

ASPECTOS E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO RUÍDO AERONÁUTICO**Gabriel Machado Gueiros¹****Jairo Afonso Henkes²****RESUMO**

O objetivo do trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre os estudos atuais relacionados ao ruído aeronáutico. Nesse sentido, buscou-se investigar e descrever diversos aspectos, sendo eles; Fatores de emissão do ruído, impactos socioambientais, fatores da medição do ruído, legislações e portarias, bem como medidas para reduzir o ruído. No trabalho foram mapeados diversos aspectos relacionados ao ruído aeronáutico, sob uma visão generalista, utilizando como base os trabalhos acadêmicos mais relevantes sobre o tema, o que foi fundamental para a conclusão deste. A conclusão da pesquisa aponta que o melhor caminho para redução do ruído aeronáutico, decorrente das atividades aeroportuárias, é a união de esforços entre a indústria que fabrica motores aeronáuticos, a atuação dos gestores aeroportuários com a aplicação das diretrizes fornecidas pelas normas e portarias, bem como pela gestão das operações de decolagem, e as comunidades envolvidas nas proximidades dos aeroportos.

Palavras-chave: Ruído Aeronáutico. Plano de Zoneamento Urbano. Medição.

¹ Bacharel em Ciências Aeronáuticas (Unisul). E-mail: gabrieljoselito@hotmail.com

² Doutorando em Geografia (UMinho, 2019). Mestre em Agroecossistemas (UFSC, 2006). Especialista em Administração Rural (UNOESC, 1997). Engenheiro Agrônomo (UDESC, 1986). Professor e Pesquisador nas Áreas de Gestão Ambiental, Ciências Aeronáuticas, Agronomia, Administração e Engenharia Ambiental. <https://orcid.org/0000-0002-3762-471X> E-mail: jairohenkes333@gmail.com

SOCIAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS AND IMPACTS OF AERONAUTICAL NOISE

ABSTRACT

The objective of the work was to carry out a bibliographic review on the current studies related to aeronautical noise. In this sense, we sought to investigate and describe several aspects, being them; Noise emission factors, socio-environmental impacts, noise measurement factors, laws and ordinances, as well as measures to reduce noise. In the work, several aspects related to aeronautical noise were mapped, under a generalist view, using as a basis the most relevant academic works on the theme, which was fundamental for its conclusion. The conclusion of the research points out that the best way to reduce aeronautical noise, resulting from airport activities, is the union of efforts between the industry that manufactures aeronautical engines, the performance of airport managers with the application of guidelines provided by standards and ordinances, as well as for the management of takeoff operations, and the communities involved in the vicinity of airports.

Keywords: Aeronautical Noise. Urban Zoning Plan. Measurement.

RBAC & CIA
Revista Brasileira de Aviação Civil
& Ciências Aeronáuticas

ISSN 2763-7697

1 INTRODUÇÃO

O ruído aeronáutico é um assunto presente dentro do universo atual da aeronáutica, tendo em vista que ele produz impactos nos campos sociais e ambientais, principalmente no que tange ao impacto que causa nos tripulantes, bem como à poluição sonora gerada nas decolagens e pousos. As ondas sonoras, por serem ondas mecânicas, também são capazes de abalar estruturas, produzir trepidações e abalos no solo e em qualquer estrutura material.

Segundo Berglund et al (1999 apud Rosolem; Henkes, 2017), o ruído aeronáutico é o principal fator de impacto ambiental oriundo da atividade aeroportuária, principalmente nos arredores dos aeroportos, os problemas estão ligados diretamente às operações provenientes de aeronaves, bem como das

operações e construções de aeroportos. Fernandes (2002, apud Rosolem; Henkes, 2017), informam que os estudos científicos relacionados ao ruído aeronáutico indicam que um ser humano consegue estar em um estado relaxado no sono com um ruído abaixo dos 39db, o que é complementado pela definição da Organização Mundial da Saúde, que define ruído médio para uma pessoa viver bem não deve ultrapassar os 55 dB.

O ruído aeronáutico individual, de uma aeronave, vem sofrendo um decréscimo nos últimos anos devido à modernização dos motores, muito embora, segundo Rocha e Slama (2008), o ruído aeronáutico total vem sofrendo um acréscimo devido ao aumento no número de operações aeroportuárias.

Este estudo se justifica pela escassez de conteúdo sobre esse assunto, bem como pelos impactos socioambientais citados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do estudo foi o de descrever os aspectos e impactos socioambientais do ruído aeronáutico, no que tange a origem, geração e efeitos sobre residentes das proximidades dos aeroportos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do estudo foram de:

- Descrever os aspectos da produção do ruído aeronáutico e instrumentos de medição do ruído aeronáutico.
- Descrever os impactos socioambientais gerados e as medidas preventivas e reativas para reduzir os impactos.
- Propor intervenções para minimizar ou reduzir os impactos do ruído aeronáutico.

