

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,**  
**MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**AVALIAÇÃO ACÚSTICA AMBIENTAL DE HÁBITATS**  
**DE PASSERIFORMES EXPOSTOS A RUÍDOS**  
**ANTRÓPICOS EM MINAS GERAIS E SÃO PAULO**

**Krisdany Vinícius Santos de Magalhães Cavalcante**

**Belo Horizonte**

**2009**

**AVALIAÇÃO ACÚSTICA AMBIENTAL DE HÁBITATS  
DE PASSERIFORMES EXPOSTOS A RUÍDOS  
ANTRÓPICOS EM MINAS GERAIS E SÃO PAULO**

**Krisdany Vinícius Santos de Magalhães Cavalcante**

**Krisdany Vinícius Santos de Magalhães Cavalcante**

**AVALIAÇÃO ACÚSTICA AMBIENTAL DE HÁBITATS  
DE PASSERIFORMES EXPOSTOS A RUÍDOS  
ANTRÓPICOS EM MINAS GERAIS E SÃO PAULO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Meio Ambiente.

Linha de pesquisa: Avaliação e gerenciamento de impactos e de riscos ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Wilfrid Keller Schwabe.

Co-orientadora: Profa. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2009

C376a Cavalcante, Krisdany Vinícius Santos de Magalhães  
Avaliação acústica ambiental de habitats de passeriformes expostos a ruídos antrópicos em Minas Gerais e São Paulo [manuscrito] / Krisdany Vinícius Santos de Magalhães Cavalcante. – 2009.  
xv, 124 f., enc. : il.

Orientador: Wilfrid Keller Schwabe.

Co-orientadora: Stelamaris Rolla Bertoli.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Bibliografia: f. 119-124.

1. Meio ambiente – Teses. 2. Acústica – Aspectos ambientais – Teses. 3. Poluição sonora - Teses. 4. Pássaro - Habitat – Teses. 5. Avaliação de riscos ambientais – Teses. I. Schwabe, Wilfrid Keller. II. Bertoli, Stelamaris Rolla. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 504 (043)

Ficha elaborada pelo Processamento Técnico da EEUFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

*Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos*

Av. Contorno 842 – 7º andar 30110-060 Belo Horizonte – BRASIL

Tel: 55 (31) 3238-1882 Fax: 55 (31) 3238-1882 posgrad@desa.ufmg.br

www.smarh.eng.ufmg.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Avaliação Acústica Ambiental de Hábitats de Passeriformes Expostos à Ruídos Antrópicos em Minas Gerais e São Paulo

**KRISDANY VINÍCIUS SANTOS DE MAGALHÃES  
CAVALCANTE**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Prof. WILFRID KELLER SCHWABE

Prof. STELAMARIS ROLLA BERTOLI

Prof. MARCO ANTONIO NABUCO DE ARAÚJO

Profa MÔNICA MARIA DINIZ LEÃO

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Versão Final aprovada por

Prof. Mauro da Cunha Naghettini  
Coordenador

Prof. Wilfrid Keller Schwabe  
Orientador

Belo Horizonte, 21 de agosto de 2009.

Transcrevo as palavras de Mário Quintana,  
ou melhor, de Arthur Schopenhauer:

“LEGÍTIMA APROPRIAÇÃO:

Copio e assino essa frase encontrada no velho

Schopenhauer: *A soma de barulho que uma pessoa  
pode suportar está na razão inversa de sua capacidade mental*”.

Mário Quintana

## AGRADECIMENTOS

A Deus, à minha irmã, meus familiares, amigos e especialmente aos meus pais e à Cecília, minha filha, pelo amor e apoio sempre incondicionais.

À Sol, pelo amor, carinho, dedicação e por estarmos juntos desde o início neste desafio, a quem também agradeço a oportunidade deste tema e dedico este trabalho.

Ao Prof. Dr. Keller, meu orientador, pela confiança, disponibilidade, atenção, orientação e oportunidades a mim ofertadas, que vão muito além dos limites deste trabalho.

À Profa. Dra. Stelamaris pela orientação, não apenas técnica, nos desafios durante este trabalho, e pela receptividade desde a época em que ingressei em seu grupo na ABNT.

Ao Prof. Dr. Salvador J. Peris pelo apoio desde o início, indispensável à exploração deste tema.

À UFMG, ao DESA e ao SMARH pela qualidade deste curso que certamente me proporcionou uma nova formação, muito além da titulação.

A todos os professores, funcionários e especialmente aos colegas pela confiança e oportunidade de vivenciar, juntamente com a amiga Uende, a experiência de representação dissente no colegiado.

Agradeço especialmente aos amigos Margarita, Marília, Paulo e João, que se fizeram e continuarão sempre presentes em todos os momentos.

A todos os colegas de ABNT e da SOBRAC pelos debates e exposições que proporcionam um contínuo aprendizado, cujo reflexo se faz diariamente em minha atuação profissional.

À direção do IAC, Parque Trianon e Posto Sucão pela compreensão e autorização de acesso.

Ao Dr. Raimund Spechdt pela disponibilidade e concessão do *Avisoft*.

A Métron Acústica pela disponibilidade da instrumentação, compreensão e apoio fundamentais a este desafio.

E a todos que direta ou indiretamente foram indispensáveis à realização deste trabalho.

## RESUMO

A constante expansão urbana e a necessidade humana de preservação de áreas verdes no interior e no entorno de áreas urbanizadas, demandam estudos quanto aos diferentes aspectos ambientais necessários à manutenção de um hábitat diversificado e propício às diferentes espécies da fauna presente nestes nichos ecológicos. Um desses aspectos diz respeito à análise e acompanhamento do campo acústico. A exemplo, aos passeriformes a comunicação sonora é fundamental à alimentação, ao acasalamento, e à defesa territorial.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram escolhidos cinco hábitats de passeriformes típicos da avifauna sudeste brasileira, expostos a ruídos antrópicos. A avaliação dos níveis sonoros foi realizada seguindo as metodologias de engenharia acústica e de levantamento acústico, com registro dos níveis sonoros no tempo e dos níveis sonoros em 1/3 de oitavas. Também foram gravados e analisados os cantos de seis diferentes espécies de pássaros e identificadas suas amplitudes espectrais.

Para a avaliação dos níveis sonoros na faixa de vocalização das espécies selecionadas foram concebidos dois diferentes descritores, construídos a partir dos resultados das medições em 1/3 de oitavas. O primeiro se mostrou válido à comparação entre grupos de passeriformes com mesma amplitude espectral de vocalização. O segundo possibilita a comparação de resultados entre diferentes grupos, de diferentes hábitats.

A partir dos resultados concluiu-se que descritores de níveis globais de pressão sonora, lineares e ponderados em “A”, não são apropriados à avaliação de impacto acústico ambiental sobre a avifauna, tornando fundamental a análise através de descritores como os propostos neste trabalho.

Palavras-chaves: Acústica ambiental; Ruído; Poluição sonora; Vocalização; Passeriformes; *Troglodytes musculus*; *Turdus leucomelas*; *Turdus rufiventris*; *Icterus jamacaii*; *Pitangus sulphuratus*; *Gnorimopsar chopi*.

## ABSTRACT

For the development of this research were selected five habitats of the typical of Brazilian birds, exposed to noise. The assessment of noise levels were conducted on acoustics engineering method, in 1/3 octaves. Were also recorded and analyzed the songs of the birds.

For the assessment of noise levels in the range of vocalization were developed two different descriptors, constructed from the results of measurements in 1/3 of octaves. The first enables the comparison between groups of birds with common characteristics of the spectral of the vocalization. The second enables the comparison of results between different groups.

The results of evaluations of the five habitats found that the use of descriptors of overall sound pressure levels, flat and weighted in "A" are not appropriate for the assessment of acoustic environmental impact in the birds. The analysis through descriptors as proposed in this work is fundamental.

Environmental acoustics; Noise; Vocalization; Passerines; *Troglodytes musculus*; *Turdus leucomelas*; *Turdus rufiventris*; *Icterus jamaicaii*; *Pitangus sulphuratus*; *Gnorimopsar chopi*.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	X
LISTA DE TABELAS.....	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS .....	XIV
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>6</b>
3.1 PRINCÍPIOS ACÚSTICOS PARA MEDIÇÃO DE NÍVEL SONORO.....	6
3.2 COMUNICAÇÃO ACÚSTICA HUMANA .....	11
3.2.1 <i>Percepção auditiva humana</i> .....	11
3.2.2 <i>Vocalização humana</i> .....	15
3.2.3 <i>Efeitos do ruído sobre o homem</i> .....	16
3.3 COMUNICAÇÃO ACÚSTICA DE PASSERIFORMES .....	17
3.4 A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA.....	18
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
4.1 ESPÉCIES.....	22
4.1.1 <i>Bem-te-vi (Pitangus sulphuratus Linnaeus, 1766)</i> .....	22
4.1.2 <i>Corruíra (Troglodytes musculus Naumann, 1823)</i> .....	23
4.1.3 <i>Pássaro-preto (Gnorimopsar chopi Vieillot, 1818)</i> .....	25
4.1.4 <i>Sabiá-barranco (Turdus leucomelas Vieillot, 1818)</i> .....	26
4.1.5 <i>Sabiá-laranjeira (Turdus rufiventris Vieillot, 1818)</i> .....	27
4.1.6 <i>Sofrê (Icterus jamacaii Gmelin, 1788)</i> .....	28
4.2 HÁBITATS .....	29
4.2.1 <i>Rodovia Dom Pedro I</i> .....	30
4.2.2 <i>Instituto Agrônomo de Campinas – IAC (Fazenda Santa Eliza)</i> .....	32
4.2.3 <i>Parque Tenente Siqueira Campos (Parque Trianon)</i> .....	34
4.2.4 <i>Rua Campos Sales</i> .....	35
4.2.5 <i>Machacalis</i> .....	36
4.3 EQUIPAMENTOS DE GRAVAÇÃO.....	38
4.3.1 <i>Microfone unidirecional</i> .....	38
4.3.2 <i>Gravadora digital</i> .....	40
4.4 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO.....	42
4.4.1 <i>Medidor de nível sonoro</i> .....	42
4.4.2 <i>Microfone capacitivo de campo livre</i> .....	45
4.4.3 <i>Calibrador Sonoro</i> .....	46
4.4.4 <i>Analisador de oitavas e terças de oitava</i> .....	46
4.5 SOFTWARE PARA ANÁLISE DOS CANTOS – AVISOFT.....	47
4.6 METODOLOGIA DE GRAVAÇÃO DO CANTO DOS PÁSSAROS.....	48
4.7 METODOLOGIA DE MEDIÇÃO DO RÚIDO AMBIENTAL.....	49
4.8 METODOLOGIA DE ANÁLISE DAS VOCALIZAÇÕES DOS PÁSSAROS.....	51
4.9 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO CAMPO ACÚSTICO AMBIENTAL.....	52
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>55</b>
5.1 ROD. D. PEDRO I – POSTO SUCÃO / CORRUÍRA (TROGLODYTES MUSCULUS).....	55
5.1.1 <i>Localização e distribuição dos pontos de medição</i> .....	55
5.1.2 <i>Resultados das medições de nível sonoro</i> .....	57
5.1.3 <i>Análise das vocalizações</i> .....	62
5.1.4 <i>Discussão dos resultados</i> .....	63
5.2 IAC – FAZENDA SANTA ELIZA / SABIÁ-BARRANCO (TURDUS LEUCOMELAS).....	67
5.2.1 <i>Localização e distribuição dos pontos de medição</i> .....	67
5.2.2 <i>Resultados das medições de nível sonoro</i> .....	68

5.2.3	<i>Análise das vocalizações</i> .....	76
5.2.4	<i>Discussão dos resultados</i> .....	77
5.3	PARQUE TRIANON / SABIÁ-LARANJEIRA (TURDUS RUFIVENTRIS).....	80
5.3.1	<i>Localização e distribuição dos pontos de medição</i> .....	80
5.3.2	<i>Resultados das medições de nível sonoro</i> .....	81
5.3.3	<i>Análise das vocalizações</i> .....	90
5.3.4	<i>Discussão dos resultados</i> .....	91
5.4	RUA CAMPOS SALES – BH, MG/ CORRUIRA (TROGLODYTES MUSCULUS).....	94
5.4.1	<i>Localização do ponto de medição</i> .....	94
5.4.2	<i>Resultados das medições de nível sonoro</i> .....	95
5.4.3	<i>Análise das vocalizações</i> .....	99
5.4.4	<i>Discussão dos resultados</i> .....	100
5.5	MACHACALIS - MG/ BEM-TE-VI (TURDUS RUFIVENTRIS), PÁSSARO-PRETO (GNORIMOPSAR CHOPI) E SOFRÊ (ICTERUS JAMACAI).....	103
5.5.1	<i>Localização e distribuição dos pontos de medição</i> .....	103
5.5.2	<i>Resultados das medições de nível sonoro</i> .....	104
5.5.3	<i>Análise das vocalizações</i> .....	105
5.5.4	<i>Discussão dos resultados</i> .....	106
5.6	ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS .....	109
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>114</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>119</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 3-1</b> – Representação da propagação de uma onda sonora.....	7
<b>FIGURA 3-2</b> – Representação da medida do comprimento de onda.....	8
<b>FIGURA 3-3</b> – Curvas do mesmo nível de audibilidade para tons puros encontradas através de fone de ouvido.....	12
<b>FIGURA 3-4</b> – Curvas de ponderação em frequência “A” e “C” aplicadas na construção de medidores de nível sonoro.....	12
<b>FIGURA 3-5</b> – Curvas do mesmo nível de audibilidade para tons puros (Isophones) encontradas através de incidência sonora frontal de tons puros, via auto-falante central, em uma câmara anecóica.....	13
<b>FIGURA 3-6</b> – Curvas de mesmo nível de audibilidade para tons puros atualmente normalizadas pela ISO.....	14
<b>FIGURA 3-7</b> – Curvas do mesmo nível de audibilidade para 40phons, propostas por diferentes autores, comparadas à curva proposta por ROBINSON & DADSON.....	14
<b>FIGURA 3-8</b> – Comparação entre as curvas atuais (ISO 226:2003) de mesmo nível de audibilidade para tons puros e as curvas propostas por ROBINSON&DADSON (ISO 226:1987).....	15
<b>FIGURA 4-1</b> – <i>Pitangus sulphuratus</i> (bem-te-vi).....	22
<b>FIGURA 4-2</b> – <i>Troglodytes musculus</i> (Corruíra).....	25
<b>FIGURA 4-3</b> – <i>Gnorimopsar chopi</i> (Pássaro-preto).....	26
<b>FIGURA 4-4</b> – <i>Turdus leucomelas</i> (Sabiá-barranco).....	27
<b>FIGURA 4-5</b> – <i>Turdus rufiventris</i> (Sabiá-laranjeira).....	28
<b>FIGURA 4-6</b> – <i>Icterus jamacaii</i> (Sofrê).....	29
<b>FIGURA 4-7</b> – Mapa rodoviário para identificação e localização da Rod. D. Pedro I.....	30
<b>FIGURA 4-8</b> – Imagem satélite para identificação e localização do km 124 Sul.....	31
<b>FIGURA 4-9</b> – Imagem satélite para identificação e localização do hábitat estudado na área do Posto Sucção.....	32
<b>FIGURA 4-10</b> – Imagem satélite para identificação e localização do IAC.....	33
<b>FIGURA 4-11</b> – Imagem satélite para identificação e localização do hábitat de Sabiás-Barranco, no interior do IAC (Faz. Santa Eliza).....	33
<b>FIGURA 4-12</b> – Imagem satélite para identificação do ambiente acústico (hábitat de Sabiás-Barranco) avaliado no interior do IAC (Fazenda Santa Eliza).....	34
<b>FIGURA 4-13</b> – Parque Trianon (Tenente. Siqueira Campos).....	35
<b>FIGURA 4-14</b> – Identificação e classificação da rua Campos Sales.....	36
<b>FIGURA 4-15</b> – Imagem satélite para identificação e localização do hábitat da corruíra.....	36
<b>FIGURA 4-16</b> – Imagem satélite para identificação e localização de Machacalis.....	37
<b>FIGURA 4-17</b> – Imagem satélite para identificação e localização de Machacalis.....	38
<b>FIGURA 4-18</b> – Microfone unidirecional Sennheiser ME 66.....	38
<b>FIGURA 4-19</b> – Curvas de resposta em frequência do microfone Sennheiser ME 66.....	39
<b>FIGURA 4-20</b> – Diagrama polar do microfone unidirecional Sennheiser ME 66.....	40
<b>FIGURA 4-21</b> – Gravadora digital de estado sólido Marantz PMD660.....	40
<b>FIGURA 4-22</b> – Medidor de nível sonoro B&K 2238.....	43
<b>FIGURA 4-23</b> – Microfone B&K 4188.....	45

