

# **Estudo de Impacto Sonoro no Bairro Aerolândia**

**Trecho Raul Barbosa**

Fortaleza - CE

Solicitação e estudo complementar (SEUMA):

- **Francisco Aurélio Chaves Brito**

Responsável pelo estudo (01dB):

- **V. Becard**

Verificador do estudo (01dB):

- **C. Kimura**



## ÍNDICE

I.	CONTEXTO DO ESTUDO .....	4
1.	Objetivo .....	4
2.	Localização .....	4
3.	Contexto legal .....	4
II.	PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO .....	5
4.	Metodologia.....	5
5.	Instrumentação .....	5
6.	Ponto de medição .....	6
7.	Condições de medição .....	7
III.	RESULTADOS E ANÁLISE .....	7
8.	Históricos de medição .....	7
9.	Resultados por período regulamentar .....	8
10.	Resultados por tipo de fonte .....	8
IV.	MAPA DE RUÍDOS .....	9
11.	Estudo previsional .....	9
12.	Mapa diurno .....	11
13.	Mapa noturno com avião .....	12
V.	COMPARAÇÃO COM A LEGISLAÇÃO .....	13
VI.	COMPARAÇÃO COM PARÂMETROS DA OMS .....	13
VII.	CONCLUSÕES .....	14
VIII.	REFERÊNCIAS .....	15
IX.	GLOSSÁRIO .....	16

## I. CONTEXTO DO ESTUDO

### 1. Objetivo

O objetivo deste estudo é de monitorar o ruído ambiental num local próximo ao Aeroporto Internacional Pinto Martins em Fortaleza – CE, buscando caracterizar o cenário acústico e avaliar a contribuição dos diversos tipos de fontes sonoras presentes na região.

### 2. Localização

O ponto de avaliação encontra-se na Avenida Governador Raul Barbosa, no edifício sede da BPMA (Batalhão de Polícia Militar Ambiental) a aproximadamente 1.150m da cabeceira principal do aeroporto.

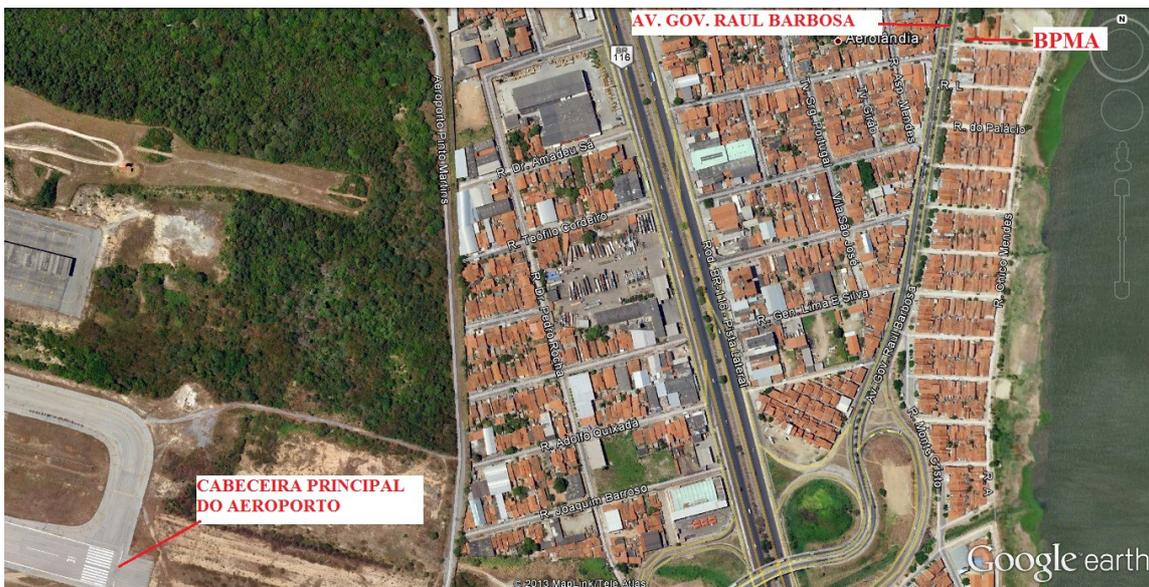


Figura 1 - Situação geográfica do local: imagem satélite Google Earth

### 3. Contexto legal

A Associação Brasileira de Normas Técnicas é o órgão responsável pela normatização técnica no Brasil. Através da norma NBR10151, a ABNT estabelece os critérios aceitáveis de ruído em ambientes externos, e regula os métodos de aferição e tratamento dos dados relacionados ao ruído ambiental. Além disso, a norma apresenta valores de Nível Critério de Avaliação, NCA, de acordo com a classificação da região em que se está realizando a medição. A Tabela 1 da página a seguir mostra as categorias apresentadas pela ABNT e seus respectivos NCA.

Tipo de área	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

Tabela 1 - Nível Critério de Avaliação segundo NBR 10151, em dB(A).

Conforme especificação da norma NBR10151, a região em que está localizada o ponto de medição foi classificada como “Área mista, com vocação comercial e administrativa”, cujos níveis de critério de avaliação para os períodos diurno e noturno são de **60 dB(A)** e **55 dB(A)**, respectivamente.

Vale ressaltar duas situações previstas na norma, que impactam a avaliação:

- A norma prevê no item 3.4, que o nível de ruído ambiente (Lra) é o nível de pressão sonora equivalente ponderado em A, no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão.
- A norma prevê no item 6.2.4. que, se os níveis reais de ruído encontrados no local estão superiores aos NCA teóricos, esses níveis de ruído passam a serem os novos limites.

## II. PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

### 4. Metodologia

A medição conforme NBR 10151 permite avaliar o impacto sonoro de fontes de ruído com componentes estacionárias e tonais. Os níveis de pressão sonora são determinados a partir de medições do nível global ponderado A (LAeq). São registrados os níveis de pressão sonora, com ponderação frequencial A e filtro de resposta temporal Fast e Leq. O microfone ficou localizado a 4 metros acima do chão e pelo menos 2 metros de quaisquer outras superfícies refletoras.