3 REVISÃO TEÓRICA

Em conformidade com a ANAC (Ruído Aeronáutico), o ruído aeronáutico é um conjunto de ondas sonoras que são emitidos pelas operações de pouso e decolagem de uma aeronave, são emitidos pelo deslocamento de ar provenientes do contato da carcaça com o ar e pelo som emitido pelos motores, resultante de atritos mecânicos. Representa um enorme desafio para indústria, haja vista que há uma previsão para que haja um aumento vertiginoso nos próximos anos. Os problemas que envolvem os ruídos aeronáuticos são geridos por diversos órgãos, sendo eles; Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), operadores de voos, agências municipais e órgãos ambientais.

Segundo Eller (2000), ruído é um conjunto de ondas sonoras que geram um incômodo que podem afetar o bem-estar físico e psicológico, bem como, causar danos fisiológicos irreversíveis, a depender da sua intensidade. De acordo com Revoredo (2011), a emissão do ruído nos sítios aeroportuários, podem ser divididos em 5 fases:

& Ciências Aeronáuticas

1. O Aeroporto é a fonte de ruído. Exemplos de parâmetros associados ao aeroporto: número de voos ao longo do dia e da noite, composição da frota de aeronaves e procedimentos operacionais. O aeroporto cria uma distribuição sonora na atmosfera.
2. As condições atmosféricas, tais como temperatura e pressão, influenciam no desempenho das aeronaves e, portanto, também modificam, de maneira indireta, a energia sonora incidente no solo.
3. Condições arquitetônicas, tais como qualidade acústica das fachadas das construções, devem ser determinadas de maneira a calcular a exposição sonora coletiva a qual a população vizinha ao aeroporto está exposta. Por exemplo, as janelas abertas aumentam nível de ruído no interior das edificações e isso é um fator significativo em países com clima tropical.
4. Características populacionais tais como a densidade e os tipos de atividades geram níveis de ruído de fundo, e são parâmetros que modificam a sensibilidade com relação a introdução de uma nova fonte de ruído.
5. Custos associados ao isolamento acústico e à saúde da população local podem ter que ser cobertos pelo aeroporto e pelas companhias aéreas. (REVOREDO 2011, p.4)

Nesse sentido Revoredo (2011), informa que um dos principais fatores de ruído aeronáutico é a aeronave, deste modo, a redução de ruído produzido pela mesma, tem sido uma importante variável considerada e estudada nos últimos anos, o que ocasionou uma redução média de aproximadamente 20db.

Todavia Tuan (1980) apud Barbosa (2011) ressaltam as diferenças na percepção dos indivíduos nativos e os indivíduos visitantes. Os indivíduos nativos possuem uma percepção complexa, oriunda da percepção do meio, haja vista que ele está inserido nesse ambiente, em contrapartida, o indivíduo visitante leva em consideração características estéticas do local, a percepção do meio ambiente dos visitantes é mais aguçada.

4 METODOLOGIA

O estudo teve como característica, do ponto de vista de sua natureza, se constituir em uma pesquisa aplicada, haja vista que estudou características específicas do ruído aeronáutico. Do ponto de vista de seus objetivos, o estudo tem caráter exploratório, tendo em vista que o que se objetiva aqui é analisar os fatos, utilizando como instrumento de análise, dados secundários sobre o ruído aeronáutico, com os dados publicados em estudos científicos sobre o tema. No que tange aos procedimentos técnicos, o estudo utiliza a revisão bibliográfica, pois todo o estudo foi realizado com base em publicações de artigos, normativas e regulamentos.

Sobre a abordagem da pesquisa, ela é majoritariamente de natureza qualitativa, uma vez que todo o estudo foi realizado com base em teorias idealizadas por pesquisadores da área, além de normas e regulamentos existentes. Sobre o cronograma das atividades, o desenvolvimento do estudo utilizou dados secundários coletados em pesquisas de estudiosos do assunto.