<b>FIGURA 4-24</b> – Curva de resposta em frequência do microfone B&K 4188.....	46
<b>FIGURA 4-25</b> – Calibrador sonoro B&K 4231.....	46
<b>FIGURA 4-26</b> – Imagem de uma das telas do <i>Avisoft</i> .....	47
<b>FIGURA 4-27</b> – Imagem de um sonograma.....	51
<b>FIGURA 4-28</b> – Gráfico modelo para apresentação dos resultados em 1/3 de oitavas.....	52
<b>FIGURA 4-29</b> – Gráfico modelo para apresentação dos resultados do NPS no tempo.....	53
<b>FIGURA 5-1</b> – Pontos de medição de nível sonoro locados na área do posto Sucão.....	56
<b>FIGURA 5-2</b> – NPS no tempo, DPI-P01.....	58
<b>FIGURA 5-3</b> – NPS em 1/3 de oitavas, DPI-P01.....	59
<b>FIGURA 5-4</b> –NPS no tempo, DPI-P02.....	60
<b>FIGURA 5-5</b> – NPS 1/3 de oitavas, DPI-P02.....	60
<b>FIGURA 5-6</b> – NPS no tempo, DPI-P03.....	61
<b>FIGURA 5-7</b> – NPS em 1/3 de oitavas, DPI-P03.....	62
<b>FIGURA 5-8</b> – Sonograma de uma frase do canto de um <i>T. musculus</i> no posto Sucão.....	63
<b>FIGURA 5-9</b> – NPS x pontos de medição.....	67
<b>FIGURA 5-10</b> – Pontos de medição de nível sonoro locados no interior do IAC.....	68
<b>FIGURA 5-11</b> – NPS no tempo, no ponto IAC-P01, pela manhã.....	70
<b>FIGURA 5-12</b> – NPS no tempo, no ponto IAC-P01, ao final da tarde.....	71
<b>FIGURA 5-13</b> – NPS, em 1/3 de oitavas, no ponto IAC-P01 pela manhã.....	71
<b>FIGURA 5-14</b> – NPS, em 1/3 de oitavas, no ponto IAC-P01 ao final da tarde.....	72
<b>FIGURA 5-15</b> – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P02.....	72
<b>FIGURA 5-16</b> – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P03.....	73
<b>FIGURA 5-17</b> – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P04.....	74
<b>FIGURA 5-18</b> – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P05.....	74
<b>FIGURA 5-19</b> – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P06.....	75
<b>FIGURA 5-20</b> – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P07.....	76
<b>FIGURA 5-21</b> – Sonograma de uma frase do canto de um <i>T. leucomelas</i> no IAC.....	77
<b>FIGURA 5-22</b> – NPS globais: IAC.....	78
<b>FIGURA 5-23</b> – Resultados no IAC.....	80
<b>FIGURA 5-24</b> – Pontos de medição de nível sonoro –Parque Trianon.....	81
<b>FIGURA 5-25</b> – NPS no tempo, TSC-P01.....	82
<b>FIGURA 5-26</b> – NPS em 1/3 de oitavas, TSC-P01.....	83
<b>FIGURA 5-27</b> – NPS no tempo, no ponto TSC-P02.....	83
<b>FIGURA 5-28</b> – NPS em 1/3 de oitavas, no ponto TSC-P02.....	84
<b>FIGURA 5-29</b> – NPS no tempo, no ponto TSC-P03.....	85
<b>FIGURA 5-30</b> – NPS em 1/3 de oitavas, no ponto TSC-P03.....	85
<b>FIGURA 5-31</b> – NPS no tempo, no ponto TSC-P04.....	86
<b>FIGURA 5-32</b> – NPS em 1/3 de oitavas, no ponto TSC-P04.....	86
<b>FIGURA 5-33</b> – NPS no tempo, no ponto TSC-P05.....	87

<b>FIGURA 5-34</b> – NPS no tempo, no ponto TSC-P05.....	88
<b>FIGURA 5-35</b> – NPS em 1/3 de oitavas, no ponto TSC-P05.....	88
<b>FIGURA 5-36</b> – NPS no tempo, no ponto TSC-P06.....	89
<b>FIGURA 5-37</b> – NPS em 1/3 de oitavas, no ponto TSC-P06.....	89
<b>FIGURA 5-38</b> – Sonograma de uma frase do canto de um <i>T. rufiventris</i> . Parque Trianon (com ruído ambiente ao fundo).....	90
<b>FIGURA 5-39</b> – Sonograma de uma frase do canto de um <i>T. rufiventris</i> . Parque Trianon (após tratamento do sinal).....	91
<b>FIGURA 5-40</b> – NPS globais x pontos de medição.....	92
<b>FIGURA 5-41</b> – NPS x ponto de medição.....	94
<b>FIGURA 5-42</b> – NPS em 1/3 de oitavas, CS-P01, 5h.....	95
<b>FIGURA 5-43</b> – NPS em tempo, CS-P01, 5h20min.....	96
<b>FIGURA 5-44</b> – NPS em 1/3 de oitavas, CS-P01, 6h.....	96
<b>FIGURA 5-45</b> – NPS em tempo, CS-P01, 6h20min.....	97
<b>FIGURA 5-46</b> – NPS em 1/3 de oitavas, CS-P01, 7h.....	97
<b>FIGURA 5-47</b> – NPS em tempo, CS-P01, 7h20min.....	98
<b>FIGURA 5-48</b> – NPS em 1/3 de oitavas, CS-P01, 8h.....	98
<b>FIGURA 5-49</b> – NPS em tempo, CS-P01, 8h20min.....	99
<b>FIGURA 5-50</b> – Sonograma de uma frase do canto de um <i>T. musculus</i> . Rua Campos Sales.....	100
<b>FIGURA 5-51</b> – NPS globais x horário de medição.....	101
<b>FIGURA 5-52</b> – NPS x ponto de medição.....	103
<b>FIGURA 5-53</b> – NPS em 1/3 de oitavas, NM-P01.....	104
<b>FIGURA 5-54</b> – NPS no tempo, NM-P01.....	104
<b>FIGURA 5-55</b> – Sonograma ilustrativo do canto de um <i>Bem-te-vi</i> . (Machacalis).....	105
<b>FIGURA 5-56</b> – Sonograma ilustrativo do canto de um Pássaro-preto (Machacalis).....	106
<b>FIGURA 5-57</b> – Sonograma ilustrativo do canto de um Sofrê (Machacalis).....	106
<b>FIGURA 5-58</b> – Comparativo das faixas espectrais de vocalização.....	110
<b>FIGURA 5-59</b> – Comparativo dos níveis de pressão sonora equivalentes.....	113

## LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 Correlação entre a capacidade do cartão de memória e o tempo de gravação para o formato digital PCM 48kHz. ....	41
TABELA 4.2 Correlação entre ruído térmico e elétrico – B&K 2238. ....	44
TABELA 5.1 Fluxo de veículos na Rod. D. Pedro I. ....	57
TABELA 5.2 Análise de vocalização: <i>T. musculus</i> no posto Sucão. ....	62
TABELA 5.3 NPS globais – Rod. D. Pedro I. ....	63
TABELA 5.4 NPS em 1/3 de oitavas: Rod. D. Pedro I. ....	65
TABELA 5.5 Fluxo de veículos na Rod. Gal. Milton Tavares de Souza. ....	68
TABELA 5.6 Fluxo viário x descritores acústicos (IAC-P01). ....	70
TABELA 5.7 Análise de vocalização: <i>T. leucomelas</i> no IAC. ....	77
TABELA 5.8 NPS globais: IAC. ....	78
TABELA 5.9 NPS em 1/3 de oitavas: IAC. ....	79
TABELA 5.10 Análise do canto de <i>T. rufiventris</i> no parque Trianon. ....	90
TABELA 5.11 NPS globais: Parque Trianon. ....	91
TABELA 5.12 NPS em 1/3 de oitavas: Parque Trianon. ....	92
TABELA 5.13 Análise de vocalização: <i>T. musculus</i> na Rua Campos Sales. ....	99
TABELA 5.14 NPS globais: Campos Sales. ....	100
TABELA 5.15 NPS em 1/3 de oitavas: R. Campos Sales. ....	101
TABELA 5.16 Análise das vocalizações: ....	105
TABELA 5.17 NPS globais máximos: Machacalis. ....	106
TABELA 5.18 NPS globais mínimos: Machacalis. ....	107
TABELA 5.19 Machacalis: Limites espectrais e descritores acústicos. ....	108
TABELA 5.20 Machacalis: NPS em 1/3 de oitavas. ....	108
TABELA 5.21 Análise comparativas das vocalizações e dos descritores acústicos. ....	109
TABELA 5.22 Análise comparativa dos níveis sonoros a cada faixa de 1/3 de oitava. ....	110
TABELA 5.23 Análise comparativa entre espécies, habitats e níveis sonoros. ....	112
TABELA 5.24 Análise comparativa do gradiente $L_{Leq} - L_{eq(Xx)}$ . ....	113

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- A/D – Analógico-Digital
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANSI – *American National Standards Institute*
- AOU – *American Ornithologist's Union*
- APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
- B&K – Brüel&Kjaer
- CBRO – Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos
- CEI – *Commission Electrotechnique Internationale*
- CF – Constituição Federal
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- D/A – Digital-Analógico
- dB(A) – decibel ponderado em “A” de frequência
- dB(C) – decibel ponderado em “C” de frequência
- dB(L) – decibel em ponderação linear de frequência
- dB(Z) – decibel em ponderação linear “Z” de frequência
- DESA – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG
- FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- FFT – *Fast Fourier Transform* (Transformada Rápida de Fourier)
- IAC – Instituto Agrônomo de Campinas
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IEC – *International Electrotechnical Commission*
- ITIS – *Integrated Taxonomic Information System*
- $L_{Aeq}$  – Nível equivalente de pressão sonora ponderado em “A”
- $L_{10}$  – Nível percentil 10 de pressão sonora.
- $L_{90}$  – Nível percentil 90 de pressão sonora.
- $L_{AFmax}$  – Nível máximo de pressão sonora ponderado em “A” e em *fast*.
- $L_{AFmin}$  – Nível mínimo de pressão sonora ponderado em “A” e em *fast*.
- $L_{ASmax}$  – Nível máximo de pressão sonora ponderado em “A” e em *slow*.
- $L_{ASmin}$  – Nível mínimo de pressão sonora ponderado em “A” e em *slow*.
- $L_{Ceq}$  – Nível equivalente de pressão sonora ponderado em “C”
- $L_{CFmax}$  – Nível máximo de pressão sonora ponderado em “C” e em *fast*.

$L_{CFmin}$  – Nível mínimo de pressão sonora ponderado em “C” e em *fast*.  
 $L_{CLeq}$  – Nível equivalente de pressão sonora ponderado em “C” e em *impulsive*.  
 $L_{eq}$  – Nível equivalente de pressão sonora  
LI – Licença de Instalação  
 $L_I$  – Nível de intensidade sonora  
LO – Licença de Operação  
LP – Licença Prévia  
 $L_W$  – Nível de potência sonora  
MASP – Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
MNS – Medidor de Nível Sonoro  
MP – Ministério Público  
MTE – Ministério do Trabalho e Emprego  
OMS – Organização Mundial de Saúde  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PBH – Prefeitura de Belo Horizonte  
PC – Personal Computer (Computador Pessoal)  
PCM – Pulse Code Modulation (Modulação por Código de Pulso)  
RBC – Rede Brasileira de Calibração  
RH – Relative Humidity (umidade relativa)  
RMS – *Root Mean Square*  
RSPB – *Royal Society for the Protection of Birds*  
SAA – Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo  
SEMAD – Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (MG)  
SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente  
SLM – *Sound Level Meter* (MNS – Medidor de nível sonoro)  
SMARH – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG)  
THD – *Total Harmonic Distortion* (Distorção Harmônica Total)  
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas  
USAL – *Universidad de Salamanca*  
USB – *Universal Serial Bus* (Barramento Serial Universal)  
WHO – *World Health Organization* (Organização Mundial de Saúde)

# 1 INTRODUÇÃO

Os conceitos de som ou ruído estão diretamente associados à capacidade do aparelho auditivo humano perceber as ondas mecânicas tridimensionais presentes no ar. A percepção deste fenômeno é natural ao homem, assim como os demais sentidos que o permitem perceber e interagir com o ambiente e com outros seres, de mesma ou diferentes espécies, a partir da emissão e recepção de sinais como odor, luz e sons.

A necessidade humana de compreender os sinais sonoros, enquanto um fenômeno físico, proporcionou que este conhecimento ganhasse interação com outras ciências, dando origem a ilimitadas inter-relações. No campo das artes, tem-se a acústica musical. No campo da saúde, a audiologia, a psicoacústica e a neurociências estudam a fisiologia dos aparelhos fonador e auditivo e os efeitos físicos e psíquicos dos sons no organismo e comportamento humano.

O avanço científico a cerca dos limites sonoros suportados pelo homem, demandaram o desenvolvimento de soluções para controle e redução de ruído, de modo a proteger o ser humano, envolvendo aplicações nas diferentes áreas da engenharia, arquitetura e urbanismo.

Na busca de soluções para redução e controle das emissões sonoras tem-se a acústica aplicada à engenharia, em suas inúmeras áreas nos campos da mecânica, aeronáutica, civil e eletroeletrônica, dentre outras.

Em projetos de edificações, a utilização dos conhecimentos acústicos possibilita estabelecer, para um ambiente, condições ideais de conforto acústico ao exercício de diferentes atividades humanas.

A acústica ambiental aplicada ao planejamento do espaço urbano, permite planejar e orientar o crescimento ordenado e sustentável das cidades, onde o ruído de bares, igrejas e de equipamentos urbanos como escolas, aeroportos, ferrovias e de tráfego de veículos são alvos constantes de queixas de poluição sonora pela população.

Nas grandes cidades, o tráfego de veículos automotores, principalmente os veículos a diesel, são determinantes para a caracterização do campo acústico urbano.

Um veículo automotor apresenta como principais fontes sonoras pontuais o ruído do motor, caixa de marcha, escapamento e do atrito do pneu com o piso. O tráfego veicular em uma via

pública possibilita considerá-la como uma fonte de ruído em linha, uma vez que diferentes veículos, estarão presentes nesta via, em diferentes pontos no espaço e no tempo, produzindo ruído. Logo, o ruído ambiental estará diretamente associado ao volume de tráfego, à velocidade, às classes de veículos, e às características do pavimento.

Esta multidisciplinaridade e interdisciplinaridade também se faz nas ciências biológicas e ambientais, onde a bioacústica se dedica a investigar o mesmo fenômeno físico, porém com os “ouvidos” e as “vozes” dos diferentes animais, onde, a partir da análise da vocalização, é possível compreender a comunicação e o comportamento dos animais.

Concomitante à evolução dos conhecimentos científicos das diferentes disciplinas acústicas tem-se a evolução tecnológica da eletroacústica, com avanço das instrumentações e dos recursos computacionais.

Nesta interdisciplinaridade se inseri esta pesquisa, que busca interagir os conhecimentos utilizados em estudos de impacto acústico ambiental, com as técnicas de estudo da comunicação sonora entre os animais, e com o estado da arte em eletroacústica.

Considera-se também, que muito além dos conhecimentos técnicos, a relação entre o homem e a fauna se faz também por seu caráter social e cultural, sobretudo pela agradável percepção auditiva que o canto de algumas espécies de pássaros proporcionam ao homem.

Na cultura brasileira esta relação é tão presente que culminou no decreto assinado pelo ex-presidente da república Fernando Henrique Cardoso, em 2002, que estabelece o sabiá-laranjeira como símbolo da nação brasileira. Considera-se que este recente ato presidencial é fruto do enraizamento cultural entre esta espécie e a população, cuja identidade cultural está historicamente associada à biodiversidade de seu território.

A exemplo, em 1843, período em que viveu na Europa, o poeta Gonçalves Dias expressou sua saudade do Brasil saudando o canto do sabiá, no imortalizado poema Canção do Exílio:

*“Minha terra tem palmeiras,  
Onde canta o Sabiá;  
As aves, que aqui gorjeiam,  
Não gorjeiam como lá.”  
(...)  
Gonçalves Dias*

Fisiologicamente diferentes animais interagem diferentemente com o ambiente. Seus aparelhos receptores e geradores de sinais acústicos captam e geram ondas mecânicas cujas faixas de frequências são diferentes da capacidade perceptiva do aparelho auditivo humano. Alguns animais como o cachorro e o morcego são capazes de ouvir ultra-sons. Outros como o elefante e a girafa se comunicam por infra-sons. Da mesma forma, estão sujeitos a diferentes efeitos da percepção acústica, quando da interferência de ruídos antrópicos.

Para a investigação dos impactos que as emissões acústicas produzidas pelo homem podem causar às diferentes espécies da fauna, é necessário compreender o espectro sonoro de comunicação destas espécies e a condição acústica de seus habitats.

Na esfera legal e científica há uma ausência de procedimentos e critérios técnicos que garantam proteção à fauna dos possíveis efeitos da poluição acústica causada pelo homem. Esta ausência de conhecimento no campo da bioacústica e da acústica ambiental é o pilar motivador desta pesquisa.

Assim, foram selecionados cinco habitats de passeriformes típicos da avifauna brasileira, situados em áreas urbanas e periurbanas, expostos à ruídos antrópicos.

Em cada um dos habitats foram medidos os níveis de pressão sonora, pelo método de engenharia acústica e de levantamento acústico, com registro dos níveis globais no tempo e dos níveis de pressão sonora equivalentes em faixas de 1/3 de oitavas, conforme ABNT NBR 7731:1983. Os pontos de medição foram locados de modo a caracterizar a pressão sonora nas áreas de permanência dos pássaros.

Para cada habitat foi selecionada pelo menos uma espécie de passeriforme para gravação e análise da vocalização. As gravações foram realizadas entre os meses de novembro e janeiro, sempre ao amanhecer ou ao entardecer, ou seja, em períodos onde o canto é fundamental ao processo de acasalamento e reprodução da espécie. Os cantos foram então analisados em software computacional e identificados os limites espectrais, inferior e superior.

Considerando: a importância da comunicação sonora para a defesa e acasalamento dos animais; que a percepção auditiva dos passeriformes não é conhecida; que não há metodologia normalizada nem tão pouco legislação que trate da avaliação de impacto acústico sobre a fauna; e que a avaliação de impacto acústico sobre o homem também é verificada a partir da

interferência causada por ruído na comunicação pela fala, decidiu-se propor e testar a criação de novos descritores acústicos, de maneira a expressar os níveis sonoros na faixa de vocalização de cada uma das espécies estudadas, em seu respectivo hábitat. Propõe-se também um segundo descritor acústico que possibilita comparar a pressão sonora entre os diferentes hábitats estudados.