### 5. Instrumentação

Os seguintes equipamentos foram utilizados para realizar as medições:

- Sonômetro marca 01dB; Modelo DUO; N° de Série: 10223;
- Calibrador marca 01dB; Modelo Cal21; N° de Série: 35072561(2007); Certificado de Calibração N°: RBC2-7721-399.
- Software CADNA A



Fig. 2 – Sonômetro 01dB DUO

## 6. Ponto de medição

O medidor de ruído estava localizado na laje de cobertura do prédio sede do Batalhão de Polícia Militar Ambiental (BPMA) do Governo do Estado do Ceará. O microfone estava a aproximadamente 4 metros acima do nível do solo, conforme as recomendações internacionais.



Figura 3 - Foto do ponto de medição, visto da Av. Gov. Raul Barbosa



Figura 4 – Foto do ponto de medição, visto do telhado do prédio da CPMA

## 7. Condições de medição

O monitoramento foi realizado entre os dias 11 e 14 de setembro de 2012. Todas as fontes estavam em condições normais de operação. As condições climáticas não se alteraram significativamente durante as medições. A velocidade do vento era baixa (inferior a 3 m/s) e não choveu em momento algum.

## III. RESULTADOS E ANÁLISE

### 8. Históricos de medição

Os gráficos apresentados a seguir mostram a evolução do nível de ruído equivalente ponderado A, LAeq, em função do tempo. Pose-se ver que o período noturno é caracterizado por um nível médio abaixo do nível diurno, e por uma distribuição de amplitude maior.

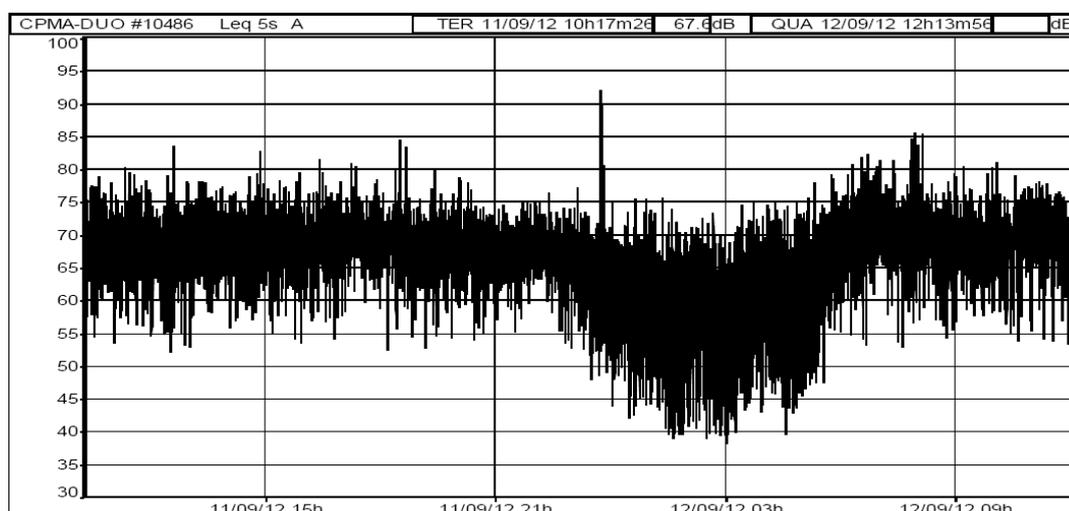


Figura 5 - Histórico de medição - Dia 11/09/12 até dia 12/09/12

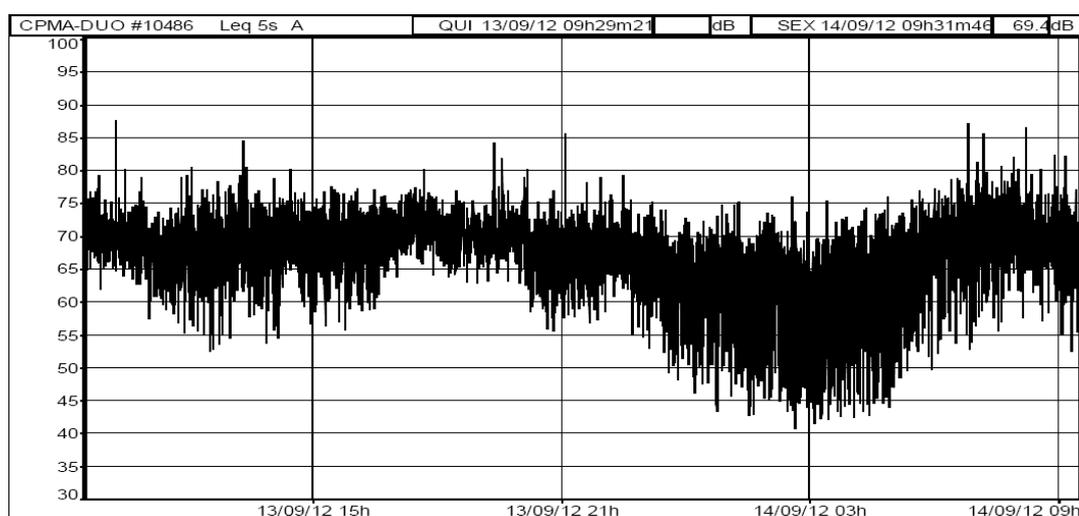


Figura 6 - Histórico de medição - Dia 13/09/12 até dia 14/09/12

## 9. Resultados por período regulamentar

A tabela abaixo mostra os principais indicadores acústicos por períodos regulamentares, diurno e noturno. Esses resultados são globais, levando em consideração todas as fontes sonoras.