5 DESENVOLVIMENTO

5.1 PRODUÇÃO DO RUÍDO AERONÁUTICO

A produção do ruído aeronáutico se caracteriza fundamentalmente pelo tráfego aeronáutico em regiões aeroportuárias. As ondas sonoras que são os objetos do ruído aeronáutico são produzidas principalmente pela movimentação das engrenagens dos motores dos aviões, o atrito entre peças mecânicas e o ar atmosférico, são os principais fatores de produção do ruído aeronáutico. Simões (2003) apud Cunha (2019), definem que fundamentalmente os sons emitidos pelas turbinas são a principal fonte de ruído, que ocorrem de forma mais agressiva, no momento da decolagem, outro fator de ruído é a aerodinâmica, o atrito entre o avião e o ar, esse bem menos agressivo e menos nocivo à saúde. Como proposta de intervenção neste caso, é necessário que haja por parte da indústria aeronáutica representado pelas montadoras de aeronaves investimentos em novas tecnologias para a fabricação de motores mais eficientes e menos ruidosos, com o objetivo de reduzir cada vez mais o ruído gerado a partir das turbinas e motores.

5.2 MEDIÇÃO DO RUÍDO AERONÁUTICO

A medição do ruído aeronáutico revela-se extremamente importante para qualquer análise referente ao impacto destes mesmos. Wallis (2002) (apud Nunes 2005), afirmam que o primeiro instrumento de monitoramento surgiu no início dos anos 90, o que permitiu uma melhor qualidade nos dados.

5.2.1 DNL – Day Night Average Sound Level

Segundo Faria (1995) (apud Nunes 2005), definem que a análise instrumental do ruído aeronáutico pode ser compreendida por dois tipos de

medições. A primeira é pelo uso de um filtro de ponderação de frequência, o que torna possível gravar uma série temporal de medidas da intensidade sonora ponderada. O outro método é denominado ETF, sigla que significa Energia-Tempo-Frequência, esse método necessita do uso de um instrumento denominado analisador de espectro em tempo real, que armazena intervalos de um terço de uma oitava em curtos intervalos de tempo, o que permite obter um multi-espectro que possui informações da evolução espectral no tempo, dado um evento sonoro.

Segundo Revoredo (2011), a métrica mais utilizada nas últimas décadas em termos de avaliação de ruído aeronáutico chama-se nível sonoro equivalente de dia e noite, cuja sigla é DNL (Day Night Average Sound Level), ou L^{DN} , a premissa dessa avaliação é controlar o número de reclamações da população residente nos entornos dos aeroportos. Essa métrica é considerada por muitas pessoas como o melhor método para a medição de ruído, haja vista que ela estabelece uma relação bastante precisa entre o ruído emitido e a reação das pessoas do entorno.

O DNL é composto pela magnitude do ruído aeroportuário ocorrido em um período de 24 horas, o número dos eventos sonoros e a sensibilidade aos ruídos nos períodos padrões de descanso. A equação do DNL é dada pela Figura 1, a seguir.

Figura 1- Equação do DNL

$$DNL = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{3600 \times 24} \times \left[\int_{7am}^{10pm} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt + \int_{10pm}^{7am} 10^{\frac{L_A(t)+10}{10}} dt \right] \right)$$

Fonte: Revoredo (2011).

“No Brasil, não existe restrição definida na Portaria nº 1141 DG5 com relação à instalação de residências em áreas onde $DNL \leq 65dB(A)$, ou seja, a portaria não se pronuncia com relação a esta questão” (REVOREDO, 2011, p. 11).

5.2.2 Índice Ponderado de Ruído (IPR)

Segundo Carvalho Junior et al (2013), o IPR (Índice Ponderado de Ruído), é uma forma de medida de incômodo sonoro, adotada na portaria nº 1.141/GM5 de 1987, cuja equação é representada pela Figura 2, a seguir.

Figura 2- Equação do IPR

$$IPR = 10 \times \log \left[\frac{1}{24} \left(15 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 9 \times 10^{\frac{(L_n+10)}{10}} \right) \right]$$

Fonte: Carvalho Junior et al (2013).

Nesta expressão, o número 24 corresponde às horas medidas, 15 ao período diurno e 9 ao noturno, visto que o período noturno deve começar a partir das 22h e não deve finalizar antes das 7h do dia seguinte. Como se verifica a seguir, o IPR torna-se equivalente Ldn ou DNL (DayNightLevel) (CARVALHO JUNIOR, et al, 2013).

ISSN 2763-7697

5.2.3 PNL (Nível de ruído percebido)

De acordo a NBR 11.415 (ABNT, 1990), o PNL é oriundo do cálculo dos contornos do mesmo índice de ruidosidade percebida, de frequências de banda larga e tipos de ruído oriundos de aeronaves, nas operações de decolagem. No cálculo, consideram-se um campo sonoro difuso e a não existência de irregularidades evidenciadas no espectro (CARVALHO JUNIOR, 2015).

A expressão do PNL é dada pela equação demonstrada na Figura 3:

Figura 3 - EQUAÇÃO DO IPR

$$PNL = (10 \times \log_{10} N / \log_{10} 2) + 40 \text{ dB}$$

Fonte: Carvalho Junior (2015).