Espera-se que estes descritores sejam empregados na avaliação de impacto acústico ambiental sobre a fauna, sempre delimitados em consonância aos sinais de comunicação de uma dada espécie ou de um conjunto de espécies com características comuns de vocalização que compartilham um mesmo hábitat. Assim, esta pesquisa pretende contribuir ao conhecimento científico da acústica ambiental ao abordar questões relacionadas à interferência do ruído antrópico na comunicação de passeriformes.

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. No capítulo 1 é introduzido o tema e no capítulo 2 são apresentados os objetivos geral e específicos deste trabalho. No capítulo 3 está a revisão da literatura, abordando os princípios de medição de nível sonoro, a comunicação acústica humana, no que diz respeito à vocalização e as curvas de sensibilidade auditiva, a comunicação acústica dos passeriformes e os aspectos associados à legislação ambiental brasileira. No capítulo 4 são apresentados material e métodos empregados no desenvolvimento deste trabalho. No capítulo 5 são apresentados os resultados e uma discussão acerca dos mesmos. As conclusões e recomendações estão no sexto e último capítulo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 *Objetivo geral***

Este trabalho tem por objetivo geral realizar a avaliação acústica ambiental, pelo método de engenharia acústica, em cinco diferentes habitats de passeriformes, típicos da avifauna brasileira, expostos a ruídos antrópicos nos estados de Minas Gerais e São Paulo, bem como a análise do espectro vocal destes passeriformes.

### **2.2 *Objetivos específicos***

Este trabalho tem por objetivos específicos:

- Avaliar material e métodos mais apropriados às avaliações de impacto acústico ambiental sobre a avifauna.
- Identificar os limites espectrais da faixa de vocalização de indivíduos de passeriformes identificados nos habitats estudados, a partir da análise por sonogramas.
- Propor novos descritores acústicos que expressem os níveis sonoros nas faixas de vocalização de passeriformes, para serem aplicados em estudos de avaliação de impacto acústico ambiental sobre a avifauna.
- Contribuir para novas pesquisa sobre impacto de ruídos antrópicos na comunicação de passeriformes.

## 3 REVISÃO DA LITERATURA

### 3.1 *Princípios acústicos para medição de nível sonoro*

Os primeiros estudos sobre a geração e propagação da energia sonora foram realizados pelo inglês Jonh William Strutt (Baron Rayleigh), autor do clássico *Theory of sound*, cuja primeira edição data de 1877/1878 (RAYLEIGH, 1945). Em 1904, juntamente com o químico inglês Sir William Ramsay, Baron Rayleigh recebeu o Prêmio Nobel de Física por seus estudos sobre a densidade dos gases mais importantes e pela descoberta do argônio (NOBELPRIZE, 2009). No campo da acústica, estudou espalhamento, difração, ondas, ressonância, reciprocidade, fluxo e percepção binaural (IEEE, 2009).

A propagação da energia sonora se faz pelo movimento vibratório das moléculas e/ou partículas que compõe um meio material elástico. O deslocamento de uma partícula a partir de seu ponto de equilíbrio, proporciona a medida do deslocamento da partícula. O deslocamento da partícula derivado no tempo, proporciona a medida da velocidade da partícula.

O número de vezes que uma partícula faz o movimento completo de ir e vir a partir do ponto inicial de deslocamento, em um intervalo temporal de um segundo, determinará a frequência de vibração da partícula, dada em ciclos por segundo (Hertz). O termo Hertz, padronizado pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), é uma homenagem ao físico alemão Heinrich Rudolf Hertz, onde 1Hz equivale a um ciclo por segundo.

O movimento de uma molécula produz a transferência de energia para as moléculas vizinhas que também entrarão em movimento. Por sua vez estas irão transferir energia às suas vizinhas e assim sucessivamente, dando origem a formação de uma onda de transferência de energia. O deslocamento de um conjunto de moléculas terá o comportamento associado ao estímulo inicial que o desencadeou, propagando-se em movimentos cíclicos, cuja frequência de vibração pode ser medida em Hertz.

Uma onda mecânica presente no ar pode ser chamada de onda sonora quando sua frequência de vibração for perceptível ao ouvido humano. Estes limites estão compreendidos na faixa de 20Hz a 20kHz. Quando sua frequência de vibração é inferior a 20Hz esta recebe a denominação de onda infra-sônica. Quando sua frequência de vibração é superior a 20kHz, é denominada de onda ultra-sônica.

A velocidade com que a onda sonora se propaga é denominada de velocidade de propagação do som. A velocidade de propagação do som depende da elasticidade e da densidade do meio de propagação.

A densidade do ar atmosférico é inversamente proporcional à sua temperatura. À medida que a temperatura se eleva, para uma pressão atmosférica constante, ocorrerá uma expansão dos gases, diminuindo a densidade do ar atmosférico. Assim, ao nível do mar, para uma temperatura de 0°C a velocidade de propagação do som será de aproximadamente 331m/s. A velocidade de propagação do som no ar se eleva na proporção de 0,61m/s a cada grau Celsius de elevação da temperatura, podendo ser calculado pela expressão 3.1 (RUSSO, 1999).

$$c = 331,2 + 0,61 \cdot t \quad (\text{m/s}) \quad (3.1)$$

onde:

c = velocidade de propagação do som no ar atmosférico (m/s)  
t = temperatura do ar (°C)

A propagação das ondas sonoras produz áreas de compressão e áreas de rarefação das partículas constituintes do meio de propagação. Este efeito pode ser medido em função da variação da pressão sonora.



**FIGURA 3-1** – Representação da propagação de uma onda sonora.

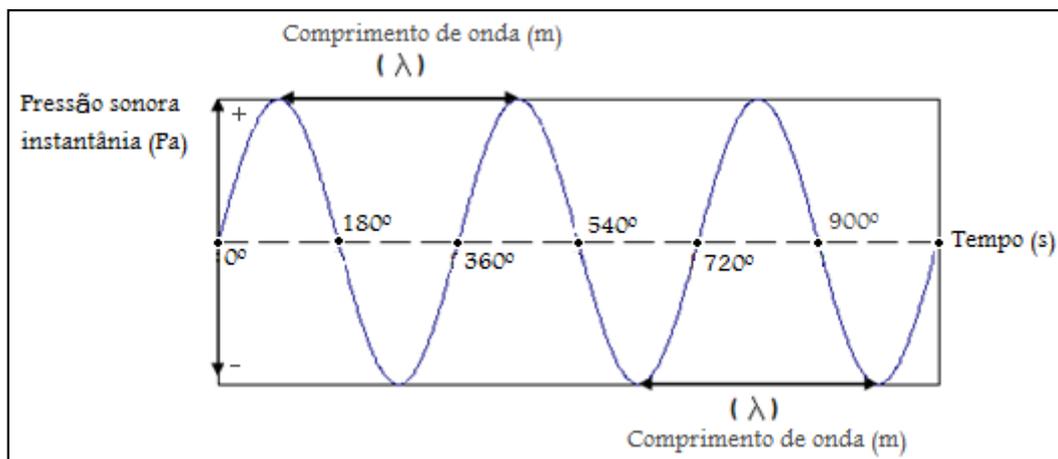
A medida da distância entre duas frentes de onda é denominada comprimento de onda. O comprimento de uma onda sonora em propagação no ar atmosférico pode ser calculado pela razão da velocidade de propagação da onda sonora e de sua frequência de oscilação (3.2).

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (m) \quad (3.2)$$

onde:

$c$  = velocidade de propagação do som (m/s)

$f$  = frequência da onda sonora (Hertz)



**FIGURA 3-2** – Representação da medida do comprimento de onda.

A intensidade sonora ( $I$ ) é a quantidade média de energia sonora, recebida por segundo, em uma área unitária perpendicular à direção de propagação da onda sonora ( $J \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ ). Considerando que energia na unidade de tempo ( $J \cdot s^{-1}$ ) é potência (Watts), a unidade de intensidade sonora será  $W/m^2$ , conforme apresentado na equação 3.3 (BISTAFA, 2006). A menor intensidade sonora percebida pelo aparelho auditivo humano é da ordem de  $10^{-12} W/m^2$ .

$$I_r = \frac{P_{eficaz_r}^2}{\rho c} = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \quad (W/m^2) \quad (3.3)$$

onde:

$I_r$  = intensidade sonora à distância  $r$  ( $W/m^2$ )

$r$  = distância (m)

$\rho$  = densidade do meio ( $\rho_{ar} = 1,2 kg/m^3$ )

$c$  = velocidade do som (m/s)

$P$  = potência sonora (W)

$P_{eficaz_r}$  = pressão sonora eficaz à distância  $r$

Destaca-se que, para ondas planas e ondas esféricas,  $\rho c$  é a impedância acústica específica ( $z$ ) do meio de propagação, expressa em  $kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ , ou simplesmente Rayl, em homenagem a Lord Rayleigh (1842-1919), onde  $1 Rayl = 1 kg/m^2 \cdot s$ .  $P_{eficaz_r}$  é o valor eficaz da pressão sonora à distância  $r$ . A pressão sonora eficaz está diretamente relacionada a energia transportada pela onda sonora. (BISTAFA, 2006).

A menor variação de pressão sonora capaz de produzir estímulo sonoro aos ouvidos humanos é da ordem de  $20\mu\text{Pa}$ . A maior pressão sonora capaz de ser suportada pelo ouvido humano, sem lesão física imediata, é da ordem de  $200\text{Pa}$ .

Ao estabelecer escalas lineares para representação das grandezas acústicas se verifica a progressão geométrica do estímulo em relação às variações de sensação, cuja progressão é aritmética. Logo, aplica-se a equação de Fechner-Weber (3.4), desenvolvida no século XIX para representar, em uma escala logarítmica, a relação entre estímulos físicos e a sensação humana.

$$s = k \cdot \log \frac{e}{e_0} \quad (3.4)$$

onde:

$s$  = sensação humana

$e$  = estímulo físico

$e_0$  = valor de referência para o estímulo físico

O termo decibel (dB), largamente empregado em acústica, surgiu apenas em 1929, quando engenheiros da Bell Labs. decidiram adotá-lo como submúltiplo do Bel (B). O Bel foi criado em 1924, em homenagem a Alexander Graham Bell (1847-1922) para expressar a relação entre a potência ( $P$ ) de um sistema e uma potência arbitrária de referência ( $P_0$ ), dada pela expressão (3.5):

$$\text{Bel} = \log \frac{P}{P_0} \quad (B) \quad (3.5)$$

onde:

$P$  = potência de um sistema (W)

$P_0$  = potência de referência (W)

Harvey Fletcher (1884-1981) verificou que um décimo de Bel era a mínima variação da potência sonora detectável pelo sistema auditivo humano (FLETCHER, 1929). Esse limiar foi denominado de unidade de sensação. Aplicado à equação de Fechner-Weber, tem-se (3.6):

$$\text{unidade de sensação} = 10 \cdot \log \frac{P}{P_0} \quad (\text{dB}) \quad (3.6)$$

onde:

$P$  = potência sonora (Watt).

$P_0$  = potência sonora de referência (Watt).

Assim, o nível de potência sonora de uma fonte sonora é dado pela equação (3.7), normalizada pela ISO. (ISO 1683, 1983)

$$L_W = 10 \cdot \log \frac{P}{P_0} \quad (\text{dB}) \quad (3.7)$$

onde:

$L_W$  = nível de potência sonora (dB)

$P$  = potência sonora (W).

$P_0$  = potência sonora de referência ( $P_0=1\text{pW}$ ).

Esta mesma norma técnica internacional também normalizou a expressão do nível de intensidade sonora (Eq. 3.8) e do nível pressão sonora (Eq. 3.9), dentre outras.

$$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad (\text{dB}) \quad (3.8)$$

onde:

$L_I$  = nível de intensidade sonora (dB)

$I$  = intensidade sonora ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$I_0$  = intensidade sonora de referência ( $1\text{pW}/\text{m}^2$ )

$$L_p = 10 \cdot \log \frac{p^2}{p_0^2} \quad (\text{dB}) \quad (3.9)$$

onde:

$L_p$  = nível de pressão sonora (dB)

$p$  = pressão sonora medida (Pa)

$p_0$  = pressão sonora de referência ( $20\mu\text{Pa}$ , para o ar como meio de propagação)

O nível de pressão sonora (Eq. 3.9) é a medida física adotada para caracterizar a sensação humana da percepção sonora. O instrumento utilizado para a medição é o medidor de nível sonoro, ou sonômetro, cujas características eletroacústica para fabricação e calibração deste instrumento são normalizados por normas técnicas internacionais da IEC.

No Brasil, este instrumento é erroneamente chamado de decibelímetro. O termo técnico correto “medidor de nível de pressão sonora” (ABNT NBR 10151:2000) tem origem no termo em inglês *Sound Level Meter*. Em Portugal é oficialmente denominado de Sonômetro. Em países de língua espanhola recebe a denominação de Sonómetro, cuja terminologia está

associada ao termo normalizado em francês: *Sonomètre*, de origem do latim *sonu* (som) e *metru* (metro) (IEC 61672-1, 2002).

## **3.2 Comunicação acústica humana**

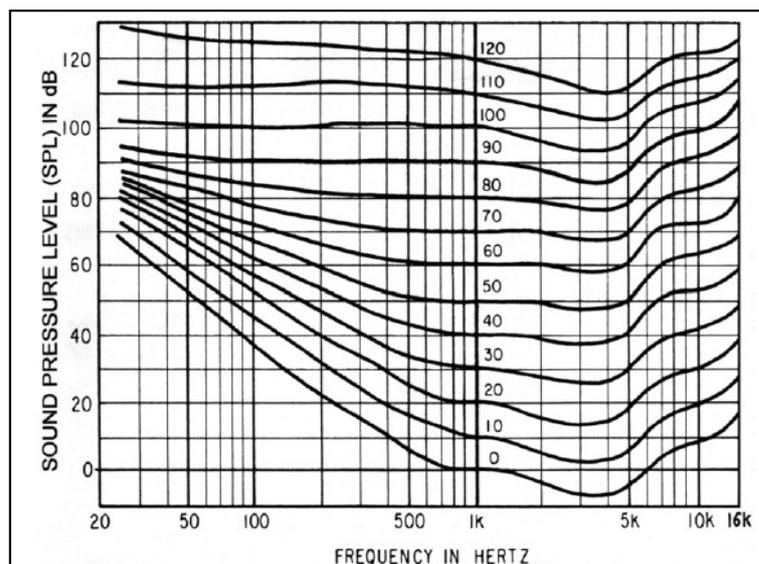
### **3.2.1 Percepção auditiva humana**

Considerando que a capacidade de percepção, pelo aparelho auditivo humano, das ondas mecânicas presentes no ar é limitada à faixa de frequência aproximada de 20Hz à 20kHz (WHO, 1995); que o limiar auditivo é de 20 $\mu$ Pa; que o limiar da dor é da ordem de 200Pa de pressão; que a sensação humana de intensidade sonora não é linear e varia em função da frequência e do nível de pressão sonora, fez-se necessário a especificação de uma grandeza para expressar a magnitude da sensação sonora humana.

Assim, para mensurar a magnitude da sensação sonora, ou seja, a sensação subjetiva de intensidade sonora, foi criada a grandeza psicoacústica denominada nível de audibilidade (*Loudness*), expressa em função da frequência e da pressão sonora.

KINGSBURY (1927) foi o primeiro a estudar o nível de audibilidade para tons puros. Porém, FLETCHER e MUNSON (1933) aprimoram os estudos nesta área medindo experimentalmente o nível de audibilidade para tons puros de diversas frequências sonoras (fig. 3-3). Em seus estudos, ouvintes foram solicitados a ajustar o nível sonoro de um tom puro, em determinada frequência, de maneira que, subjetivamente, julgassem equivalentes ao tom puro padrão de 1kHz. Assim, o nível de audibilidade de um som, igualmente audível ao de um tom puro em 1000Hz e de nível de intensidade sonora igual a um decibel, passou a ser denominado de *phon*.

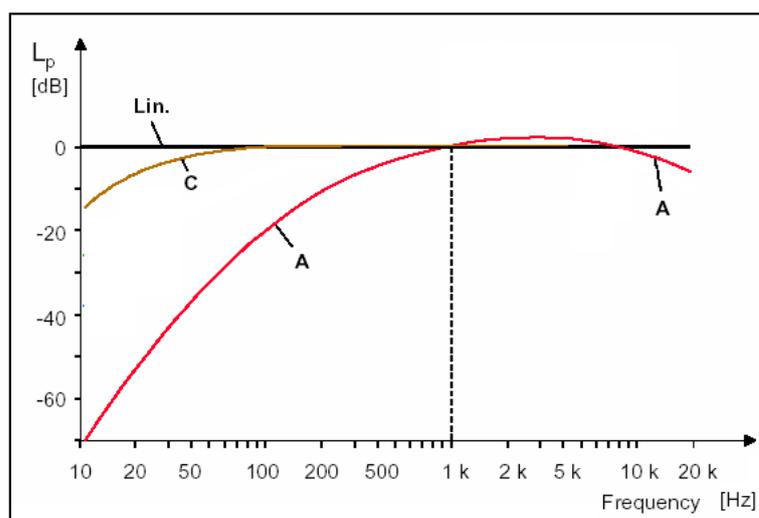
Ao buscar compreender estes limites e a correlação entre pressão e frequência sonora, estes pesquisadores desenvolveram a base dos conhecimentos atuais em acústica.



**FIGURA 3-3** – Curvas do mesmo nível de audibilidade para tons puros encontradas através de fone de ouvido.

Fonte: FLETCHER & MUNSON, 1933.

A exemplo, a curva proposta por FLETCHER&MUNSON, no nível de 40 *phons*, ganhou destaque ao ser empregada na construção da ponderação “A” em frequência (fig. 3-4), normalizada internacionalmente para a fabricação de medidores de nível sonoro (IEC 60651, 1979; IEC 61672-1, 2002).