Período	LAeq	Lmin	Lmax	L90	L50	L10
Diurno (7:00 às 22:00)	70,3	39,6	91,4	64	68,9	72,8
Noturno (22:00 às 7:00)	66,9	37,9	96,6	50,4	63,3	70,5

Tabela 2 - Resultados por período regulamentar, expressos em dB(A)

Os resultados mostram que o nível global de ruído no período diurno é de 70 dB(A), variando de 40 até 91 dB(A). O índice L90, correspondendo ao nível ultrapassado por 90% do tempo, é um excelente representante do ruído de fundo. Durante o dia, o ruído de fundo pode então ser avaliado a 64 dB(A).

À noite a situação é parecida, porém os níveis sonoros são obviamente mais baixos devido à diminuição da atividade urbana, incidindo diretamente no trânsito. O nível equivalente cai para 67 dB(A); essa redução de 3 dB(A) corresponde a uma diminuição de 50% da energia sonora no local. O índice L90 cai para 50 dB(A), prova que o nível equivalente noturno é principalmente devido a eventos esporádicos (passagens de veículos e decolagem dos aviões).

Um fato interessante é que o nível Lmax é maior à noite que durante o dia: efetivamente os veículos andam mais rápido à noite, gerando ruídos mais altos e o número de decolagens no aeroporto é maior.

## 10. Resultados por tipo de fonte

Através de gravação de sinais áudio para ruídos acima de determinado limite, é possível identificar as fontes sonoras. Dessa forma, pode-se avaliar a contribuição sonora de cada tipo de fonte no local.

Tipo de fonte	LAeq específico	% energia sonora	Lmin	Lmax	L90	L50	L10	Duração
Aviões	71,6	0,2	55,4	85,9	63	68,2	73,1	00:03:35
Caminhões	75,5	0,7	67,3	84,8	70,9	74,7	77,9	00:04:53
Helicópteros	72,2	0	62,7	77,7	63,9	67,9	77,1	00:00:35
Outros (trânsito)	69,3	99,1	17,5	96,6	57,7	67,7	72,3	49:41:05
<b>Global</b>	<b>69,3</b>	<b>100</b>	<b>17,5</b>	<b>96,6</b>	<b>57,7</b>	<b>67,7</b>	<b>72,3</b>	<b>49:50:08</b>

Tabela 3 - Resultados por tipo de fonte, expressos em dB (A)

Os resultados mostram que cerca de 99% da energia sonora captada pelo medidor de ruído durante o monitoramento era devida ao trânsito constante de veículos leves. No entanto, outras fontes de ruído impactam no local, tais como aviões, caminhões e helicópteros. Por se tratar de eventos esporádicos, a contribuição sonora dessas fontes é menor; todavia, pelo mesmo motivo esses eventos geram incômodo maior que o ruído constante do trânsito. Ademais, essas fontes emitem principalmente em baixa frequência, aumentando a percepção do incômodo.

Outro aspecto a considerar é a faixa de amplitude maior no período noturno, levando a preocupações quanto às oscilações entre o  $L_{mín}$  e o  $L_{máx}$ , podendo ser um fator preponderante para a perturbação do sono, já que picos elevados podem levar ao **despertar**, pois eles deve ocorrer com níveis que começam em 60 dB(A), medidos em SEL ou quando ocorrem picos de ruído no intervalo de 8 a 19 dB(A) acima do nível de ruído de fundo existente<sup>1</sup>.

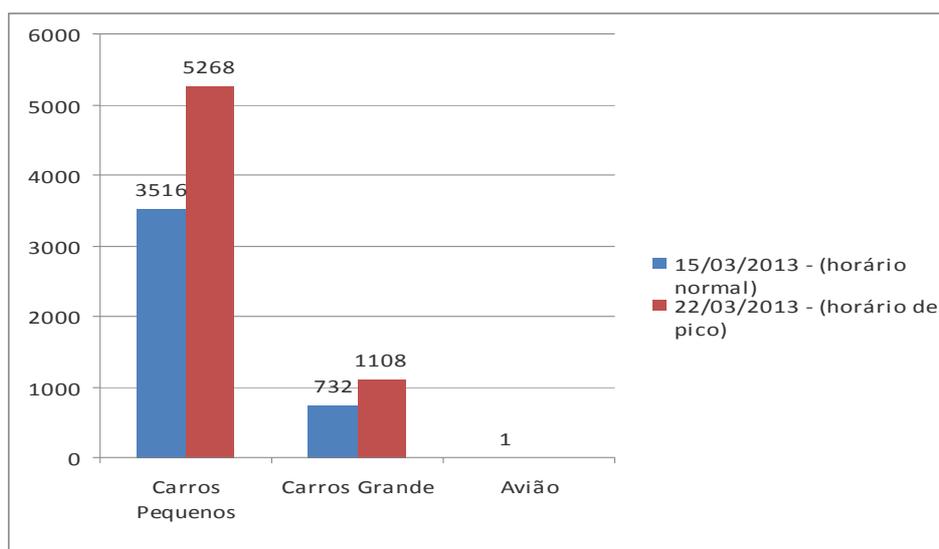
Vale ressaltar que o aeroporto não estava em operação plena durante o monitoramento devido reforma, portanto a contribuição sonora das aeronaves é provavelmente maior num dia de operação normal.

## IV. MAPA DE RUÍDO

### 11. Estudo previewal

Com o intuito de propiciar um parâmetro comparativo para o estudo, foi feito um mapa de ruído do trecho, utilizando todos os dados inerentes ao local: dados do trânsito, perfil da Av. Raul Barbosa, perfil e volumetria das edificações do trecho, inserção das outras fontes (aviões), etc. (mapa anexo).