Carvalho Junior (2015) explica a equação:

Onde, N expressa a ruídosidade percebida total, em noys. Cabe destacar, que a ruídosidade percebida é uma grandeza psicoacústica desenvolvida para mensurar objetivamente o incômodo do ruído e possui como unidade o noy. A ruídosidade percebida de um tom puro (som em uma única frequência) em 1 kHz, com nível de pressão sonora de 40 dB, equivale a 1 noy. Ruídos de 2, 4, 10 ou 20 noys são considerados com tendo ruídosidade percebida 2, 4, 10 ou 20 vezes maior que 1 noy. Portanto, o noy expressa a sensação subjetiva de incômodo do ruído em uma escala linear (Bistafa, 2006, p. 68). Sendo assim, o noy é a unidade percebida de um ruído cujo PNL é de 40 PNdB. Ressaltase que o campo sonoro difuso é o campo acústico no qual a energia por unidade de volume tem o mesmo valor em todos os pontos e onde a intensidade acústica é a mesma em todas as direções (ABNT, 1990) (CARVALHO JUNIOR, 2015, p. 14).

5.2.4 SEL – Nível de exposição sonora (Sound Exposure Level)

De acordo com Carvalho Junior (2015), o SEL indica o somatório dos níveis de pressão sonora em um intervalo de tempo, isso implica que o SEL é um valor de energia, de duração de um segundo, equivalente ao ruído medido. A equação é descrita na Figura 4.

Figura 4 – Equação do SEL

$$SEL = 10 \times \log \left[\frac{1}{T_{ref}} \int_0^t 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right] = 10 \times \log \left[\int_0^t 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right]$$

Fonte: Carvalho Junior (2015)

Sendo que, Tref é equivalente a 1 segundo e LA(t) representa o nível de ruído na escala A, no instante de tempo t. É fundamental indicar a relação entre o SEL e o Lmax (nível sonoro de pico) em dB(A), que indica o maior nível de pressão sonora em um determinado limite de tempo. O Lmax, na prática, é menos difícil de se medir que o SEL, é utilizado de forma mais recorrente em estudos de efeitos da

exposição de pessoas ao ruído oriundos de fontes de transporte (CARVALHO JUNIOR, 2015).

5.2.5 Leq (Nível de pressão sonora equivalente)

O Leq representa o nível de pressão sonora equivalente. Segundo Carvalho Junior (2015) é o som produzido em intervalo de tempo pré-estabelecido em dB, e calculado pela equação expressa na Figura 4.

Figura 5- Equação do Leq

$$L_{eq} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p(t)^2}{p_0^2} dt \right)$$

Fonte: Carvalho Junior, (2015).

Segundo Carvalho Junior (2015), as variáveis da equação são explicadas por:

Onde T é a duração do período de referência (tempo total de medida); p(t) é a pressão sonora instantânea; p0 é pressão sonora de referência (2,0×10⁻⁵ N/m²). A Equação [...] mostra que o nível equivalente é representado por um valor constante que durante o mesmo tempo T, resultaria na mesma energia acústica produzida pelos valores instantâneos variáveis de pressão sonora (CARVALHO JUNIOR, 2015, p.17).

Os efeitos do ruído aeronáutico são verdadeiros impactos socioambientais e necessitam de uma melhor atenção das companhias, poder público e das operadoras de aeródromos.

5.3 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

O ruído aeronáutico provoca impactos socioambientais, sendo o principal deles o impacto físico e mental nas pessoas que trafegam ou residem no entorno

dos aeroportos, por um grande período. De acordo com os pesquisadores (Babisch, et al., 2004; Jarup, L. et al., 2005; Haralabidis et al., 2008; Jakovljevic, B., et al., 2009; Sobotova, L. et al., 2010) apud Carvalho Junior (2012), o ruído aeronáutico possui influências diretas no distúrbio do sono, distúrbios cardiovasculares, hipertensão, efeitos na cognição infantil, na motivação, na resolução de problemas, entre outros.

Os ruídos ocorridos nos períodos da noite, são capazes de elevar a pressão do sangue, aquelas que estão dormindo sofrem também. Habitantes europeus residentes no entorno de aeroportos foram submetidos a um estudo que aferiu a pressão sanguínea de 140 voluntários que foram afetados por intensidades sonoras superiores a 35 dB. A cada 15 minutos os dados foram coletados, mesmo quando os voluntários estavam a dormir. Foram capazes de identificar que a pressão sanguínea sistólica aumentou 6,2 milímetros de mercúrio, enquanto a pressão sanguínea diastólica aumentou em média 7,4 milímetros de mercúrio (HARALABIDES et al, 2008, apud CARVALHO JUNIOR 2011).