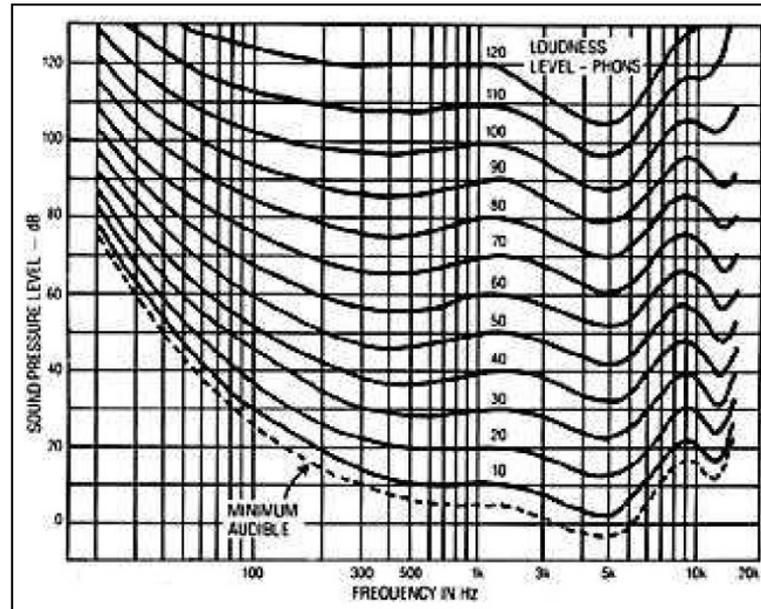


**FIGURA 3-4** – Curvas de ponderação em frequência “A” e “C” aplicadas na construção de medidores de nível sonoro.

ROBINSON & DADSON (1956) aprimoraram tais estudos. Ao pesquisarem a percepção auditiva em população de ingleses adultos, submetidos à incidência sonora frontal de tons puros, gerados em um alto-falante central no interior de uma câmara anecóica, propuseram um novo conjunto de curvas que refletissem a sensibilidade auditiva humana (fig. 3-5).

Após publicarem “*A re-determination of the equal-loudness relations for pure tones*” (1956) estes pesquisadores tiveram seus trabalhos reconhecidos e aplicados à normalização internacional, sendo largamente difundidos (ISO 226, 1961; ISO 7029, 1984).

Posteriormente trabalhos de Robinson também foram referenciados em normas internacionais (ISO 1999, 1975; ISO 6189, 1983 ;ISO 1999, 1990; ISO 389-3, 1994; ISO 8253-1, 1989).

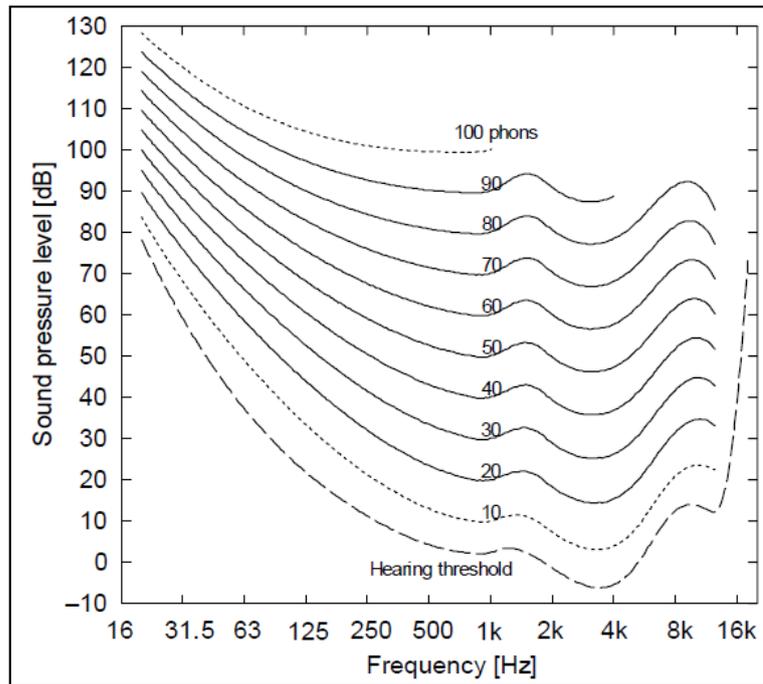


**FIGURA 3-5** – Curvas do mesmo nível de audibilidade para tons puros (isophones) encontradas através de incidência sonora frontal de tons puros, via auto-falante central, em uma câmara anecóica.

Fonte: ROBINSON & DADSON, 1956.

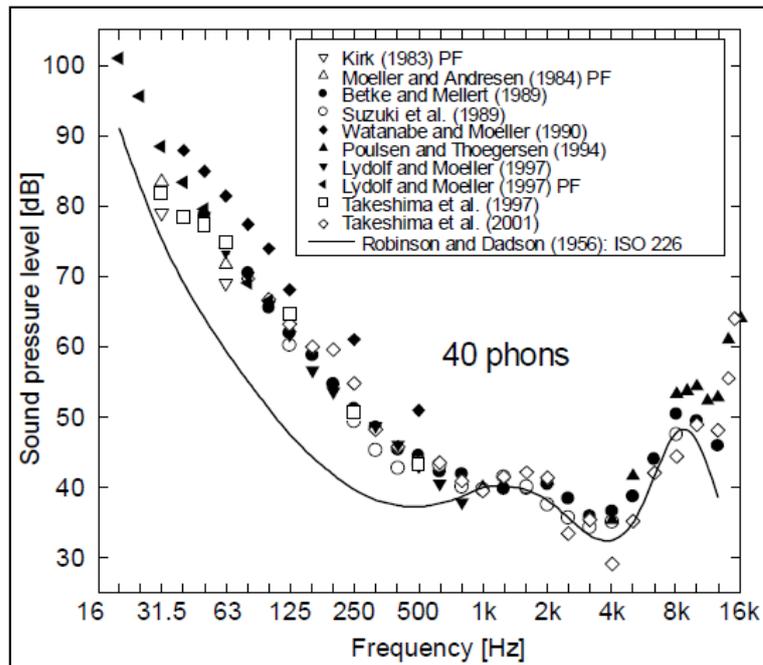
Eventuais diferenças entre as curvas de Fletcher e Munson (fig. 3-3) e as de Robinson e Dadson (fig. 3-5) podem estar associadas às condições de ensaio, onde o uso de fones de ouvido e o uso de alto-falante central em uma câmara anecóica impõe condições físicas e de campo acústico diferentes à percepção auditiva.

O estado-da-arte em audibilidade humana é decorrente do trabalho de três anos de um grupo de pesquisadores coordenado pelo Prof. Yôiti Suzuki da Universidade de Tohoku. Eles investigaram uma base de dados de curvas de audibilidade, apresentadas em doze diferentes estudos. Ao final, elaborou-se um novo conjunto de curvas, que melhor representam a percepção auditiva humana (fig. 3-6). Submetidas à apreciação e aprovação pela ISO, as novas curvas tornaram-se o novo padrão normalizado (ISO 226, 2003).



**FIGURA 3-6** – Curvas de mesmo nível de audibilidade para tons puros atualmente normalizadas pela ISO.

Fonte: ISO 226, 2003.

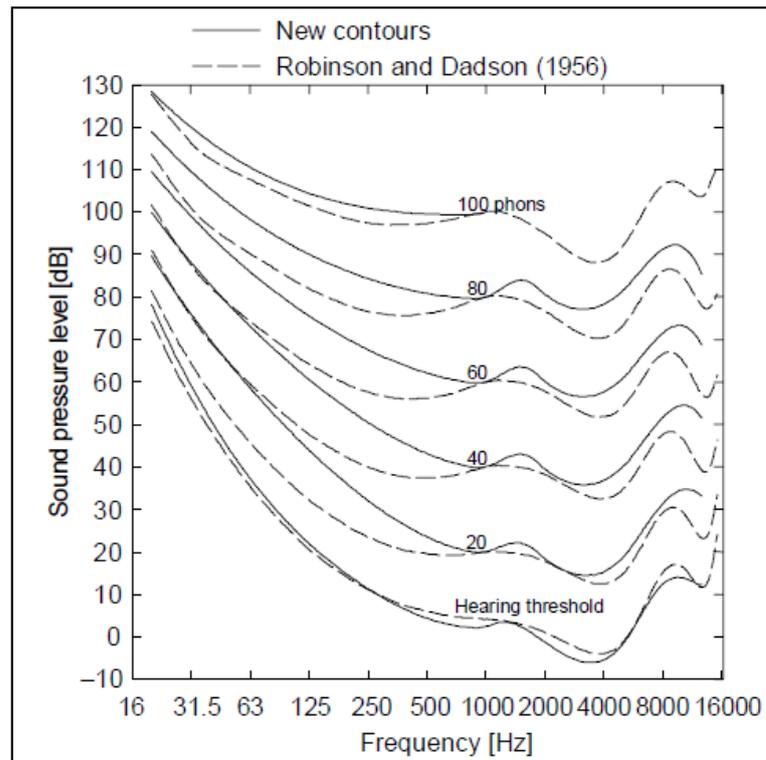


**FIGURA 3-7** – Curvas do mesmo nível de audibilidade para 40phons, propostas por diferentes autores, comparadas à curva proposta por ROBINSON & DADSON.

Fonte: SUZUKI, 2003.

Comparando as curvas elaboradas por diferentes autores com as propostas por Robinson e Dadson é possível verificar significativas diferenças, superiores a 15dB na curva de 40phons (fig. 3-7).

A figura 3-8 apresenta um comparativo entre as novas curvas normalizadas em 2003 com as normalizadas em 1987.



**FIGURA 3-8** – Comparação entre as curvas atuais (ISO 226:2003) de mesmo nível de audibilidade para tons puros e as curvas propostas por ROBINSON&DADSON (ISO 226:1987).

Fonte: SUZUKI, 2003.

### 3.2.2 Vocalização humana

A vocalização humana está compreendida entre as frequência de 400Hz a 4kHz, embora atinjam também limites de frequência menores ("área da frequência fundamental") e maiores ("formantes de várias consoantes"), o que resulta em uma faixa final entre 100Hz e 8kHz. (DAVIS & SILVERMAN, 1970).

Esses valores sofrem pequenas alterações entre diferentes autores. A OMS (Organização Mundial de Saúde) explicita como limites da fala humana a faixa de 100Hz a 6kHz com maior importância para a inteligibilidade da fala a faixa de 300Hz a 3kHz (WHO, 1999).

### 3.2.3 Efeitos do ruído sobre o homem

A exposição do homem a ambientes cujo nível de pressão sonora é superior a 85dB(A), por períodos prolongados de tempo, pode induzir a perda da capacidade auditiva. Independente do tempo de exposição, níveis de pressões sonoras superiores a 140dB podem provocar o rompimento da membrana timpânica. Tais limites são largamente conhecidos por serem a referência empregada pelos profissionais da engenharia de segurança do trabalho e de higiene ocupacional. (MTE NR-15, 1978)

Os efeitos do ruído sobre o homem não estão restritos ao aparelho auditivo. Ambientes onde os níveis de pressão sonora são superiores a 65dB(A) podem desencadear o desequilíbrio bioquímico com risco de infarto, derrame cerebral e queda da imunidade, conseqüências do aumento de colesterol e cortisol. A 80dB(A) o organismo libera morfina biológica, provocando sensação de prazer, podendo levar a um quadro de dependência. Para o exercício de atividades intelectuais, o nível de pressão sonora não deve superar a 45dB(A) sob risco de perda da capacidade de concentração (PIMENTEL-SOUZA, 1992).

Durante o sono, o nível equivalente contínuo do ruído ambiente não deve exceder a 30dB(A), com tolerância de até 45dB(A) para ruídos episódicos (WHO, 1999).

Pesquisas demonstraram que pessoas submetidas aos níveis de ruído, comuns nos centros urbanos, superiores a 66dB(A), apresentaram aumentos de 25% no colesterol, e 69% no cortisol presentes no sangue. (BELOJEVIC et al.,1997; MASCHKE, 1999).

Na Alemanha e na Inglaterra, como conseqüência da exposição a níveis elevados de ruído, foi verificado um aumento de infartos da ordem de 20%. (BABISCH, et. al, 2003).

No estado de São Paulo, verificou-se que a poluição sonora e o estresse auditivo constituem a terceira causa de maior incidência de doenças do trabalho, ficando atrás apenas daquelas induzidas por agrotóxicos e das doenças articulares (BARBOSA, 2001).

Em Curitiba, pesquisas foram realizadas com o objetivo de verificar se os ambientes acústicos urbanos de praças e parques públicos estão adequados aos níveis considerados como ideais para este tipo de ambiente (ZANNIN & DINIZ, 2002; ZANNIN & FERREIRA & SZEREMETA 2006). Por meio de pesquisa qualitativa, a população entrevistada citou, de

forma espontânea, a presença de pássaros como um dos principais fatores agradáveis ao ambiente dos parques públicos de Curitiba (SZEREMETA, 2007).

### **3.3 Comunicação acústica de passeriformes**

As aves utilizam o canto como um sinal de comunicação que possibilita a identificação de espécies, sexo e indivíduos (VIELLIARD, 1987; VIELLIARD, 1989).

Esta capacidade de comunicação se faz ainda mais importante por permitir o reconhecimento, a escolha e a localização do parceiro para o acasalamento (SILVA, 1995). Também é por meio da comunicação acústica que os filhotes se comunicam com seus pais e os machos se enfrentam sem a necessidade de conflitos diretos (DAWKINS, 1989).

A expansão de áreas urbanas em detrimento de áreas virgens, possibilitam o surgimento de vegetações secundárias ou em pequenas “ilhas”, vindo a afetar o padrão alimentar da avifauna. Este fenômeno por si só pode acelerar a substituição de aves insetívoras e frugívoras especializadas pelas onívoras” (MOTTA-JÚNIOR, 1990). A classificação da avifauna em função de seu comportamento alimentar, foi proposto por SICK (1997), que classificou as diferentes espécies de aves nas seguintes guildas alimentares: onívoras, piscívoras, insetívoras, necrófagas, planctívoras, carnívoras, frugívoras, granívoras e nectarívoras, podendo uma mesma espécie pertencer a mais de uma guilda.

Os efeitos antrópicos sobre os passeriformes podem acarretar conseqüências também à flora, uma vez que o comportamento dos pássaros pode favorecer ou prejudicar a dispersão de sementes, pelo número de frutos consumidos e pelo tempo de permanência sobre a planta (FRANCISCO&GALETTI, 2002).

Esta alteração do campo acústico em habitats de passeriformes, como conseqüência das ações do homem, pode produzir o mascaramento de nichos espectrais, afetando a comunicação dos animais. Se vocalizações de acasalamento não forem ouvidas podem resultar na redução do número de indivíduos ou até mesmo na extinção de espécies (KRAUSE, 1993).

Assim, pressupõe-se que os indivíduos sobreviventes terão de se adaptar ao novo campo acústico de seus habitats.

PERIS (2004) sugere que o ruído de tráfego pode prejudicar apenas certas espécies de pássaros, tal efeito pode estar associado às diferenças morfológicas da orelha média das diferentes espécies de aves. Sabe-se que a interferência na comunicação sonora pode resultar na alteração dos limites territoriais, ao prejudicar a comunicação para a defesa e proteção contra predadores, bem como ao acasalamento e reprodução das espécies. (BRUMM & SLABBEKOORN, 2005; BROTONS & HERRANDO, 2001; ZANDE & KEURS & WEIJDEN, 1980).

Estudo recente da *Royal Society for the Protection of Birds* (RSPB) sugere que pássaros vivendo próximos às estradas, não podem ouvir uns aos outros, o que gera dificuldade no aprendizado de cantos e na comunicação com parceiros de acasalamento em potencial (BAROT, 1999).

Na tentativa de se adaptarem às alterações do campo acústico natural, rouxinóis machos da espécie *Luscinia megarhynchos Brehm* aumentaram a amplitude de vocalização. Este fenômeno observado por BRUMM (2004) foi entendido como uma tentativa de mitigar o mascaramento do ruído ambiente. Conseqüentemente, se estima um maior gasto de energia para vocalização e a delimitação de um menor espaço territorial.

### **3.4 A legislação ambiental brasileira**

No Brasil, sob a ótica legal, as questões de impacto acústico ambiental estão restritas à proteção ao sossego e à saúde humana. (NBR 7731, 1983; NBR 10151, 2000; Resolução CONAMA nº01, 1990).

A primeira legislação brasileira a abordar a questão da poluição sonora é datada de 1941, quando o art. 42 do Decreto-lei 3688/41, que instituiu a Lei das Contravenções Penais, considerou:

Art. 42. Perturbar alguém, o trabalho ou o sossego alheios:

I – com gritaria ou algazarra;

II – exercendo profissão incômoda ou ruidosa, em desacordo com as prescrições legais;

III – abusando de instrumentos sonoros ou sinais acústicos;

IV – provocando ou não procurando impedir barulho produzido por animal de que tem guarda.

Pena: prisão simples, de 15 dias a 3 meses, ou multa.  
(BRASIL, 1941).

Atualmente, no âmbito federal, o tema é tratado pelas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. O órgão executivo responsável pela implementação das políticas públicas deste tema é o IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, subordinado ao Ministério do Meio Ambiente.

Em 1990, a Resolução CONAMA nº001/90 regulamentou o uso da norma técnica brasileira NBR 10151 da ABNT, para as questões de avaliação do ruído ambiental (CONAMA, 1990<sup>1</sup>). A Resolução CONAMA nº002/90 instituiu, sob coordenação do IBAMA, o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora - programa “SILÊNCIO”, que tem os objetivos de:

Promover cursos técnicos para capacitar pessoal e controlar os problemas de poluição sonora nos órgãos de meio ambiente estaduais e municipais em todo o país;

Divulgar junto à população, através dos meios de comunicação disponíveis, matéria educativa e conscientizadora dos efeitos prejudiciais causados pelo excesso de ruído.