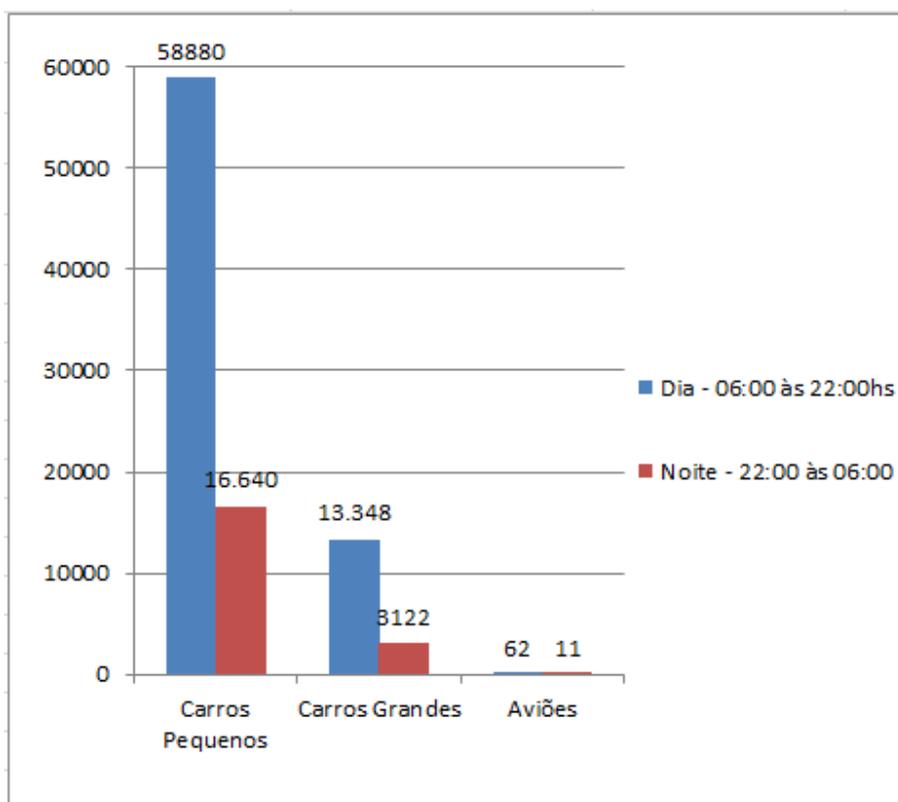
Contagem de Veículos -	BPMA - Av. Raul Barbosa, 6801 - Aerolândia (valores hora)		
Data / Horário :	Carros Pequenos	Carros Grandes	Avião
15/03/2013 - (horário normal)	3516	732	1
22/03/2013 - (horário de pico)	5268	1108	



<sup>1</sup> brasilmedicina.com..... **Fernando Pimentel-Souza** Laboratório de Psicofisiologia, Instituto de Ciências Biológicas Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, CP 486, Brasil

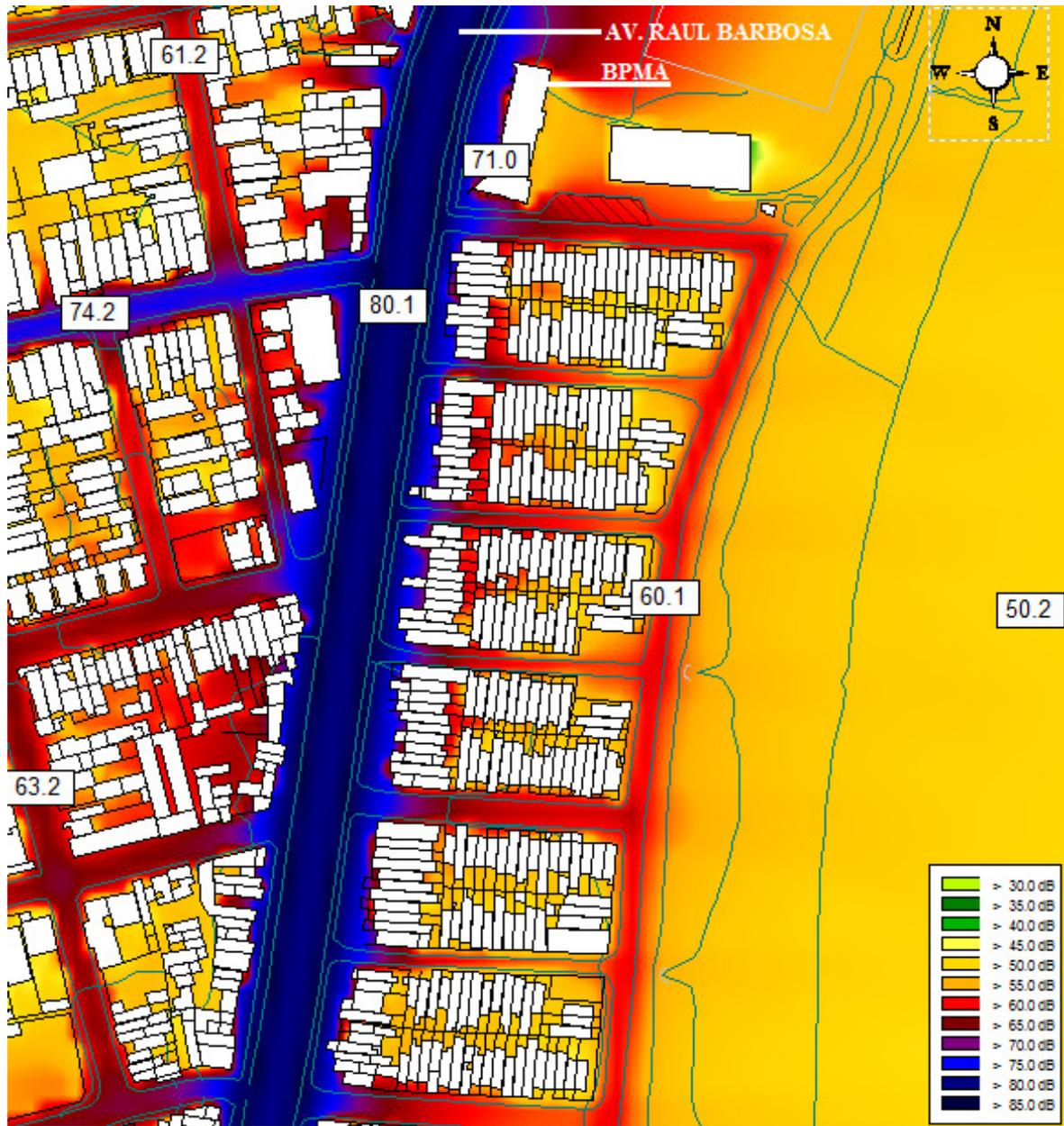
Como complemento de informações, seguem os valores diários relativos ao trânsito e aos aviões, divididos em período diurno e noturno, conforme legislação de Fortaleza.