Pimentel-Souza (1992) apud Carvalho Junior (2008), destacam que o ruído é um dos fatores que mais perturbam o ritmo do sono, os distúrbios na qualidade do sono produzem graves efeitos para a saúde mental. Os efeitos mais perceptíveis são a falta de concentração, a produtividade baixa, a maior dificuldade em pessoas reterem novos conhecimentos. No entanto Vallet (1992) apud Carvalho Junior (2008), demonstraram as que pessoas residentes em um raio de dois quilômetros dos aeroportos, em períodos de anos, tem uma diminuição média de 35% na fração mais nobre do sono, em situações em que o ruído médio se eleva de 43 a 55 decibéis.

Os impactos referentes ao ruído aeronáutico ainda podem extrapolar aos efeitos fisiológicos causados nos indivíduos. Farubel (2005) apud Carvalho Júnior (2008), debatem pesquisa realizada por uma agência francesa em 1999 que indicou que as propriedades próximas ao aeroporto de Orly, sofria uma depreciação crescente, e havia uma correlação com o ruído aeronáutico, sendo constatado que a depreciação chegou uma variação percentual de 20 a 25 por cento.

5.3 MEDIDAS DE CONTROLE DO RUÍDO AERONÁUTICO

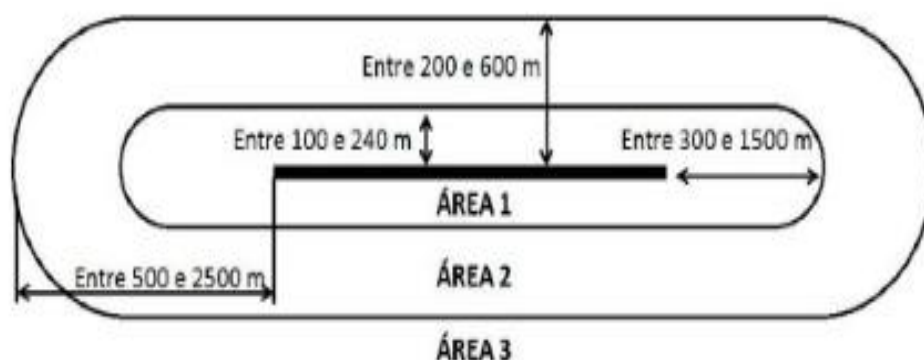
5.3.1 Legislação, Normas e Portarias.

5.3.1.1 Portaria nº 1.141/-GM5

A Portaria nº 1.141/-GM5 define o Plano de Zoneamento de Ruído (PZR), cujo principal objetivo é o controle do uso e ocupação do solo nos entornos dos aeroportos.

Segundo Carvalho Junior et al (2013), o Plano de Zoneamento de Ruídos delimita áreas onde há determinados níveis de incômodo sonoro, em raios próximos aos aeroportos. A métrica usada para a avaliação do incômodo sonoro é o Índice Ponderado de Ruído (IPR), com áreas delimitadas por linhas imaginárias, como demonstrado na Figura 6, a seguir.

Figura 6 - Áreas de Impacto - (PZR)



Fonte: Portaria nº 1.141 GM5, ANAC, dezembro de 1987.

- Área 1 - O IPR é de 75 dB(A) - o nível de incômodo sonoro é potencialmente nocivo à saúde, podendo causar problemas fisiológicos.
- Área 2 - O IPR encontra-se na faixa entre 65 dB(A) e 75 dB(A) - o nível de incômodo sonoro é moderado.

- Área 3 o IPR é inferior a 65 dB(A) - o nível de incômodo sonoro não é significativo (CARVALHO JUNIOR et al, 2013).

5.3.1.2 NBR 10.856/89

De acordo com Carvalho Junior,

A NBR 10.856/89 (ABNT) determina o nível efetivo de ruído percebido "Effective Perceived Noise Level" (EPNL), nas medições de ruído de sobrevoos de aeronaves. O EPNL analisa as três propriedades básicas do ruído: nível de pressão sonora, distribuição de frequência e variação no tempo (CARVALHO JUNIOR, 2015, p. 23).

5.3.1.3 NBR 13.368/95

Segundo Carvalho Junior (2013), a norma NBR 13.368/95 informa o método para o monitoramento de ruídos oriundos de aeronaves cujo parâmetro de impacto sonoro é representado por (Lra), e o ruído de fundo por (Lrf). A diferença [(Lra) – (Lrf)], em decibéis, menor que 3 é desprezível, quando maior que 3 é considerada significativa. O valor encontrado para o (Leq), nível de pressão sonora equivalente, devem ser comparados com a tabela 1, com o objetivo de avaliar o incômodo oriundo das atividades aeroportuárias.