Introduzir o tema "poluição sonora" nos cursos secundários da rede oficial e privada de ensino, através de um Programa de Educação Nacional;

Incentivar a fabricação e uso de máquinas, motores, equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído quando de sua utilização na indústria, veículos em geral, construção civil, utilidades domésticas, etc.

Incentivar a capacitação de recursos humanos e apoio técnico e logístico dentro da política civil e militar para receber denúncias e tomar providências de combate a poluição sonora urbana em todo o Território Nacional;

Estabelecer convênios, contratos e atividades afins com órgãos e entidades que, direta ou indiretamente, possa contribuir para o desenvolvimento do Programa SILÊNCIO”. (CONAMA, 1990<sup>2</sup>).

Em 1993, as Resoluções CONAMA nº001/93 e nº002/93 estabeleceram os limites máximos de ruído que podem ser emitidos por algumas classes de veículos automotores. A Resolução CONAMA nº230 de 1997 proibiu o uso de equipamentos que possam reduzir a eficácia do controle de emissão de poluentes e ruído.

Em 1999, a Resolução CONAMA nº252/99 estabeleceu os critérios e procedimentos para a inspeção e fiscalização de veículos em uso, definindo ainda os limites máximos de ruído

medidos nas proximidades do escapamento. As Resoluções nº256 de 1999 e nº268 de 2000 estabeleceram as regras e mecanismos para inspeção veicular quanto as emissões de poluentes e ruído. A Resolução CONAMA nº272 de 2000 definiu novos valores máximos para a emissão de ruído pelos veículos automotores.

Estas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente buscaram assegurar o compromisso das montadoras de automóveis em reduzir o ruído gerado por seus veículos bem como definir diretrizes para a verificação dos níveis de ruído da frota existente durante os procedimentos de inspeção veicular.

Além de tratar das questões do ruído veicular, o CONAMA também considera a questão do ruído emitido por aparelhos eletrodomésticos. Para estas fontes, foi criado, pela Resolução CONAMA nº020 de 1994, o Selo Ruído, que será um selo obrigatório e indicativo dos níveis de ruído em dB(A) gerado por eletrodomésticos nacionais e importados.

A questão do ruído aeronáutico é tratada pela Lei 7565 – Código Brasileiro de Aeronáutica, de 19 de dezembro de 1986 e regulamentada pela Portaria 1141/GM5 de 8 de dezembro de 1987 do antigo Ministério da Aeronáutica, do Departamento de Aviação Civil, DAC. Terminologias, considerações e procedimentos técnicos podem ser encontrados também nas normas técnicas brasileiras NBR 11415:1990, NBR 12314:1997, NBR 12859:1993 e NBR 13368:1995.

Alguns Estados brasileiros também desenvolveram legislações próprias abordando a questão da poluição sonora.

Em Minas Gerais, a questão da Poluição Sonora foi considerada pela primeira vez por meio do art. 2º da Lei 7302 de 21 de julho de 1978, parcialmente alterada pelas leis 7604 de 1979; 7772 de 1980; 10100 de 1990 e 12627 de 1997 e também pelo Decreto 21228 de 1981. No conjunto esta legislação defini proibições, penalidades, método e critério de avaliação e também permissões, criando exceção ao ruído produzido por propaganda eleitoral, bandas de música em praças públicas e desfiles oficiais e religiosos bem como:

“de sinos de igrejas ou templos e de instrumentos litúrgicos utilizados no exercício de culto ou cerimônia religiosa, celebrado no recinto da sede e associação religiosa, no período das 7 (sete) às 22 (vinte e duas) horas, **exceto aos sábados e na véspera de dias feriados ou de datas**

**religiosas de expressão popular, quando então será livre o horário”.**  
(MINAS GERAIS - Lei 7302, 1978).

No estado do Rio de Janeiro, durante as discussões na Assembléia Legislativa em 2002, o *lobby* dos bares e das igrejas evangélicas pressionaram a bancada parlamentar para tratar com exceção as questões de ruído produzidos pelas igrejas, templos, bares e casas noturnas, contradizendo tecnicamente os conceitos físicos e sociais de preservação do sossego público e da saúde da população. A lei estadual nº3827 aprovada em 2002 passou a tolerar, independentemente do local, o limite de até 55dB a partir das 22h, quando a fonte de incômodo se tratar de casas noturnas (RIO DE JANEIRO, 2002).

No Distrito Federal, a Lei nº1065 de 1996 segue a tendência introduzida pela Resolução CONAMA nº01 de 1990, indicando a metodologia e os limites estabelecidos pela Norma Técnica Brasileira NBR 10151. Ela também vincula a concessão de licença ambiental e alvará de funcionamento após a realização de vistoria prévia a eficiência de tratamento acústico. Com relação à elaboração de políticas públicas, esta lei define como atribuição da SEMATEC – Secretaria de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia a execução de programas de monitoramento da poluição sonora, o exercício da fiscalização e o poder de polícia, quando necessário, bem como a definição de normas para o “controle e a redução da poluição sonora no Distrito Federal”. (DISTRITO FEDERAL, 1996).

No Estado de São Paulo não há legislação específica, no entanto a CETESB, órgão executivo do governo estadual, elaborou normas técnicas específicas à avaliação do ruído ambiental: L-11.031:1986, L-11.032:1992 e L-11.033:1992.

Na esfera municipal, a pesquisadora Denise Sousa, do Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente da COPPE-UFRJ, realizou um inventário das legislações de poluição sonora, vigentes à época, nas vinte e seis capitais brasileiras e no Distrito Federal. A pesquisadora relacionou cada uma das legislações quanto a tipologia e as datas de publicação. (SOUSA, 2004)

Segundo esta pesquisa, das vinte e sete capitais brasileiras, vinte apresentaram algum tipo de legislação. Destas, doze legislações citam a Norma Técnica Brasileira NBR 10151 como referência normativa e duas referenciam a NBR 7731. De acordo com este inventário, todas as legislações das capitais nordestinas não estabelecem critérios de limites de ruído associados ao zoneamento urbano, fugindo às prerrogativas básicas (SOUSA, 2004).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Espécies

Optou-se por trabalhar com seis espécies de pássaros da avifauna brasileira, de conhecida presença em ambientes urbanos e largamente distribuídos no território nacional.

Assim, foram selecionadas as seguintes espécies: *Pitangus sulphuratus* (Bem-te-vi), *Troglodytes musculus* (Corruíra), *Gnorimopsar chopi* (Pássaro-preto), *Turdus leucomelas* (Sabiá-Barranco), *Turdus rufiventris* (Sabiá-Laranjeira) e *Icterus jamacaii* (Sofrê).

#### 4.1.1 Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus* Linnaeus, 1766)

O *Pitangus sulphuratus* é uma ave de pequeno porte, aproximadamente 23,5cm, de coloração amarela no ventre e uma faixa branca no alto da cabeça.

Seu nome popular está associado ao seu canto mais comum, que se assemelha à expressão trissilábica “bem-te-vi”. Seu nome científico provém de seu nome indígena, em tupi-guarani, “Pitanga Guassu” (*Pitangus*) e da cor de seu ventre, amarelo com enxofre (*sulphuratus*).



**FIGURA 4-1** –*Pitangus sulphuratus* (bem-te-vi).

Fonte: FOTOGRAFIA THAÍS MONTEIRO / COLIBRI IMAGENS.

Classificado como onívoro, o *P. sulphuratus* tem hábito alimentar diversificado. Sua capacidade de engolir pequenos frutos maduros e inteiros o torna atuante na dispersão de sementes (RIBEIRO & SILVA, 2005). O Bem-te-vi também se alimenta de insetos, girinos e pequenos peixes, sendo considerado como predador em ambientes de pisciculturas (CARVALHO & VILARINHO & FRANCHIN, 2003).

De hábito monogâmico, o *P. sulphuratus* é agressivo na defesa de seu território, utilizando da vocalização, de vôos rasantes e de ataques físicos a outros pássaros e animais. Quando habita áreas urbanas, o Bem-te-vi é adepto ao “reuso de resíduos”, utilizando fios, plásticos e papel para a construção de seu ninho. Originalmente estes eram construídos apenas por ramas vegetais e capim (FUNDEVAP, 2009).

#### **4.1.2 Corruíra (*Troglodytes musculus* Naumann, 1823)**

A Corruíra é uma ave de pequeno porte, aproximadamente 12cm, de coloração parda e faixas finas negras nas asas e cauda. De bico fino, tem o hábito de construir seu ninho em cavidades de árvores (CRISTOFOLI & SANDER, 2007), antigos orifícios deixados por outros pássaros ou em locais inusitados nos centros urbanos (LLAMBÍAS & FERNÁNDEZ, 2008).

A Corruíra foi primeiramente classificada em 1807 como *Troglodytes aedon* por Louis Pierre Vieillot, em seu livro “*Histoire naturelle des oiseaux de l’Amérique Septentrionale: contenant un grand nombre d’espèces décrites ou figurées pour la première fois*” onde apresentou diversas classificações para aves que havia pesquisado durante o período em que viveu na América. (VIEILLOT, 1809).

Conhecida na América do Norte como *House Wren*, a Corruíra está presente do Sul do Canadá ao Sul da América do Sul, se caracterizando como o *Passeriforme* com maior distribuição territorial no continente Americano. (BRUMFIELD & CAPPARELLA, 1996).

Apesar de sua grande distribuição territorial, a Corruíra exibe pouca variação morfológica. Atualmente, recebe apenas três classificações quanto ao nível taxonômico de espécie associadas a grupos populacionais: *Troglodytes aedon* (América do Norte e México), *Troglodytes brunneicollis* (sudoeste dos Estados Unidos e México) e *Troglodytes musculus* (Américas Central e do Sul) (CBRO, 2001).

As primeiras revisões taxonômicas do gênero *Troglodytes* consideraram a classificação em quatro espécies, baseadas nas diferentes características morfológicas e de plumagens. Além das três atuais, Oberholser (1904) considerou como espécie o *T. peninsularis*, localizada no litoral mexicano da península de Yucatán, em função da variação intermediária de sua plumagem, entre o *T. aedon* e o *T. musculus*.

Ridgway (1904) também apresentou a distinção entre quatro espécies: *T. aedon*, *T. brunneicollis*, *T. musculus* e *T. rufociliatus*, esta última, classificada como uma espécie independente, por considerar que se diferenciava das três primeiras em função do tamanho de sua calda, inferior a três quartos do tamanho de suas asas.

Hellmayr (1934) considerou a classificação do *Troglodytes* em apenas três espécies, não reconhecendo o *rufociliatus* como tal. Em 1957, Paynter considerou que as características apresentadas por Ridgway (1904) para distinguir o *T. aedon*, o *T. brunneicollis* e o *T. musculus* não estariam corretas, cabendo ao *brunneicollis* e ao *musculus* a classificação de subespécies do *aedon* (PAYNTER, 1957).

No Brasil, o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO) reconheceu a obra “Ornitologia Brasileira” de Helmut Sick (SICK, 1997) como base importante aos registros de aves brasileiras (CBRO, 2000).

No que se refere a taxonomia da Corruíra, o CBRO reconheceu os trabalhos de Brumfield & Capparella (1996) ao editar a Resolução nº64 (CBRO, 2001), posteriormente reeditada pelas Resoluções nº100 e nº101 (CBRO, 2002), incluindo o *T. musculus* na Lista Principal de Aves Brasileiras e transferindo o *T. aedon* para a Lista Terciária, ao considerá-lo extraterritorial à avifauna brasileira.

Cabe ainda destacar que na sétima edição da “Lista das Aves do Brasil”, o CBRO apresenta, além do *Troglodytes musculus* Naumann, 1823, o *Troglodytes rufulus* Cabanis, 1849, na condição de “status presumido, mas não confirmado”, com o nome português de: corruíra-do-tepuí (CBRO, 2008).

Quanto ao hábito alimentar, o *Troglodytes musculus* foi classificado como onívoro (MACEDO et al., 2007) e insetívoro de borda (D'ANGELO NETO et al., 1998).

Na relação macho-fêmea, a poligamia é comum ao *T. aedon* (JOHNSON & KERMOTT & LEIN, 1993) enquanto o *T. musculus* é predominantemente monogâmico (BREWER, 2001).



**FIGURA 4-2** – *Troglodytes musculus* (Corruíra).

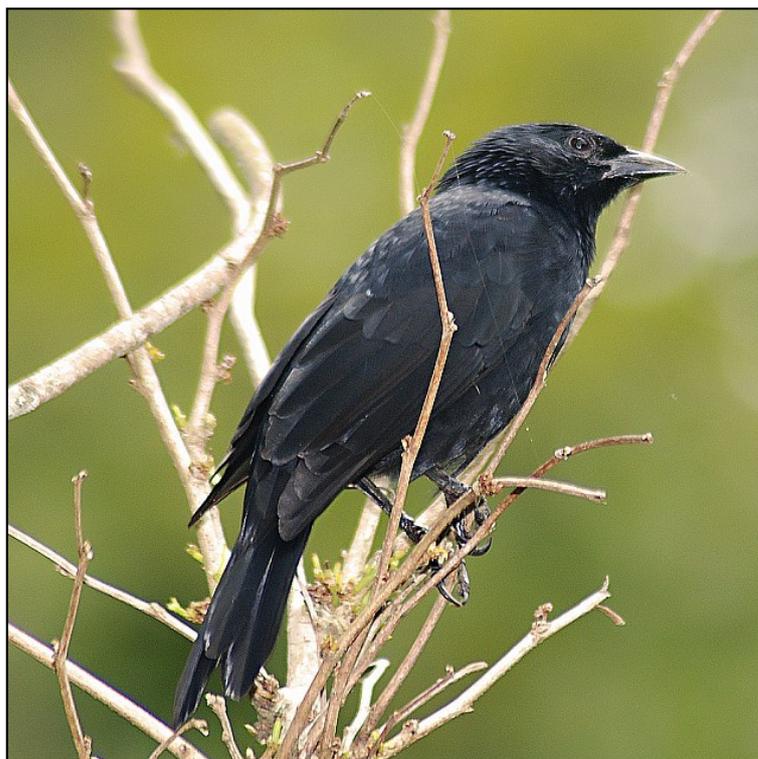
Fonte: FOTOGRAFIA DE WILLIAM ZACA.

#### **4.1.3 Pássaro-preto (*Gnorimopsar chopi* Vieillot, 1818)**

Também conhecido popularmente como Graúna, o *Gnorimopsar chopi* é uma ave nativa, largamente distribuída em todo o território brasileiro, exceto na região amazônica. Quando adulto atinge aproximadamente 21,5cm.

Sua plumagem é negra e não apresenta dimorfismo sexual. Quando domesticado, são capazes de reconhecer pessoas e receber carinho, aproximando a cabeça das grades da gaiola.

Onívoro, se alimenta de frutos, sementes, insetos, aranhas e outros invertebrados (FEOMG, 2009<sup>1</sup>).



**FIGURA 4-3** – *Gnorimopsar chopi* (Pássaro-preto).

Fonte: FOTOGRAFIA DE SÉRGIO CASTRO.

#### **4.1.4 Sabiá-barranco (*Turdus leucomelas* Vieillot, 1818)**

Com aproximadamente 23cm, o Sabiá-Barranco apresenta coloração acinzentada, bico escuro, asas ferrugíneas e a parte inferior da cauda em cor clara. Cantam apenas na primavera, durante o período de acasalamento, sempre ao amanhecer e ao entardecer do dia.

Pesquisando hábitos alimentares de diferentes espécies de pássaros que habitam ambientes de floresta estacional e de cerrado, Macedo (2007) identificou e classificou como Onívoros a espécie *T. leucomelas*, e a considerou de comum ocorrência, encontrada sobre o solo e dossel em áreas de floresta e de cerrado.

D'Angelo Neto (1998), pesquisando a avifauna em quatro fisionomias florestais de pequeno tamanho, situados dentro do campus da Universidade Florestal de Lavras, identificou e propôs o agrupamento da espécie *T. leucomelas* na guilda “onívoros de borda”, enquanto outras espécies foram classificadas por este pesquisador na guilda “onívoros do dossel”.

O *T. leucomelas* também apresenta como característica o longo tempo de permanência sobre a copa das árvores, impedindo a aproximação de outras aves que buscam alimento (PIZO, 1997). Esse comportamento pode fazer com que a semente do fruto consumido passe pelo

trato digestivo e sejam eliminadas junto às próprias plantas, não contribuindo positivamente com o ciclo reprodutivo destas plantas, que dependem da ação de pássaros para garantirem a dispersão de suas sementes (FRANCISCO&GALETTI, 2002).



**FIGURA 4-4** – *Turdus leucomelas* (Sabiá-barranco).

Fonte: FOTOGRAFIA DE LUIZ CARLOS RONDINI. MAIRIPORÃ, SP. 2008.

#### **4.1.5 Sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris* Vieillot, 1818)**

O *Turdus rufiventris*, popularmente conhecido como Sabiá-laranjeira é uma espécie presente na América do Sul, com presença em países como Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia. No Brasil, o *T. rufiventris* é considerado o pássaro nacional brasileiro e está presente em todo território, exceto na floresta Amazônica, (FRISCH & FRISCH, 2005).

De aproximadamente 24cm, o Sabiá-laranjeira é identificado na fase adulta pela plumagem parda e pelo vermelho-ferrugem de seu ventre, levemente alaranjado e pelo bico amarelo escuro.

De canto melodioso e repetitivo, durante o período reprodutivo o *T. rufiventris* inicia sua vocalização pouco antes do amanhecer, para atrair a fêmea e demarcar seu território.

Uma das principais características do *T. rufiventris* é a capacidade de se adaptar a diferentes ambientes, como cerrados e florestas de galeria, bosques e também em ambientes urbanos (KRAUS et al., 2005) onde tenha a presença de árvores, tais como parques e quintais, estando entre as espécies mais comuns presentes na cidade de São Paulo (HÖFLING&CAMARGO, 1993; DEVELEY&ENDRIGO, 2004).