Contagem de Veículos - CPMA - Av. Raul Barbosa, 2601 - Aerolandia			
Data / Horário :	Carros Pequenos	Carros Grandes	Aviões
Dia - 06:00 às 22:00hs	58880	13.348	62
Noite - 22:00 às 06:00	16.640	3122	11

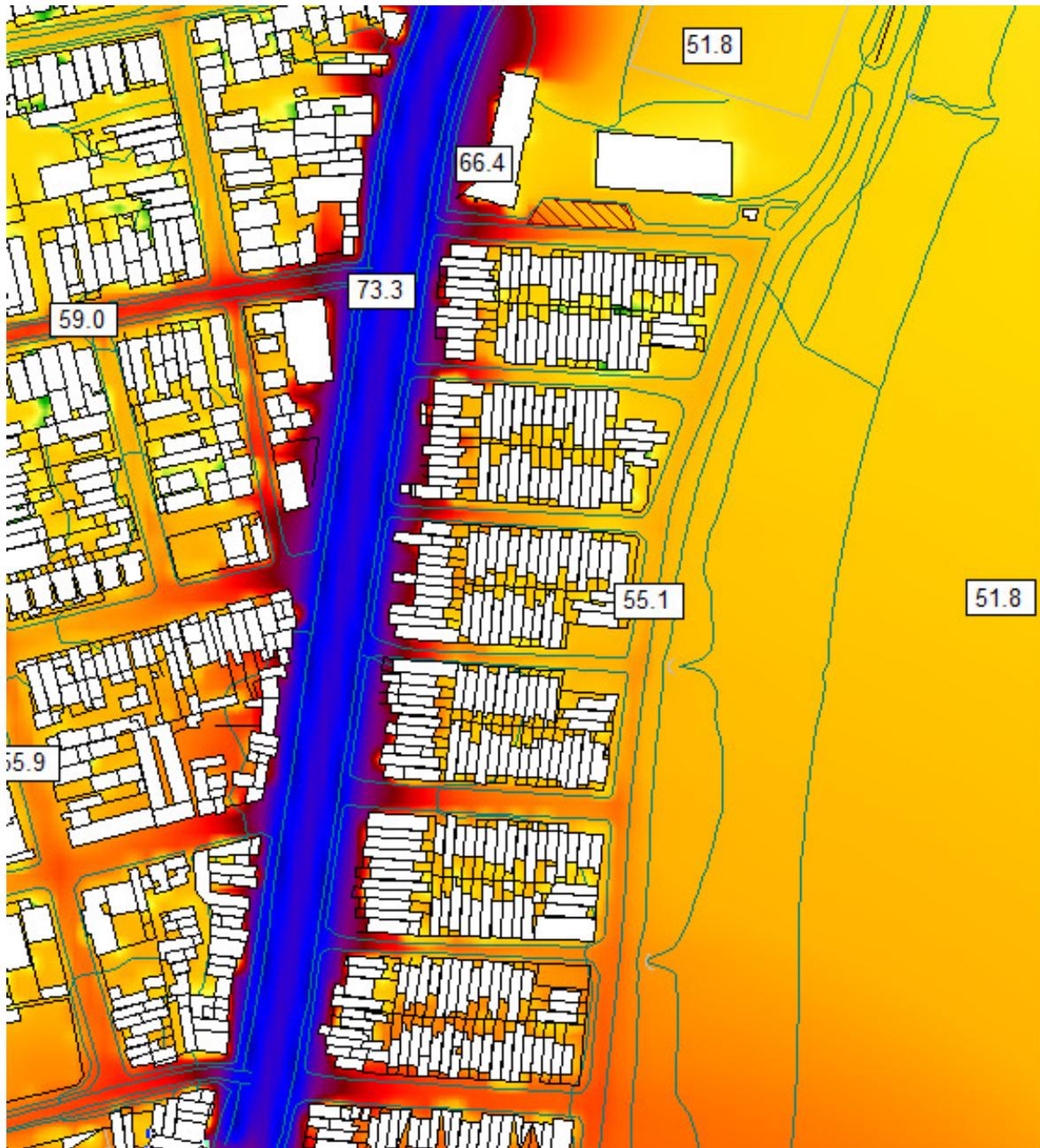


Os dados foram inseridos no software CadnaA juntamente com a volumetria do trecho indicado, resultando nos Mapas de Ruído apresentados.

## 12. MAPA DIURNO



### 13. MAPA NOTURNO COM AVIÃO



## V. COMPARAÇÃO COM A LEGISLAÇÃO

Segundo a norma NBR10151, referência em termos de acústica ambiental no Brasil, os níveis critérios de avaliação são de 60 dB(A) no período diurno (7:00 às 22:00) e 55 dB(A) no período noturno (22:00 às 7:00).<sup>2</sup>

Os resultados da tabela 2 mostram que o nível equivalente durante o período diurno – notado  $L_d$  – é de 70 dB(A), ou seja, 10 dB(A) acima da recomendação normativa. É importante ressaltar que uma diferença de 10 dB(A) corresponde à energia sonora multiplicada por um fator 10. A situação está então claramente em inconformidade com a legislação, com ruídos 10 vezes maiores que o permitido.