Tabela 1 – Incômodo gerado pelas operações aeroportuárias - NBR 13.368 (1995)

Reclamações esperadas	Diurno	Noturno
Sem reação ou queixa esporádicas	$L_{eq} < 65$	$L_{eq} < 55$
Queixas generalizadas - Possíveis ações da comunidade	$75 > L_{eq} > 65$	$65 > L_{eq} > 55$
Ações comunitárias vigorosas	$L_{eq} > 75$	$L_{eq} > 65$

Fonte: Carvalho Junior (2015).

5.3.1.4 Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) n°. 161 de 2013

Conforme Carvalho Junior (2015) informa que que a legislação mais atual para zoneamento de ruídos provenientes de aeroportos é tratada no RBAC 161 de 2013, utiliza o indicador de ruído DNL, bem como estabelece um Plano de Zoneamento de Ruídos de Aeroportos (PZR), que contém até cinco curvas de ruído, bem como estabelece diretrizes para o uso do solo nas regiões delimitadas por essa curva.

Essa resolução ainda define que o operador de aeródromo deve utilizar o critério apresentado a seguir para definir a obrigatoriedade de aplicação de um PEZR (Plano Específico de Zoneamento de Ruído):

- para aeródromos com média anual de movimento de aeronaves dos últimos 3 (três) anos superior a 7.000 (sete mil), deve ser aplicado um PEZR;
- para os demais aeródromos, é facultado ao operador de aeródromo escolher o tipo de plano a ser elaborado, Plano Básico de Zoneamento de Ruído – PBZR ou PEZR (CARVALHO JUNIOR, 2015, p. 26).

A RBAC nº. 161 de 2013 define o Plano de Zoneamento de Ruído, a definir as curvas de ruído conforme:

(a) O PZR é composto pelas Curvas de Ruído e pelas compatibilizações e incompatibilizações ao uso do solo estabelecidas para as áreas delimitadas por essas curvas.

(b) Curvas de ruído são linhas traçadas em um mapa, cada uma representando níveis iguais de exposição ao ruído.

(1) Curva de Ruído de 85 é a linha traçada a partir da interpolação dos pontos que apresentam nível de ruído médio dia-noite de 85 dB.

(2) Curva de Ruído de 80 é a linha traçada a partir da interpolação dos pontos que apresentam nível de ruído médio dia-noite de 80 dB.

(3) Curva de Ruído de 75 é a linha traçada a partir da interpolação dos pontos que apresentam nível de ruído médio dia-noite de 75 dB.

(4) Curva de Ruído de 70 é a linha traçada a partir da interpolação dos pontos que apresentam nível de ruído médio dia-noite de 70 dB.

(5) Curva de Ruído de 65 é a linha traçada a partir da interpolação dos pontos que apresentam nível de ruído médio dia-noite de 65 dB.

(c) elaborado o PZR conforme a metodologia prevista neste regulamento, inserindo as recomendações ao uso do solo dispostas na Subparte E, caberá ao operador de aeródromo registrá-lo na ANAC.

(d) O operador de aeródromo, após a efetivação do registro do PZR na ANAC, deve divulgá-lo ao(s) município(s) abrangido(s) pelo Plano e demais órgãos interessados, no prazo de 30 (trinta) dias a contar de seu registro.

(e) O operador de aeródromo deve garantir cumprimento do estabelecido no PZR por parte de todos os agentes envolvidos em suas operações no interior do sítio aeroportuário.

(f) O operador de aeródromo deve manter o PZR atualizado sempre que ocorrerem alterações de natureza física ou operacional que interfiram nos requisitos definidos neste RBAC (ANAC. *RBAC nº 161 2013, p. 18).

5.3.1.5 Legislação Ambiental - Resolução CONAMA nº 01/1990 e NBR 10.151/2000

De acordo com Carvalho Junior (2015):

A Resolução Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 01, dispõe sobre a emissão de ruídos, em decorrência de qualquer atividade industrial, comercial, social ou recreativa, inclusive as de propaganda política (BRASIL, 1990). Para a resolução ter efeito de aplicabilidade, as medições deverão ser efetuadas conforme a NBR 10.151 (ABNT) que fixa os níveis de ruído superiores que são prejudiciais à saúde e estabelece condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em áreas habitadas, visando o conforto das comunidades e especifica um método para a medição de ruído (CARVALHO JUNIOR, 2015, p. 27).

Considerando a afirmativa de Carvalho Junior (2015), a métrica utilizada é o (Leq), ponderado em dB(A), contendo cinco áreas urbanas e uma rural, conforme demonstrado na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Nível de critério de avaliação para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: Carvalho Junior (2015).

