerolineas Argentinas	B738

Figura A.2 – Painel de chegada de voos no Aeroporto Salgado Filho no tempo transcorrido das medições.

Partidas				
Horário	Voo	Destino	Companhia Aérea	Modelo Avião
08:17	AD2763	São Paulo (CGH)	Azul Linhas Aéreas	E190
08:22	G31209	São Paulo (CGH)	GOL Transportes Aéreos	B737
08:46	AD4403	Campinas (VCP)	Azul Linhas Aéreas	E190
08:48	AD9082	Passo Fundo (PFB)	Azul Linhas Aéreas	AT76
08:50	AD5006	São Paulo (GRU)	Azul Linhas Aéreas	E190
09:05	G32113	Rio de Janeiro (GIG)	GOL Transportes Aéreos	B738
09:11	G31211	São Paulo (CGH)	GOL Transportes Aéreos	B738
09:15	AD6427	Curitiba (CWB)	Azul Linhas Aéreas	E190
09:17	JJ3297	São Paulo (GRU)	LATAM Brasil	A321
09:38	JJ3166	São Paulo (CGH)	LATAM Brasil	A320
09:40	AD2782	Cuiabá (CGB)	Azul Linhas Aéreas	E190
09:48	JJ3153	Rio de Janeiro (GIG)	LATAM Brasil	A320
10:02	G31213	São Paulo (CGH)	GOL Transportes Aéreos	B738
10:10	G31233	São Paulo (GRU)	GOL Transportes Aéreos	B738
10:16	AD4231	Navegantes (NVT)	Azul Linhas Aéreas	E190
10:25	O66127	São Paulo (GRU)	Avianca	A320
10:28	JJ3070	Brasília (BSB)	TAM Linhas Aéreas	A320
10:43	JJ3502	São Paulo (GRU)	LATAM Brasil	A319
11:00	AD4156	Curitiba (CWB)	Azul Linhas Aéreas	E190
11:05	AD5187	São Paulo (GRU)	Azul Linhas Aéreas	E190
11:10	JJ3836	São Paulo (CGH)	TAM Linhas Aéreas	A320
11:15	AD9015	Passo Fundo (PFB)	Azul Linhas Aéreas	AT76
11:32	AD2765	São Paulo (CGH)	Azul Linhas Aéreas	E190
11:40	AD4059	Campinas (VCP)	Azul Linhas Aéreas	E190
11:47	AD8740	Montevideo (MVD)	Azul Linhas Aéreas	E190
11:50	AD2828	Pelotas (PET)	Azul Linhas Aéreas	AT76
11:55	AD9086	Foz do Iguaçu (IGU)	Azul Linhas Aéreas	AT76
12:00	JJ3082	São Paulo (CGH)	LATAM Brasil	A320
12:03	AD4401	Uruguaiana (URG)	Azul Linhas Aéreas	AT76
12:08	G32115	Rio de Janeiro (GIG)	GOL Transportes Aéreos	B738
12:10	G31215	São Paulo (CGH)	GOL Transportes Aéreos	B738
12:12	AD4267	Florianópolis (FLN)	Azul Linhas Aéreas	E190

Figura A.3 – Painel de partidas de voos no Aeroporto Salgado Filho no tempo transcorrido das medições.