Quanto ao hábito alimentar do *T. rufiventris*, é classificado como onívoro (D'ANGELO NETO et al., 1998; MACEDO et al., 2007). Quando se alimenta de frutos, o *T. rufiventris* favorece a dispersão de sementes pelo número de frutos consumidos e pelo tempo de permanência sobre a planta (FRANCISCO&GALETTI, 2002).



**FIGURA 4-5** – *Turdus rufiventris* (Sabiá-laranjeira).

Fonte: FOTOGRAFIA DE ALESSANDRA PINHEIRO DOS PASS

#### **4.1.6 Sofrê (*Icterus jamacaii* Gmelin, 1788)**

De aproximadamente 23cm, o *Icterus jamacaii* é popularmente é conhecido como Corrupião e como Sofreu. Espécie tipicamente brasileira, é encontrado no leste do Pará, Maranhão, Ceará, Pernambuco, Goiás, Bahia e Minas Gerais. É comum em áreas da caatinga e zonas secas abertas, onde pousa em cactáceas e também em bordas de florestas e clareiras (FEOMG, 2009<sup>2</sup>).

Onívoro, se alimenta de frutos, sementes, insetos e pequenos invertebrados. Não apresenta dimorfismo sexual. Raramente constrói o próprio ninho, apropriando de ninhos de outras espécies.



**FIGURA 4-6** – *Icterus jamacaii* (Sofrê).

Fonte: FOTOGRAFIA DE CELI AURORA.

#### **4.2 Hábitats**

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram escolhidos diferentes hábitats de passeriformes, típicos da avifauna brasileira, vivendo em áreas de ocupação humana e expostos à ruídos antrópicos, cuja principal contribuição esteja associada ao tráfego de veículos automotores.

Os ambientes escolhidos estão localizados nos estados brasileiros de Minas Gerais e São Paulo, e foram selecionados de modo a caracterizar diferentes condições de velocidade e fluxo viário, a saber:

- hábitat exposto ao ruído de tráfego de uma rodovia onde a velocidade máxima é de 110km/h;
- hábitat exposto ao ruído de tráfego de uma via urbana de fluxo rápido onde a velocidade máxima é de 80km/h;
- hábitats expostos ao ruído de tráfego de ruas urbanas cuja velocidade média é de 60km/h;
- hábitat exposto ao ruído de tráfego de uma via rural, não pavimentada, de baixo fluxo viário e de baixa velocidade de tráfego.

Os hábitats selecionados têm como principal característica a presença permanente, e não sazonal, de indivíduos das espécies delimitadas para este estudo. Tais informações são de conhecimento e observação própria e de demais pesquisadores consultados.

#### 4.2.1 Rodovia Dom Pedro I

A Rodovia Dom Pedro I (SP-065) é um importante corredor viário do Estado de São Paulo que interliga os município de Jacareí no Litoral Norte ao município de Campinas, garantindo o fluxo de veículos do interior de São Paulo ao litoral norte paulista e aos estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro.

Com uma extensão de 145km de pista totalmente duplicada, a SP-065 cruza com as rodovias federais BR-381 (Rod. Fernão Dias) no município de Atibaia e BR-116 (Rod. Presidente Dutra), na altura do município de Jacareí (DERSA, 2009).

A Rodovia Dom Pedro I é responsável por interligar as rodovias estaduais: Anhanguera (SP-330), General Milton Tavares de Souza (SP-332), Rod. Gov. Dr. Adhemar Pereira de Barros (SP-340/342), Rod. Heitor Penteado (SP-081) e Rod. José Roberto Magalhães Teixeira (SP-083), todas na altura do município de Campinas; Rodovia dos Agricultores, em Valinhos; Rod. Eng. Constâncio Cintra (SP-360) e Rod. Alkindar Monteiro Junqueira (SP-063), em Itatiba; Rod. Edgard Máximo Zamboto (SP-354), em Jarinu; Rod. Jan Antonin Bata (SP-036, Norte), em Bom Jesus dos Perdões; Rod. Juvenal Ponciano de Camargo (SP-036, Sul), em Nazaré Paulista; Rod. Prefeito Joaquim Simão (SP-056), em Igaratá; Rod. Henrique Eroles (SP-066) e Rod. Gov. Carvalho Pinto (SP-070), em Jacareí. (DERSA, 2009).

Na figura 4.7 é apresentado um mapa rodoviário que ilustra toda a extensão da Rodovia Dom Pedro I, destacada na cor laranja.



**FIGURA 4-7** – Mapa rodoviário para identificação e localização da Rod. D. Pedro I.  
Fonte: GOOGLE MAPS, 2009.

A figura 4.8 ilustra o trecho da Rodovia Dom Pedro I, situado na altura do km 124 Sul, próximo ao limite entre os municípios de Valinhos e Campinas, na área do Posto Sucção (Restaurante Dom Pedro I Ltda. M.E.), escolhido por ser conhecida a presença de indivíduos de *Troglodytes musculus* (Corruíra).

Neste trecho a interferência humana sobre o ambiente natural se faz não apenas pela presença da rodovia mas também pela ocupação diversificada, com a inserção de edificações residenciais unifamiliares (sítios e casas de campo) e edificações comerciais, como: motéis, postos de combustível e um laboratório farmacêutico.

Na fig. 4.9, a linha laranja ilustra a área onde foi identificada a presença de indivíduos de Corruíra, delimitando o hábitat.



**FIGURA 4-8** – Imagem satélite para identificação e localização do km 124 Sul.  
Fonte: GOOGLE EARTH, 2009.



**FIGURA 4-9** – Imagem satélite para identificação e localização do hábitat estudado na área do Posto Sucão.

Fonte: GOOGLE EARTH, 2009.

#### **4.2.2 Instituto Agrônomo de Campinas – IAC (Fazenda Santa Eliza)**

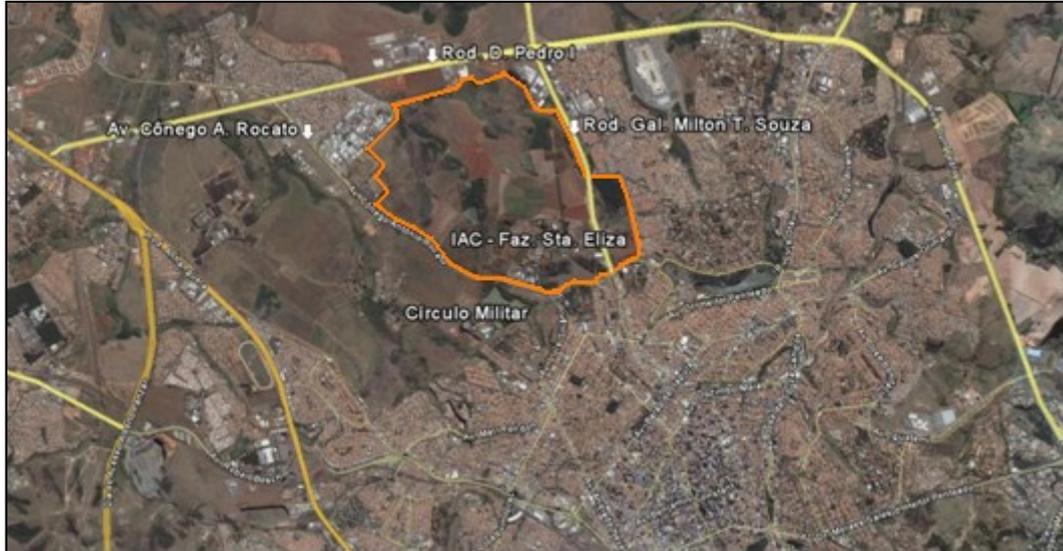
O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) foi fundado em 1887, pelo então Imperador Dom Pedro II, sob a denominação de Imperial Estação Agrônoma de Campinas. Em 1892 foi transferido ao Governo do Estado de São Paulo.

Atualmente o IAC é um órgão de pesquisa da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), subordinada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA). Conta com um quadro profissional constituído por cerca de 216 pesquisadores científicos e 372 funcionários de apoio, distribuído entre a Sede, situada à Avenida Barão de Itapura, nº1481 no Bairro Botafogo em Campinas, o Centro Experimental Central e quatro Centros Avançados de Pesquisa. (FAPESP, 2009; IAC, 2009).

O IAC possui uma significativa área verde destinada ao desenvolvimento de pesquisas agrícolas e inserida no contexto urbano da cidade de Campinas. A Fazenda Santa Eliza tem em seu entorno a presença de importantes vias de tráfego deste município, como: Avenida Cônego Antônio Rocato, Avenida Dr. Theodureto de Almeida Camargo, Rodovia General Milton Tavares de Souza e a Rodovia Dom Pedro I.

O local escolhido, no interior do IAC, para a avaliação acústica ambiental foi determinado em função da presença de indivíduos da espécie *Turdus leucomelas* (Sabiá-barranco) cujo hábitat é próximo à Rodovia General Milton Tavares de Souza, um importante corredor de tráfego

viário do município de Campinas, popularmente conhecido como “Tapetão”. A figura 4.10 ilustra a área da Fazenda Santa Elisa, delimitada pela linha de cor laranja. Também se observa a malha viária e a ocupação urbana de seu entorno, adensado por edificações predominantemente residenciais.



**FIGURA 4-10** – Imagem satélite para identificação e localização do IAC.  
Fonte: GOOGLE EARTH, 2009.

As figuras 4.11 e 4.12 ilustram a área do IAC escolhida para este estudo, onde foi identificada a presença de indivíduos de *Turdus leucomelas* nos galhos de árvores de pequeno porte, plantadas sobre a calçada de uma rua interna ao IAC, perpendicular à rodovia (“Tapetão”).



**FIGURA 4-11** – Imagem satélite para identificação e localização do hábitat de Sabiás-Barranco, no interior do IAC (Faz. Santa Elisa).  
Fonte: GOOGLE EARTH, 2009.



**FIGURA 4-12** – Imagem satélite para identificação do ambiente acústico (hábitat de Sabiás-Barranco) avaliado no interior do IAC (Fazenda Santa Eliza).

Fonte: GOOGLE EARTH, 2009.

### 4.2.3 Parque Tenente Siqueira Campos (Parque Trianon)

O Parque Trianon, inaugurado em 1892, um ano após a inauguração da Avenida Paulista, foi projetado sob influência do romantismo do século XIX pelo paisagista francês Paul Villon. O nome Trianon é uma associação ao antigo Clube Trianon, que existiu na Avenida Paulista onde hoje é o MASP – Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand (SÃO PAULO, 2009).

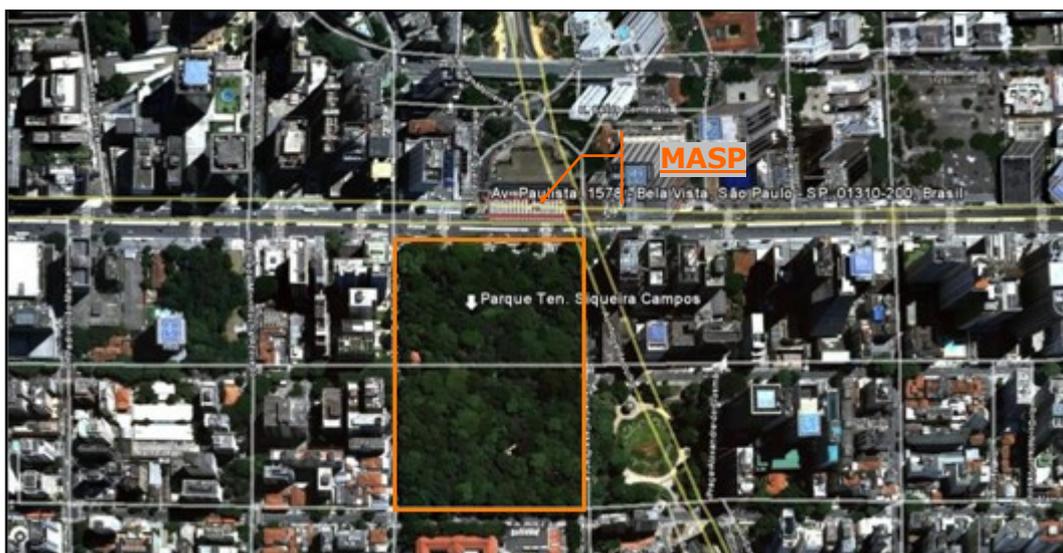
Em 1924 o parque foi doado à Prefeitura Municipal de São Paulo, que em 1931 o denominou oficialmente de Parque Tenente Siqueira Campos, em homenagem a um dos líderes da Revolta Tenentista, Antônio de Siqueira Campos.

Em 1968, com projeto do Paisagista Burle Marx e do Arquiteto Clóvis Olga, o parque foi reformado pelo então Prefeito Faria Lima, mantendo características remanescentes da mata atlântica original da região. Atualmente o parque conta com exemplares nativos de cedro, jatobá, jequitibá-branco, pau-ferro, dentre outros distribuídos na área de quarenta e oito mil metros quadrados, propícia à presença de pássaros como pica-pau, bem-te-vi e sabiá-laranjeira. (SÃO PAULO, 2009).

Para este estudo, a escolha do Parque Trianon, em plena avenida Paulista, na cidade de São Paulo se fez por sugestão da pesquisadora e bióloga Milena Corbo, por ser um local com

abundante vegetação, onde a presença permanente de indivíduos *Turdus rufiventris* (Sabiá-laranjeira) é conhecida.

A figura 4.13 ilustra a área do parque Trianon e seu entorno, caracterizado pelo adensamento de edificações multifamiliares e comerciais. À frente do parque está o MASP e a Av. Paulista.



**FIGURA 4-13** – Parque Trianon (Tenente. Siqueira Campos).

Fonte: GOOGLE EARTH, 2009.

#### 4.2.4 Rua Campos Sales

A Rua Campos Sales está localizada no bairro do Calafate, em Belo Horizonte, MG. Trata-se de uma importante via arterial de tráfego de veículos da regional oeste deste município.

No trecho identificado como hábitat de *Troglodytes musculus* há presença de edificações de um até três pavimentos, comerciais e residenciais, unifamiliares e multifamiliares. Neste local o tráfego de veículos se faz sobretudo pela interligação de importantes vias, a saber: Avenida Amazonas, Av. Barão Homem de Melo, Av. Tereza Cristina e Rua Platina, além de outras vias locais e coletoras.

A figura 4.14 foi extraída do mapa oficial do município de Belo Horizonte, onde constam as principais vias urbanas e suas respectivas classificações. A área de cor alaranjada delimita o hábitat de *Troglodytes musculus*. As vias na cor laranja são classificadas como arteriais. Na cor amarela as vias coletoras. A imagem satélite da área selecionada é apresentada na figura 4.15.

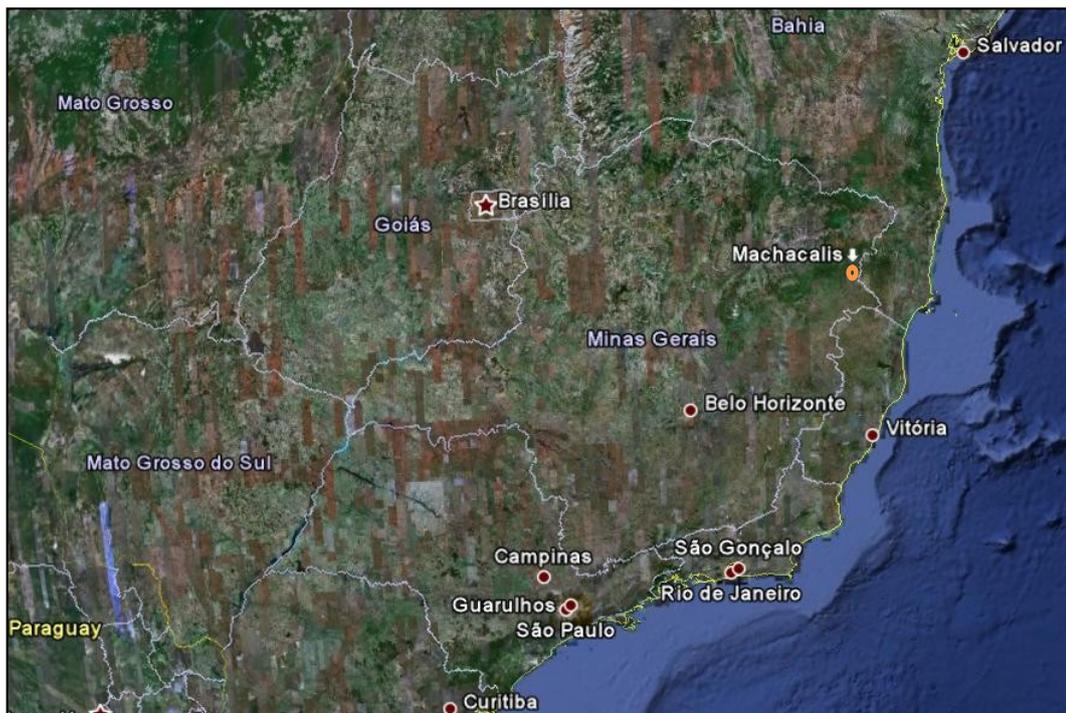


À época desta pesquisa, as vias de acesso entre Machacalis e os municípios vizinhos eram todas de terra, com perspectivas de serem asfaltadas (IBGE, 2009).

O local escolhido para as pesquisas está localizado na área rural, distante aproximadamente 8km da cidade (fig. 4.17). A vegetação predominante são gramíneas de pasto e algumas árvores de médio porte, espaçadas.

Nas proximidades do hábitat estudado há a presença de três casas, sede de sítios e fazendas próximas. O tráfego de veículos pela estrada de terra é de rara ocorrência, com pouco significado para interferência do campo acústico natural.