5.3.2 Outros Métodos

De acordo com Revoredo (2011), o controle do ruído aeroportuário, é um assunto multidisciplinar. A organização Internacional de Aviação Civil (ICAO/OACI), em outubro de 2001, em uma assembleia, definiu diretrizes para tratar essa questão, denominada ‘Abordagem Equilibrada”, quando mostraram quatro frentes de trabalho, sendo elas; Redução de ruído na fonte, medidas de ordenamento e gestão do solo, restrições de operação e procedimentos operacionais com foco em redução de ruído.

A redução de ruído na fonte se refere ao ruído emitido pelas aeronaves nas diferentes etapas do voo, é de responsabilidade dos fabricantes de aeronaves e motores. O ordenamento e a gestão adequada do solo e as restrições operacionais são atributos responsáveis aos aeroportos, a população e aos órgãos reguladores. Os procedimentos operacionais para redução do ruído aeronáutico são responsabilidades conjuntas entre os fabricantes, a comunidade e o aeroporto. A redução do ruído, através da abordagem equilibrada, dependem de um esforço conjunto entre os fabricantes de motores e aeronaves, dos aeroportos e comunidades.

5.3.3 Barreira Acústica Articulada

Segundo Barbosa (2015), há uma série de dispositivos que ajudam a dissipar as ondas sonoras com o intuito de reduzir a propagação destas mesmas. Os principais dispositivos são os defletores de energia que além de promoverem a dissipação do calor, também dissipam as ondas sonoras.

Em relação aos ruídos Barbosa (2015) sugere, através de medições realizadas no aeroporto de Congonhas, que as implantações das barreiras articuladas, por si só são capazes de reduzir a propagação do ruído aeronáutico, quando posicionadas em locais estratégicos. A barreira acústica articulada possui o mesmo princípio, conforme representado na Figura 7.



Figura 7 - Barreira Acústica Articulada



Fonte: (Barbosa, 2015, p. 278).

Com os aspectos favoráveis e desfavoráveis da implantação, demonstrados no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 - Aspectos Favoráveis e Desfavoráveis às Barreiras Acústicas no Aeroporto de Congonhas (SP)

	Aspecto Favorável	Aspecto Desfavorável
Localização da Barreira	Fundamental para o êxito da proposta. A articulação promove boa visibilidade e não configura obstáculo no pouso e na decolagem.	Operações podem ser canceladas, caso o mecanismo da barreira não funcione para a retração horizontal.
Dimensões (Vertical)	A altura definida para a barreira atendeu as expectativas de atenuação do ruído.	Para maior atenuação do ruído, maior seria a altura.
Dimensões (Horizontal)	Não configura obstáculo nas operações de solo e taxiamento.	Para maior atenuação do ruído, maior seria a extensão.
Custo dos Painéis	Investimento considerado aceitável considerando o porte do aeroporto.	Não foi possível a comparação em virtude de não haver precedentes.
Viabilidade	Custo-benefício vantajoso em função dos benefícios à população.	Pode ser manipulada por decisão política.
Peso	Estabilidade durante a exposição à pressão e ao calor intenso das turbinas na decolagem.	Pode exigir mecanismos mais complexos para a articulação.
Manutenção	Pode ocorrer fora do horário de operação do aeroporto.	Pode exigir mão-de-obra especializada ou terceirizada.
Segurança	Fundamental para o aeroporto.	Não cabe consideração.
Atenuação	Redução considerada do ruído.	Maior redução, maiores dimensões.

Fonte: (Barbosa 2015, p. 326).

Com base nos dados e resultados desta pesquisa pode se emitir algumas conclusões a respeito do tema proposto.

6 CONCLUSÕES

Com a realização deste estudo foi possível mapear, através de uma revisão bibliográfica, diversos fatores relacionados à emissão do ruído, os impactos socioambientais, os fatores relacionados à medição, bem como as propostas para reduzir os impactos. Revelou-se como uma abordagem interessante, identificando-se que o esforço deve ser conjunto entre as fabricantes de motores e aeronaves, os gestores aeroportuários, e as comunidades que residem nas proximidades dos aeroportos atuando em quatro frentes principais, quais sejam; a redução do ruído na fonte, medidas de ordenamento e gestão do solo, restrições de operação e procedimentos operacionais com foco na redução de ruído, e medidas definidas pela Organização Internacional da Aviação Civil.