À noite, o nível equivalente noturno – notado  $L_n$  – diminui (67 dB(A)), mas o limiar diminui mais ainda. Isso faz com que a situação apresente uma inconformidade maior ainda, com cerca de 12 dB(A) acima do nível máximo admissível.

Considerando agora os índices L90 (Tab. 2), representativos do ruído de fundo, a situação é outra: o L90 diurno é de 64 dB(A), ficando acima da norma, e o L90 noturno (50,4 dB(A)) é igual ao valor de 50 dB(A) indicado pela norma.

## VI. COMPARAÇÃO COM PARÂMETROS DA OMS

A OMS continuamente estuda o impacto da poluição sonora no organismo humano. Estes estudos começaram a definir parâmetros de risco para o problema e assim é possível avaliar o impacto na população que sofre diretamente com os níveis continuamente monitorados.

Irene van Kamp (especialista mundial no estudo do impacto do ruído na saúde – ICA 2010), enfatizou que a Urbanização continua e a economia de 24 horas, provocam doses de ruídos elevadas para a sociedade e que hoje se estuda a combinação das fontes de ruído e seu impacto e que os efeitos combinados entre a poluição do ar e da poluição sonora estão sendo avaliadas em conjunto e não mais separadamente, pois passou-se a verificar que o impacto em conjunto destes fatores é extremamente perigoso para a sociedade, sendo um risco grave de saúde pública e que quanto ao ruído, os efeitos mais estudados e com definições reais de impacto no ser humano são:

1. Perturbação no sono e seus efeitos maléficos à saúde no futuro
2. Os riscos dos problemas cardiovasculares
3. Saúde mental
4. Reações aos stress psicológico
5. Efeitos no sistema imunológico
6. Efeitos no sistema bioquímico
7. Perca da audição

E o resumo dos resultados das pesquisas é mostrado na tabela seguinte:

---

<sup>2</sup> A legislação de Fortaleza utiliza uma faixa de horário diferenciada em relação à NBR: 06:00 às 22:00 para diurno e 22:00 às 6:00 para noturno, conforme artigo 3º da Lei 8097/97, para som mecânico e 07:00 às 19:00 para diurno e 19:00 às 07:00 para noturno, conforme artigo 2º da Lei 8097/97, para ruídos oriundos de máquinas e correlatos.

Efeitos	Evidências	Situação	Valores Limites		Valores guias
			Forma de medição	dB(A)	dB(A)
Incômodo	Suficientes	Ruído Ambiente	Lden	55	42
Bem-Estar	Limitadas	Ruído Ambiente	Ldn	50	35
Saúde Mental	Limitadas	Ruído Ambiente	Em estudos		
Rendimento e desempenho	Limitadas	Ruído Ambiente	LAeq -Escola	50 – 55	35
	Suficientes	Escolas			
<b>Hipertensão</b>	Limitadas	Ruído do trânsito	<b>LAeq-6 às 22</b>	<b>55</b>	<b>50</b>
	<b>Suficientes</b>	<b>Ruído aéreo</b>			
Problemas cardiovasculares	Suficientes	Ruído Ambiente Trânsito	LAeq – 6 às 22	>55	60
Perda de audição	Suficientes	Recreacional	LAeq - 24horas	70(dentro do ambiente)	
Efeitos	Evidências	Valores limites			
		Forma de medição	dB (A)		
<b>Mudanças nos parâmetros EEG(3)</b>	<b>Suficientes</b>	<b>SEL</b>	<b>35</b>		
<b>Despertar</b>	<b>Suficientes</b>	<b>SEL</b>	<b>60</b>		
Início da motilidade	Suficientes	SEL	35 – 40		
<b>Qualidade do sono</b>	<b>Suficientes</b>	<b>Lnight</b>	<b>45</b>		
<b>Frequência Cardíaca</b>	<b>Suficientes</b>	<b>SEL</b>	<b>40</b>		
Humor	Limitadas	LAeq – 6 às 22	> 60		
Níveis hormonais	Inadequadas	Em estudos			
Sistema imunológico	Limitadas	Em estudos			
Rendimento no dia seguinte	Limitadas	Em estudos			

Com os resultados obtidos na medição e correlacionando com os parâmetros descritos, verificamos que os níveis mensurados tendem a caracterizar problemas de saúde na população impactada:

Problema possível	Parâmetros da OMS	Valor encontrado
Incômodo diurno	55 dB (A)	70,3 dB (A)
Incômodo noturno	55 dB (A)	66,9 dB (A)
Rendimento e desempenho nas escolas	50-55 dB (A)	70,3 dB (A)
Hipertensão	55 dB (A) – (Ruído Aéreo)	71,6 dB (A)
Problemas cardiovasculares	>55 dB (A) – (Ruído Trânsito)	70,3 dB (A)
Mudança nos parâmetros EEG <sup>3</sup>	SEL 35 dB (A)	SEL 40 dB (A)
Qualidade do sono	45 dB (A)	66,9 dB (A)
Frequência cardíaca	SEL 40 dB (A)	SEL 40 dB (A)

## VII. CONCLUSÕES

O monitoramento de 3 dias realizado em setembro de 2012 em Fortaleza permitiu caracterizar a situação acústica no ponto de avaliação. Os níveis sonoros estão globalmente altos, e em inconformidade com a legislação vigente. Considerando os níveis de ruído de

<sup>3</sup> A eletroencefalografia (EEG) é o estudo do registro gráfico das correntes elétricas desenvolvidas no encéfalo, realizado através de eletrodos aplicados no couro cabeludo, na superfície encefálica, ou até mesmo dentro da substância encefálica.

fundo a situação se aproxima da regularidade, o que demonstra que o ruído é principalmente oriundo de fontes temporárias (veículos).