Neste hábitat foram estudadas a vocalização de indivíduos de bem-te-vi (*Pitangus sulfuratus*), pássaro-preto (*Gnorimopsar chopi*) e sofrê (*Icterus jamacaii*).



**FIGURA 4-16** – Imagem satélite para identificação e localização de Machacalis.  
Fonte: GOOGLE EARTH, 2009.



**FIGURA 4-17** – Imagem satélite para identificação e localização de Machacalis.  
Fonte: GOOGLE EARTH, 2009.

### **4.3 Equipamentos de gravação**

Para a gravação do canto dos pássaros foram utilizados microfone unidirecional Sennheiser modelo ME 66 e uma gravadora digital MARANTZ modelo PMD-660.

A avaliação dos sinais sonoros dos cantos das aves foi realizada no Avisoft, software profissional utilizado por ornitólogos e pesquisadores em estudos de vocalização de animais.

#### **4.3.1 Microfone unidirecional**

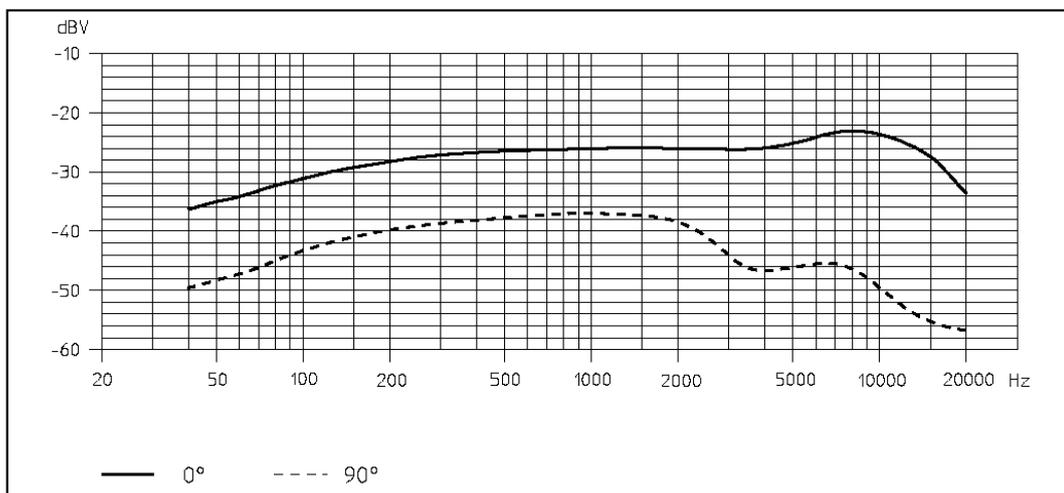
Para a gravação do canto dos pássaros foi utilizado um microfone unidirecional Sennheiser modelo ME 66 juntamente com o módulo K6.



**FIGURA 4-18** – Microfone unidirecional Sennheiser ME 66.  
Fonte: SENNHEISER – INSTRUCTIONS FOR USE – ME 66.

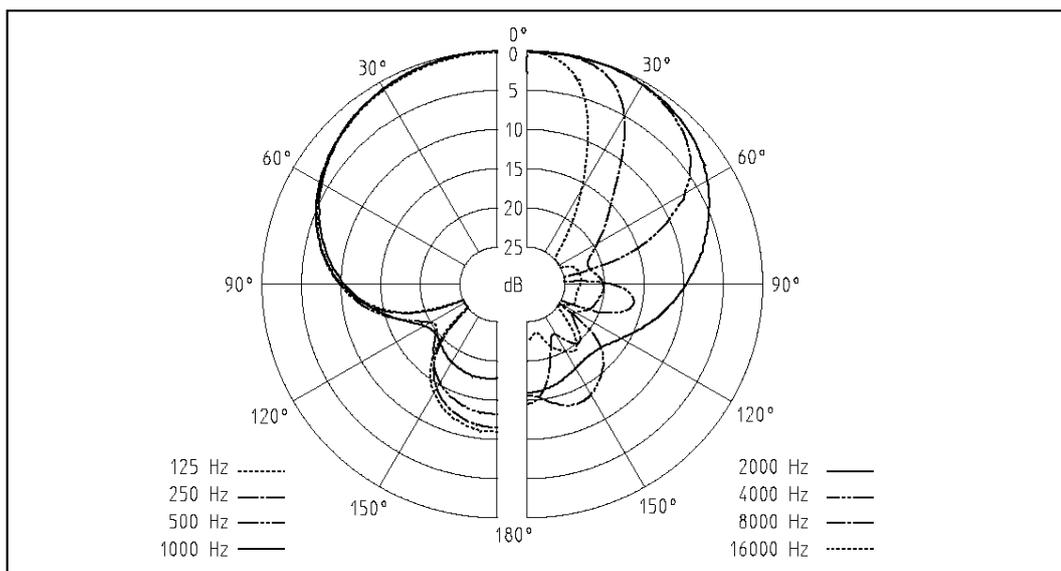
Este microfone possui faixa de resposta em frequência de 40Hz a 20kHz, sensibilidade em campo livre de 50mV/Pa, faixa dinâmica de 115dB com limite de pressão sonora máxima de 125dB a 1kHz e distorção harmônica total de 1%THD (SENNHEISER, 2004).

Apesar deste microfone não possuir uma curva totalmente plana em toda a sua faixa de resposta em frequência, para a gravação de sons entre 400Hz a 4kHz, quando direcionado a 0° da fonte sonora, apresenta curva plana o suficiente para se evitar distorção e atenuação do sinal captado, conforme pode ser observado na figura 4.19.



**FIGURA 4-19** – Curvas de resposta em frequência do microfone Sennheiser ME 66.  
Fonte: SENNHEISER – INSTRUCTIONS FOR USE – ME 66.

A diretividade do microfone Sennheiser ME 66 pode ser verificada através de seu diagrama polar. A figura 4.20 demonstra que, para variações de até 30° na direção de incidência, a atenuação do sinal é mínima da faixa de 500Hz a 4kHz. No entanto, cabe destacar que se o sinal sonoro apresentar predominância da ordem de 8kHz ou superior, a atenuação a 30° é significativa, chegando a 5dB em 8kHz e a 15dB em 16kHz.



**FIGURA 4-20** – Diagrama polar do microfone unidirecional Sennheiser ME 66.  
 Fonte: SENNHEISER – INSTRUCTIONS FOR USE ME 66.

### 4.3.2 Gravadora digital

Para a gravação do canto dos pássaros foi utilizada uma gravadora profissional de estado sólido, digital, modelo PMD 660 fabricada no Japão pela Marantz, tradicional fabricante de equipamentos de áudio profissional (Fig. 4-21).

Esta gravadora foi selecionada por possuir como especificação técnica a faixa dinâmica de 80dB, equivalente a faixa dinâmica do medidor de nível sonoro utilizado; baixa distorção harmônica total (THD), apenas 0,15% para a entrada de microfone XLR; fonte interna para alimentação de microfone, no padrão *Phantom Power* (+48V, 5mA) e gravação no formato de áudio digital PCM-48kHz-16bits.



**FIGURA 4-21** – Gravadora digital de estado sólido Marantz PMD660.  
 Fonte: MARANTZ – USER GUIDE MODEL PMD660.

A gravadora PMD 660 armazena o áudio gravado em um cartão de memória do tipo *Compact Flash* (CF) e possui conexão USB para comunicação com um computador pessoal, possibilitando a transferência dos arquivos digitais para pós-processamento em software.

A capacidade de armazenamento é inversamente proporcional à qualidade do áudio gravado, conforme tabelas apresentadas pelo fabricante. Assim, 1GB de memória possibilita armazenar: até 2h e 57min em formato PCM 48kHz (TABELA 4.1); até 3h e 13min em formato PCM 44,1kHz; e até 35h e 28min em formato MP3 64kbps. Estes valores são considerados para o modo de gravação monocal canal adotado neste estudo. Para gravações com dois microfones em formato *stereo* o tempo de gravação é reduzido à metade.

**TABELA 4.1 Correlação entre a capacidade do cartão de memória e o tempo de gravação para o formato digital PCM 48kHz.**

	fs	48 kHz	
	PCM	mono	stereo
<b>CARD SIZE</b>	32 MB	0:05	0:02
	64 MB	0:11	0:05
	128 MB	0:22	0:11
	256 MB	0:44	0:22
	340 MB	0:59	0:29
	512 MB	1:28	0:44
	(1 GB) 1024 MB	2:57	1:28
	(2GB) 2048MB	5:55	2:57
	(4GB) 4096MB	11:51	5:55

Fonte: MARANTZ – USER GUIDE MODEL PMD660.

Neste estudo, a gravadora de áudio profissional foi configurada para gravar em formato digital do tipo *wave* (".wav") PCM-48kHz-16 bits com *bitrate* de 768kbps, em canal mono, utilizando a entrada XLR de 3 pinos para conexão do microfone unidirecional.

As características técnicas da gravadora PMD 660 são adequadas à finalidade deste estudo, garantindo os padrões de áudio profissional necessários às análises. No entanto, é importante destacar que melhor qualidade de digitalização de sinais de áudio requerem equipamentos dotados de conversores de sinais, analógico-digital (A/D), de 24bits e taxas de amostragem de 96kHz ou superiores.

Outro importante recurso desta gravadora é a memória de pré-gravação, que possibilita gravar o áudio dos dois segundos que antecedem ao acionamento do comando de gravação pelo operador.

#### **4.4 Instrumentos de medição**

As medições dos níveis sonoros dos ambientes foram realizadas com instrumentação Brüel&Kjaer, sendo um medidor de nível sonoro de classe I, modelo B&K 2238E, dotado de microfone capacitivo de 1/2" e analisador de terças de oitava. Para ajuste do medidor de nível sonoro em campo foi utilizado um calibrador sonoro modelo B&K 4231, também de classe I.

Todos os instrumentos foram calibrados por laboratório acreditado pela RBC (Rede Brasileira de Calibração), certificados em conformidade com as normas técnicas da IEC (*International Electrotechnical Commission*). As calibrações foram realizadas em fevereiro de 2007 e de 2009, não sendo observado qualquer desvio na comparação dos resultados das duas calibrações.

Também foram utilizados um protetor de vento, um tripé e um termo-higrômetro.

Todos os instrumentos pertencem ao Laboratório de Acústica e Vibração da Métron Acústica Engenharia e Arquitetura Ltda., apoiadora desta pesquisa.

##### **4.4.1 Medidor de nível sonoro**

O medidor de nível sonoro modelo 2238E (fig. 4-22) é fabricado na Dinamarca pela Brüel&Kjaer em conformidade com as normas técnicas internacionais IEC 61672:2002 e IEC 60651:1979 / IEC 60804:1985 para classe I de sonômetros e IEC 61260:1995 para filtros de 1/3 de oitavas.

O B&K2238 é um medidor de nível sonoro do tipo integrador, capaz de medir o nível contínuo equivalente durante o intervalo de tempo determinado pelo operador. É também dotado de analisadores estatísticos e função *data-logger*, ou seja, é capaz de registrar a cada um segundo os resultados de até doze diferentes descritores medidos simultaneamente, possibilitando o pós-tratamento dos dados das medições e construção de gráficos da variação do NPS no tempo. Este instrumento também possui analisadores seriais em faixas de frequência.



**FIGURA 4-22** – Medidor de nível sonoro B&K 2238.

Fonte: BRÜEL & KJAER.

Todos os recursos estão implementados em diferentes *firmwares*, a saber: “*Basic*” para medições simples, “*Enhanced*” com funções de análises estatísticas, “*Logging*” com função *time histories (data logger)* e “*Frequency*” com analisadores de frequências de 1/1 e 1/3 de oitavas. Neste estudo, somente não foi utilizado o modo “*Basic*”, uma vez que suas funções também estão implementadas nos demais *firmwares*.

Uma das principais vantagens deste instrumento é sua capacidade de medir simultaneamente dois conjuntos diferentes de parâmetros, através dos circuitos detectores 1 e 2.

Nas funções *Enhanced* e *Logging* foram selecionadas a ponderação em frequência “A” no detector 1 e a ponderação “C” no detector 2, ambos em RMS (valor quadrático médio).

No modo *Enhanced* é possível selecionar simultaneamente, para a ponderação “A” em frequência, os descritores estatísticos:  $L_1$ ,  $L_5$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{95}$  e  $L_{99}$ .

Em *Logging*, foram selecionados os seguintes descritores, medidos a cada um segundo:  $L_{Aeq}$ ,  $L_{AF90}$ ,  $L_{AFMax}$ ,  $L_{AFMin}$ ,  $L_{ASMax}$ ,  $L_{ASMin}$ ,  $L_{Ceq}$ ,  $L_{CFMax}$ ,  $L_{CFMin}$  e  $L_{CLeq}$ . Tais descritores permitem a análise comparativa dos dados, de modo a caracterizar o ruído em função da predominância de altas ou baixas frequências, bem como da ocorrência de ruídos impulsivos, episódicos e contínuos.

Para cada intervalo de medição foi extraído também os valores referentes: ao nível médio equivalente ( $L_{eq}$ ), ao nível máximo ( $L_{Max}$ ) e ao nível mínimo ( $L_{Min}$ ), simultaneamente para as ponderações temporais *Fast*, *Slow* e *Impulsive* e ponderações em frequência “A” e “C”.

Em *Frequency*, para o detector 1 foi selecionado o analisador de 1/3 de oitavas, com os descritores  $L_{eq}$ ,  $L_{Max}$  e  $L_{Min}$  para os filtros compreendidas entre 20Hz a 12,5kHz. Para o detector 2 foram selecionado os descritores  $L_{Aeq}$ ,  $L_{AFMax}$  e  $L_{AFMin}$ .

Com faixa dinâmica de 80dB, o 2238 pode ser ajustado para os intervalos de: 0dB a 80dB; 10dB a 90dB; 20dB a 100dB; 30dB a 110dB; 40dB a 120dB; 50dB a 130dB ou de 60dB a 140dB.

Pelas características dos ambientes avaliados foi pré-selecionada a faixa de 30dB a 110dB para as medições em *Logging* e de 20dB a 100dB para as medições em *Frequency*. Durante as medições em campo, a depender da variação da pressão sonora, alteração na escala se faz necessária.

Cabe salientar que este equipamento apresenta um nível de ruído inerente, combinado entre ruído elétrico e térmico, da ordem de 20dB, como pode ser observado na tabela abaixo, fornecida pelo fabricante.

Logo, resultados medidos em faixa ampla ponderada em “A”, “C” e “L”, abaixo de 20dB, devem ser desconsiderados.

**TABELA 4.2 Correlação entre ruído térmico e elétrico – B&K 2238.**

Ponderação em frequência	Ruído elétrico	Ruído térmico	Ruído combinado: elétrico e térmico
“A”	14,0dB	14,2dB	17,1dB
“C”	17,0dB	13,2dB	18,5dB
<b>Linear: 5Hz a 20kHz</b>	22,0dB	14,5dB	22,7dB

Fonte: Brüel & Kjaer Product Data – 2238 Mediator Class 1 Integrating Sound Level Meters.

Durante as medições procurou-se utilizar escalas cujo limite mínimo fosse pelo menos 10dB inferior ao menor valor medido, e o limite máximo fosse pelo menos 10dB superior ao maior valor medido, de modo a evitar a ocorrência de “*overload*” e de “*underrange*”, ou seja, ultrapassar os limites da escala e a conseqüente perda de dados.

#### 4.4.2 Microfone capacitivo de campo livre

Para medições de ruído ambiental é recomendável a utilização de microfones de campo livre. O medidor de nível sonoro B&K 2238 vem equipado com o modelo B&K 4188.

O B&K 4188 é um microfone de campo livre, pré-polarizado, de ½", cuja sensibilidade nominal é de 31,6mV/Pa, capacitância de 12pF, resposta em frequência de 8Hz a 16kHz e faixa dinâmica de 15,8dB a 146dB.

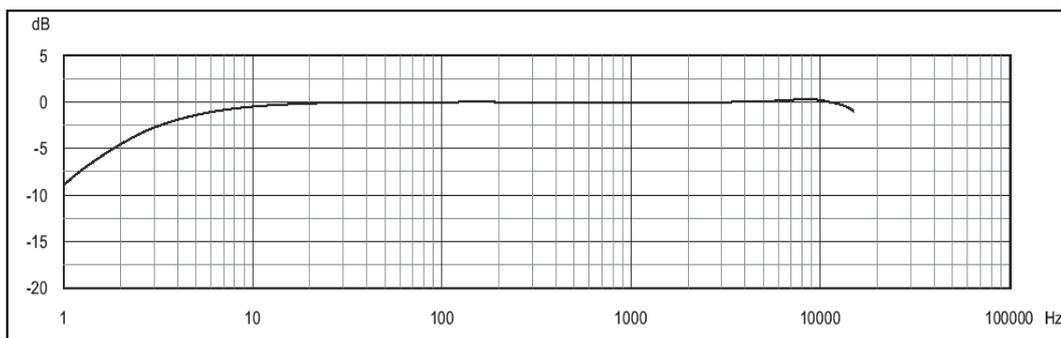


**FIGURA 4-23** – Microfone B&K 4188.

Fonte: BRÜEL & KJAER PRODUCT DATA – ½" PREPOLARIZED FREE-FIELD MICROPHONE – TYPE 4188.

O ruído térmico inerente deste equipamento é 14,2dB(A) e de 14,5dB(L). Este microfone é capaz de trabalhar exposto à temperaturas de -30°C a +125°C, apresentando uma variação de 0,005dB/K a 250Hz. É capaz ainda de suportar de 0%RH a 100%RH de umidade relativa sob influência inferior a 0,1dB na ausência de umidade.

Tais características técnicas tornam este transdutor apropriado às aplicações de medição de ruído ambiental, uma vez que é capaz de manter a estabilidade em diferentes condições ambientais, apresentando curva de resposta em frequência praticamente plana na faixa dos sinais de áudio, conforme pode ser observado a partir de sua curva de resposta em frequência (fig. 4-24).