Foi possível atingir os objetivos específicos do estudo, haja vista que sobre os aspectos da produção de ruído, verificou-se, a partir dos estudiosos da área, que o principal fator de ruído aeronáutico se refere a operações de decolagem, onde o principal fator de ruído são os sons emitidos pelas turbinas de aeronaves. Sobre as descrições dos instrumentos de medição do ruído aeronáutico, verificou-se que O IPR e o DNL são as métricas mais usadas no Brasil, essas métricas são usadas como parâmetros nas portarias e resoluções.

As medidas preventivas mais importantes, verificadas a partir da revisão bibliográfica feita, são o controle por parte dos gestores aeroportuários, em consonância com as normas. A redução do ruído na fonte, por parte das fabricantes de motores, atingidas pelos investimentos em pesquisa e desenvolvimento. A medida reativa mais importante é a implantação de barreiras acústicas, proposto por Barbosa (2015)

Há um papel importante das Legislação, Normas e Portarias, que definem uma série de métricas e delimitações a serem respeitadas para o controle do ruído.

Nesse caso é de fundamental que os gestores dos aeroportos e estejam em consonância com todos esses aspectos tratados nas normas para que as operações aeroportuárias respeitem as normativas. É importante destacar ainda que as fabricantes de motores invistam em pesquisa e desenvolvimento, afim de estudarem as engrenagens dos motores, com o objetivo de entender melhor todos os aspectos mecânicos envolvidos na produção do ruído, contribuindo cada vez mais para o decréscimo do ruído na fonte.

REFERÊNCIAS

ABNT (1990) NBR 11.415: **Ruído Aeronáutico**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

ANAC. **Ruído Aeronáutico. Ruído Aeronáutico**, [s. l.], 2 mar. 2020. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/ruído-aeronautico>. Acesso em: 10 fev. 2020

BRASIL (1987). **Dispõem 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 Proteção de Helipontos e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea e dá outras providências**. Portaria MAer. n. 1.141/GM5.

CARVALHO JÚNIOR, Edson Benício; GARAVELLI, Sérgio Luiz; MAROJA, Armando Mendonça. **Análise dos efeitos do ruído aeronáutico em zonas residenciais circunvizinhas ao Aeroporto Internacional de Brasília. Análise dos efeitos do ruído aeronáutico em zonas residenciais circunvizinhas ao Aeroporto Internacional de Brasília**, [s. l.], 26 jan. 2012.

Carvalho Júnior, E. B (2008). **Ruído ambiental e seus efeitos: o ruído aeronáutico no entorno do Aeroporto Internacional de Brasília**. Dissertação de mestrado. Universidade Católica de Brasília (UCB). Brasília, DF.

Carvalho Jr, E. B., Garavelli, S. L., Smozinski, F. V., Maroja, A. M. e Melo, W. C. (2013) **Análise das principais métricas utilizadas no zoneamento acústico de áreas próximas a aeródromos.** *Journal of Transport Literature*, vol. 7

Carvalho Júnior, Edson Benício de. **Quantificação do incômodo gerado pelo ruído aeronáutico por meio de modelos dose-resposta.** 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - UNB, [S. l.], 2015.

CUNHA, Caio Andrei Baldez da. **A importância do controle de tráfego aéreo brasileiro para a redução de ruídos aeronáuticos através da navegação aérea.** 2019. Monografia (Graduação em ciências aeronáuticas) - UNISUL, [S. l.], 2019.

ELLER, R. A., URBINA, L. M., PORTO, P. P., & BRANCO, R. C. (2003). **Aircraft noise perception study in Brazil:** A perspective on airport sustainable growth and environmental awareness. In Proceedings of the 2003 Air Transport Research Society World Conference, France, 1, 25 (Vol. 30).

ROSOLEM, Jaqueline; HENKES, Jairo Afonso. **Avaliação do impacto ambiental causado pelos ruídos sonoros provenientes do Aeroporto de Guarulhos: impactos negativos ao homem e ao meio ambiente.** *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, [s. l.], 2017.

NUNES, Maria Fernanda de Oliveira. **Avaliação da percepção do ruído aeronáutico em escolas.** 2005. Tese de Mestrado (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio grande do Sul, [S. l.], 2005.

ROSA BARBOSA, Anallu. **Influência do ruído aeronáutico na população que reside nas imediações da base aérea de Santa Maria.** [S. l.], p. 36, 26 ago. 2011.

REVOREDO, Téo Cerqueira. **Influência do ruído aeronáutico na população. Influência do ruído aeronáutico na população que reside nas imediações da base aérea de Santa Maria.** 2011. Tese de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, [S. l.], 2011.

SOUZA BARBOSA, André Luiz. **Estudo de Barreiras Acústicas para a Atenuação do Ruído Aeronáutico no Aeroporto de Congonhas em São Paulo.** 2015. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, [S. l.], 2015.