A gravação dos sinais áudio permitiu identificar as fontes envolvidas, e avaliar a contribuição sonora de cada uma. O trânsito de veículos leves é responsável por cerca de 99% do ruído captado no local. Porém, trata-se de um ruído contínuo que gera um incômodo relativo e exaustivo. A percepção dos eventos esporádicos (aviões, caminhões, helicópteros) é maior e incomoda potencialmente a população por causa dessa característica temporária.

Os aviões mostraram-se como fonte de elevada importância no período noturno, com a elevada taxa de decolagem impactando no trecho estudado em comparação com a redução do ruído do trânsito no período noturno, fator verificado com facilidade nos mapas de ruído, onde se comparam o impacto diurno (trânsito como principal fator de incômodo) e o noturno (decolagem dos aviões começam a se sobressair no estudo), onde apresentamos o comparativo dos mapas com os aviões e com a retirada dos mesmos, de forma a mostrar o impacto no local e a influência das fontes.

Quanto aos parâmetros de saúde estudados pela OMS, os níveis mensurados tendem a caracterizar problemas de saúde na população impactada, segundo estudos e parâmetros estabelecidos pela OMS e relatados no item VI da página 12 deste relatório, mostrando assim as seguintes situações de impacto no organismo humano:

- Existe o incômodo nos períodos diurno e noturno.
- Nas escolas sujeitas a estas faixas de ruído o rendimento os alunos ficam prejudicados.
- No período noturno o ruído aéreo provoca sinais de hipertensão.
- O constante ruído do trânsito no local projeta problemas cardiovasculares na população do trecho.
- A soma global dos ruídos no período mensurado provoca mudança nos parâmetros EEG.
- A qualidade do sono no trecho citado encontra-se totalmente prejudicada.
- A frequência cardíaca fica em alerta amarelo, pois os níveis empatam e caso haja aumento dos níveis mensurados os riscos se agravam.

Quanto ao mapa de ruído produzido em caráter de avaliação comparativa, verificou-se que os valores encontrados são similares à avaliação em campo, além de possibilitar a percepção de toda a área atingida, definindo assim a topografia sonora do trecho.

## VIII. REFERÊNCIAS

- [1]. *ABNT NBR 10151 - Acústica - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, Visando o Conforto da Comunidade - Procedimento*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000.
- [2]. *ISO9613 - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Attenuation of Sound during Propagation Outdoors*, International Organization for Standardization, 1993;
- [3]. *ISO9613 - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of Calculation*, International Organization for Standardization, 1996;
- [4]. *Acústica aplicada ao controle de ruído* – Professor Sylvio R. Bistafa.

## IX. GLOSSÁRIO

- **Nível de Pressão Sonora (NPS):** Grandeza física do campo sonoro em um local. A unidade da pressão sonora é o Pascal (Pa).
- **Decibel (dB):** Unidade logarítmica utilizada para exprimir uma grandeza física a partir de um valor de referência. No caso do NPS (pressão sonora):

$$L_p = 20 \log_{10} \left( \frac{P}{P_{ref}} \right) \quad \text{Com } p_{ref} = 20 \mu\text{Pa (No ar).}$$

- **Ponderação A:** Filtro de ponderação frequencial normalizado para levar em consideração a resposta do ouvido humano.
- **dB(A):** grandeza física expressa segundo filtro de ponderação A.
- **LAeq:** Nível global da Pressão Sonora ponderado A correspondente ao tempo da medição.

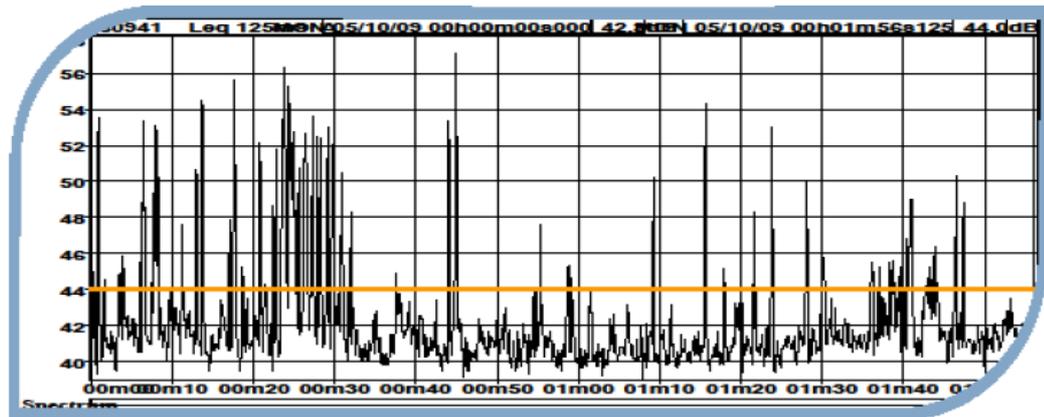


Figura a - Ilustração de sinal temporal (preto) e o LAeq correspondente do período (laranja).

- **Ruído impulsivo:** Ruído que contém impulsos, que são picos de energia acústica com duração menor do que 1s e que se repetem a intervalos maiores do que 1s.
- **Ruído tonal:** Ruído que contém tons puros, como o som de apitos e zumbidos. Segundo a NFS31 010 (França), para ser caracterizado como tonal as bandas devem emergir, em relação às bandas adjacentes, os valores contidos na tabela abaixo.

63Hz à 315Hz	400Hz à 1250Hz	1,6kHz à 6,3kHz
10dB	5dB	5dB

Tabela a - Critério de tonalidade segundo NFS31 010 (França).

Abaixo é ilustrado um espectro com característica tonal.

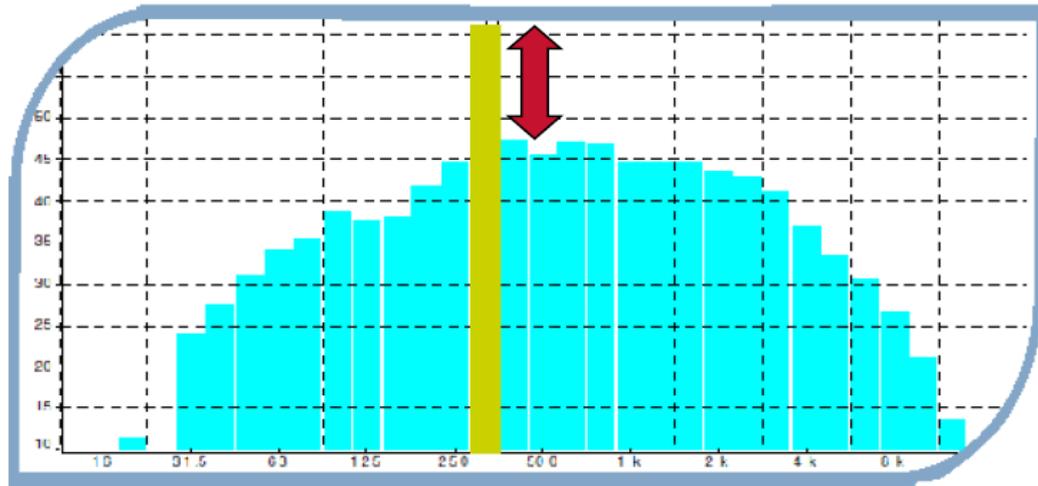


Figura b - Ilustração de banda emergente em relação às adjacentes.

- **Ruído global:** Ruído total de uma dada situação.
- **Ruído particular:** Componente do ruído ambiente - neste caso o ruído de tráfego e da passagem de pedestres foi considerado particular.
- **Ruído residual:** Corresponde ao ruído ambiente na ausência de ruído particular.

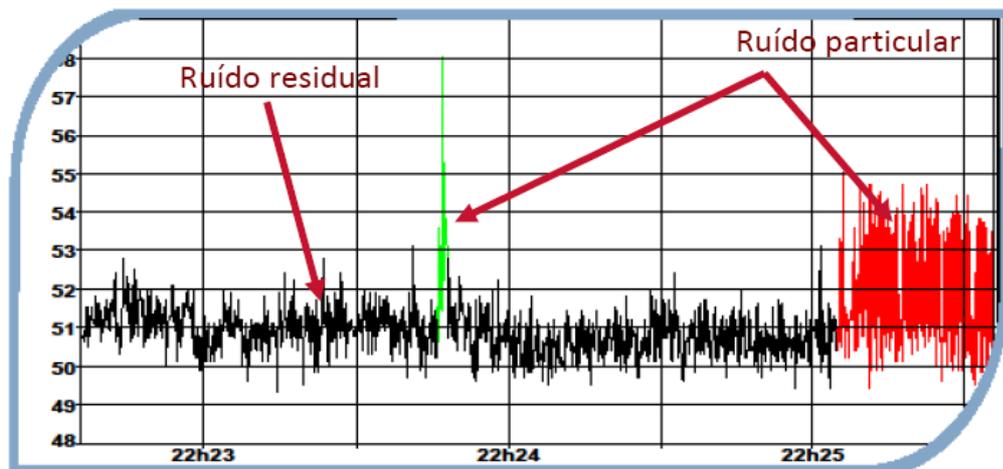


Figura c - Ilustração de tipos de ruído, residual e particular.

- **L90 (ruído de fundo):** corresponde a uma medida do ruído residual. É uma medida estatística em que o nível sonoro foi excedido em 90% do tempo de medição.
- **SEL** - é o nível de exposição sonora (Sound Equivalent Level), utilizado para ruídos transientes, acumulados durante o tempo computado, com tempo de integração de 1,0 segundo.
- **Dados relativos a saúde** - Fornecidos pela OMS durante o Congresso ICA 2010 (Palestra de Irene Van Kamp) em Sydney-Austrália

Efeitos	Evidências	Situação	Valores Limites		Valores guias
			Forma de medição	dB(A)	dB(A)
Incômodo	Suficientes	Ruído Ambiente	Lden	55	42
Bem-Estar	Limitadas	Ruído Ambiente	Ldn	50	35



Saúde Mental	Limitadas	Ruído Ambiente	Em estudos		
Rendimento e desempenho	Limitadas	Ruído Ambiente	LAeq -Escola	50 – 55	35
	Suficientes	Escolas			
<b>Hipertensão</b>	Limitadas	Ruído do trânsito	<b>LAeq-6 às 22</b>	<b>55</b>	<b>50</b>
	<b>Suficientes</b>	<b>Ruído aéreo</b>			
Problemas cardiovasculares	Suficientes	Ruído Ambiente Trânsito	LAeq – 6 às 22	>55	60
Perda de audição	Suficientes	Recreacional	LAeq - 24horas	70(dentro do ambiente)	

Efeitos	Evidências	Valores limites	
		Forma de medição	dB (A)
<b>Mudanças nos parâmetros EEG(3)</b>	<b>Suficientes</b>	<b>SEL</b>	<b>35</b>
<b>Despertar</b>	<b>Suficientes</b>	<b>SEL</b>	<b>60</b>
Início da motilidade	Suficientes	SEL	35 – 40
<b>Qualidade do sono</b>	<b>Suficientes</b>	<b>Lnight</b>	<b>45</b>
<b>Frequência Cardíaca</b>	<b>Suficientes</b>	<b>SEL</b>	<b>40</b>
Humor	Limitadas	LAeq – 6 às 22	> 60
Níveis hormonais	Inadequadas	Em estudos	
Sistema imunológico	Limitadas	Em estudos	
Rendimento no dia seguinte	Limitadas	Em estudos	