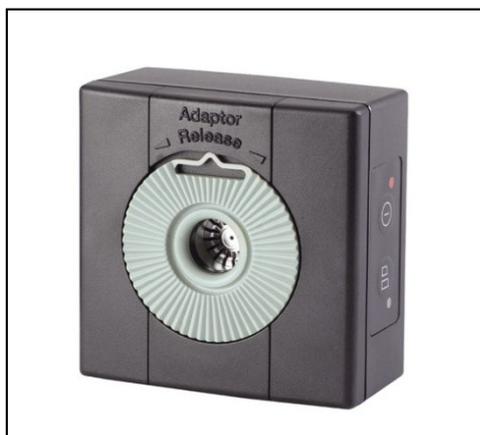
**FIGURA 4-24** – Curva de resposta em frequência do microfone B&K 4188.

Fonte: BRÜEL & KJAER PRODUCT DATA – ½" PREPOLARIZED FREE-FIELD MICROPHONE – TYPE 4188.

#### 4.4.3 Calibrador Sonoro

Para o ajuste do medidor em campo foi utilizado um calibrador sonoro modelo B&K 4231 de classe 1, capaz de produzir um sinal de 1000Hz a 94dB com exatidão de  $\pm 0,2$ dB, ou seja, equivalente a 1Pa ou  $1\text{N/m}^2$ , uma vez que a pressão de referência normalizada é de  $20\mu\text{Pa}$ .

Este equipamento pode ser operado em temperaturas de  $-30^\circ\text{C}$  a  $+50^\circ\text{C}$  e umidade relativa do ar de até 90%RH.



**FIGURA 4-25** – Calibrador sonoro B&K 4231.

Fonte: BRÜEL & KJAER.

#### 4.4.4 Analisador de oitavas e terças de oitava

O medidor de nível sonoro B&K 2238 em seu *firmware* analisador de frequência, mede o nível médio equivalente ( $L_{eq}$ ), os níveis máximos ( $L_{max}$ ) e mínimos ( $L_{min}$ ) para cada faixa de 1/1 oitava ou de 1/3 de oitava, em ponderação linear.

Simultaneamente às medições do analisador se pode medir, no detector 2, em faixa larga, o nível equivalente, o nível máximo e o nível mínimo, em ponderação “A” ou “C” ou linear “L”.

Para as medições de ruído ambiental realizadas para esta pesquisa foi utilizado o analisador de terça de oitavas no detector 1, entre as faixas de 20Hz a 12,5kHz. Os resultados estão apresentados em gráficos de barras juntamente como os valores medidos no detector 2, que foi configurado para medir o nível médio equivalente ( $L_{eq}$ ) e os níveis máximos ( $L_{max}$ ) e mínimos ( $L_{min}$ ), com ponderação em frequência “A” e temporal rápida (*fast*).

#### 4.5 Software para análise dos cantos – Avisoft

Para a avaliação do canto dos pássaros foi utilizado o *Avisoft*, *software* alemão desenvolvido para o estudo de comunicação sonora e vocalização de animais.

Foi utilizada a versão *Avisoft-SASLab Pro 4.51*, gentilmente cedida para esta pesquisa por seu desenvolvedor. Na página eletrônica [www.avisoft.com](http://www.avisoft.com) pode ser encontrada uma versão de demonstração, cujas limitações não permitiram a análise nos moldes necessários a este trabalho.

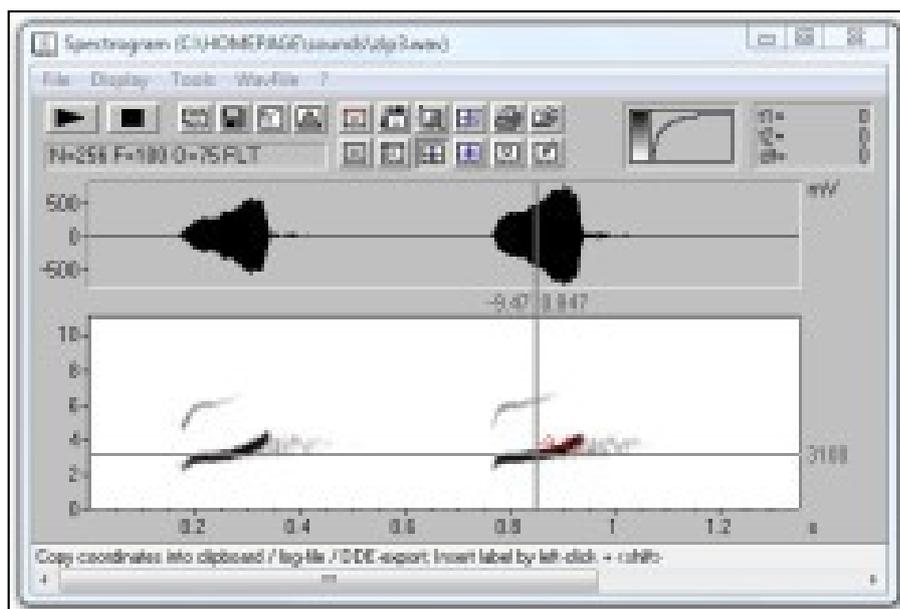


FIGURA 4-26 – Imagem de uma das telas do Avisoft.

Desenvolvido com algoritmos baseados em FFT (*Fast Fourier Transform*), este programa permite a análise dos sinais sonoros por amplitude de onda e por espectrograma, em tempo e

freqüência. Estes recursos são necessários para o objetivo deste trabalho, de identificação das freqüências dos sinais de canto dos passeriformes.

Para a análise dos cantos estudados nesta pesquisa, o *Avisoft* foi configurado para FFT de 1024bits em janela *Hamming*, a partir do sinal de origem de 16bits com taxa de amostragem de 48kHz.

Para a construção dos sonogramas, após várias tentativas, foi identificado a melhor configuração dos demais parâmetros exigidos pelo *software*. Assim foi estabelecido um limite de corte inferior em 1kHz e superior em 10kHz. Estes limites possibilitaram filtrar os demais ruídos e destacar os sinais sonoros dos cantos dos pássaros, sem comprometer a identificação dos limites das freqüências sonoras dos cantos, compreendidos dentro destes limites. Eventualmente os limites de corte destes filtros passa baixa e passa alta foram corrigidos para se garantir plena amostragem dos sinais sonoros de vocalização dos pássaros.

Ressalta-se que outros *softwares* foram experimentados, porém o *Avisoft* mostrou-se mais apropriado à este trabalho.

#### **4.6 Metodologia de gravação do canto dos pássaros**

O procedimento de gravação dos cantos dos pássaros se inicia com a identificação dos indivíduos a partir de seu canto e do contato visual a olho nu ou com binóculo. Após a identificação e confirmação, faz-se a aproximação de modo a garantir a menor distância possível entre o indivíduo e o microfone de gravação.

A aproximação se faz a passos lentos, com pequenos deslocamentos graduais, de forma a evitar que o pássaro perceba a presença do pesquisador e não se sinta ameaçado nem incomodado, deixando de cantar. É importante também evitar ao máximo a presença de obstáculos entre o pássaro que está vocalizando e o microfone unidirecional, possibilitando a incidência direta do som da vocalização sobre o microfone de gravação.

A vocalização de canto das espécies estudadas normalmente ocorre ao nascer do sol e ao final da tarde. Assim as gravações foram realizadas sempre nestes horários.

Ao iniciar a gravação o microfone é apontado na direção do pássaro, sempre utilizando o suporte de microfone com elásticos e protetor de vento (“*wind-screen*”).

A cada intervalo maior de tempo ocorrido entre uma vocalização e outra a função “pausa” da gravadora foi utilizada, de maneira a economizar memória. Ressalta-se que a gravadora utilizada possui sistema de pré-gravação capaz de armazenar dois segundos de áudio que antecedem o acionamento da tecla “pausa”, quando esta é pressionada ao reiniciar a gravação. Este recurso foi utilizado com o intuito de minimizar a perda das primeiras notas vocalizadas, em função do tempo despendido entre a audição da primeira nota e o acionamento da tecla da gravadora.

Ao final de cada gravação um relato oral das observações feitas em campo foram registrados no mesmo arquivo sonoro, de maneira a possibilitar a identificação na fase de tratamento do áudio. Também foram anotados em papel os números dos arquivos sonoros, para identificação e organização dos mesmos.

#### **4.7 Metodologia de medição do ruído ambiental**

As medições dos níveis de pressão sonora, para determinação dos níveis de ruído ambiental, foram realizadas seguindo as metodologias de engenharia acústica e de levantamento acústico especificadas na norma técnica brasileira NBR 7731:1983 e na norma técnica internacional ISO 2204:1979, que fixam as condições gerais e as grandezas exigíveis para medição de ruído aéreo e avaliação de seu efeito sobre o homem.

Em função do objetivo deste trabalho, foram consideradas apenas as recomendações normativas no que tange o procedimento de medição de ruído aéreo. As orientações normativas para avaliação dos efeitos do ruído sobre o homem não foram aplicadas neste trabalho.

No que diz respeito a caracterização do ruído “na fonte”, no campo de transmissão e junto ao receptor, todas as medições de nível sonoro foram realizadas com o objetivo de identificar o espectro de frequência em cada ponto de medição. Optou-se por utilizar a caracterização espectral em 1/3 de oitavas, uma vez que estes filtros, de faixas mais estreitas que os de 1/1 oitavas, possibilitam melhor identificação de eventuais contribuições tonais. Eventualmente, em alguns locais também foram realizadas medições para caracterização da variação do nível de pressão sonora no tempo, simultaneamente nas ponderações “A” e “C” de faixa ampla.

Os pontos de medição foram locados de maneira a caracterizar um eixo imaginário entre a fonte sonora e o local onde foram gravadas as vocalizações dos indivíduos pesquisados.

Considerando que o ruído antrópico, comum aos habitats pesquisados, está associado ao tráfego de veículos automotores ao longo de vias públicas, a fonte sonora foi caracterizada como uma fonte em “linha”, sendo portanto considerada como a própria via de tráfego. Assim, o ponto de medição mais próximo à fonte foi locado sempre à margem da via, em local que proporcionasse também segurança ao pesquisador.

Anterior e posterior a cada ciclo de medição, o medidor de nível sonoro foi ajustado com uso do calibrador sonoro. Os resultados de cada procedimento e eventuais valores de ajuste foram armazenados na memória interna do medidor de nível sonoro para posterior análise.

Todas as medições de nível sonoro foram realizadas com uso do protetor de vento. O medidor de nível sonoro foi configurado de modo a ativar a compensação da curva de absorção do protetor de vento, conforme recomendação do fabricante.

O medidor de nível sonoro foi montado em um tripé e mantido sempre entre 1,6m e 1,7m do solo e pelo menos a 2m de qualquer obstáculo que pudesse projetar sombra acústica ou refletir a energia sonora.

Em cada ponto de medição foi realizada pelo menos uma medição em 1/3 de oitava. Uma vez que o B&K2238 utiliza filtro seriais, o tempo de medição e o número de varreduras de todo o espectro foi ajustado em cada um dos ambientes avaliados, de maneira a garantir o maior número possível de varreduras completas sem comprometer a caracterização de todos os pontos de medição sob as mesmas características.

Em alguns pontos de medição também foram realizadas medições utilizando o recurso de *logging* do medidor de nível sonoro. Nestes locais as medições foram realizadas simultaneamente em ponderação “A” e “C” e registradas a cada um segundo.

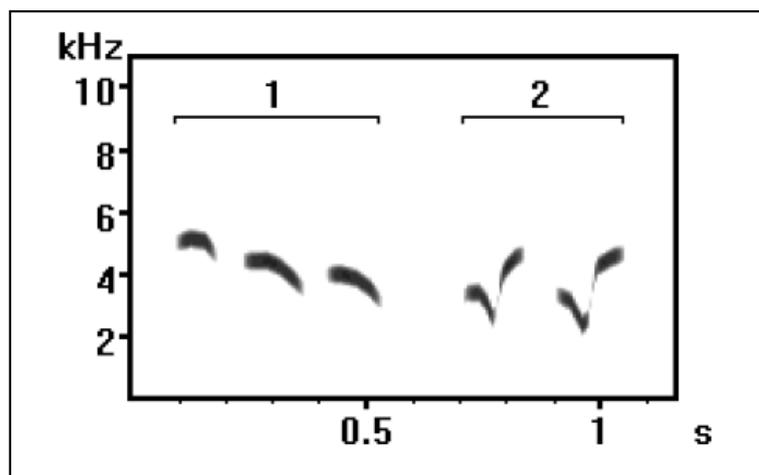
Eventualmente, foram empregados também o recurso *Enhanced* do medidor de nível sonoro para análise estatística da variação da pressão sonora ao longo do tempo amostrado. Cabe salientar que este recurso foi considerado desnecessário ao objetivo deste trabalho. Sua utilização foi uma opção inicial utilizada nas primeiras análises, apenas para possibilitar

posteriores comparações sobre as melhores técnicas de engenharia acústica a serem empregadas em análises desta natureza.

#### **4.8 Metodologia de análise das vocalizações dos pássaros**

As análises das vocalizações foram realizadas no software *avisoft*, utilizando recursos para a construção de sonogramas. Estes são representações gráficas do sinal sonoro onde é possível visualizar as três componentes de um sinal sonoro: tempo, pressão e frequência.

Nos sonogramas empregados neste estudo a escala de intensidade da energia sonora é apresentada em escala de cinza na área interna do gráfico. A variação da frequência é apresentada no eixo da ordenada e a variação no tempo no eixo da abscissa, conforme ilustrado na figura 4.27. Nesta ilustração é possível observar duas frases de vocalização produzidas em um intervalo de um segundo.



**FIGURA 4-27** – Imagem de um sonograma.

A partir da construção dos sonogramas dos sinais de áudio gravados em campo foram selecionadas melhores seções de gravação. Sobre cada seção foram aplicados filtros e excluídos demais ruídos, dando destaque aos sinais de vocalização do pássaro.

Concluído o tratamento de cada arquivo sonoro foram aplicadas ferramentas do próprio *Avisoft* para expressão dos limites inferiores e superiores dos sinais sonoros tratados. Assim, foi possível conhecer a menor e a maior frequência sonora produzida por aquele indivíduo, conseqüentemente a faixa sonora de sua vocalização.

#### 4.9 Metodologia de análise do campo acústico ambiental

Após as medições em campo, os resultados foram transferidos do medidor integrador para um computador pessoal em formato de texto (.txt). Em seguida foram importados pelo *software Excel* onde foram tratados e produzidos os gráficos de resultados que ilustram este trabalho.

Para as medições realizadas em 1/3 de oitavas, adotou-se como padrão o gráfico ilustrado na figura 4.28, onde os resultados do nível médio equivalente para cada faixa de 1/3 de oitava é apresentado na forma de barras verticais. O nível médio equivalente, ponderado em “A”, a cada faixa de 1/3 de oitava, é apresentado pela linha verde sobreposta ao gráfico de barras. No cabeçalho do gráfico são apresentados os resultados do nível médio equivalente ponderado em “A” ( $L_{Aeq}$ ) medido no detector 2, expresso em dB(A) e o nível médio equivalente linear ( $L_{Leq}$ ) em faixa ampla, expresso em dB(L).

Sendo a ponderação “A” equivalente à percepção auditiva humana, considerou-se imprescindível avaliar também os níveis globais de pressão sonora na faixa linear, de maneira a possibilitar eventuais comparações entre os resultados globais lineares e os resultados em faixas de 1/3 de oitavas, também lineares.

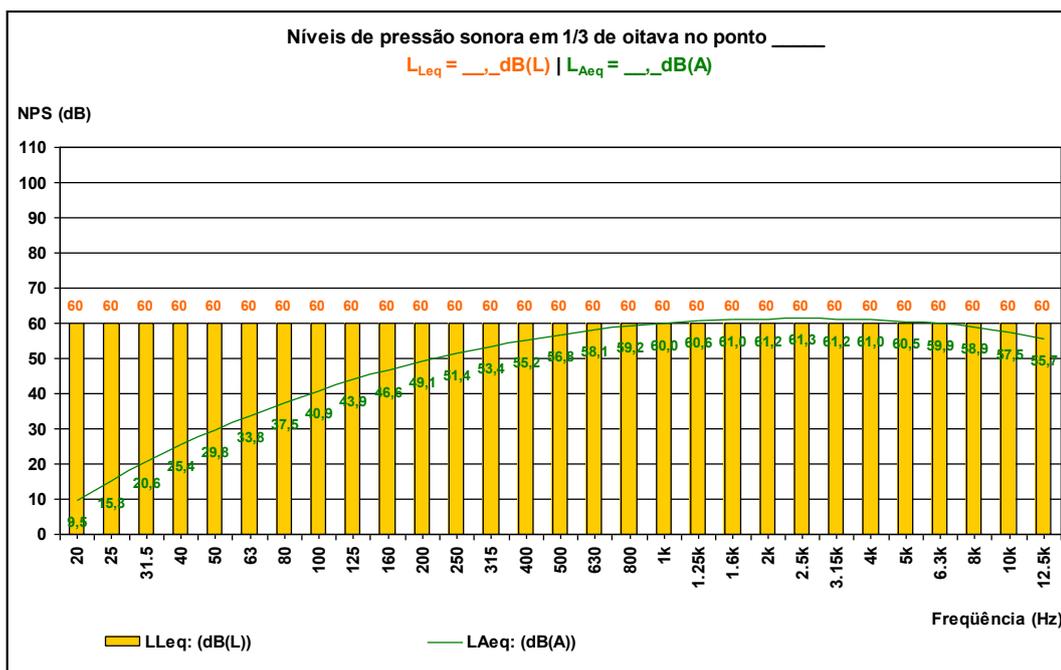


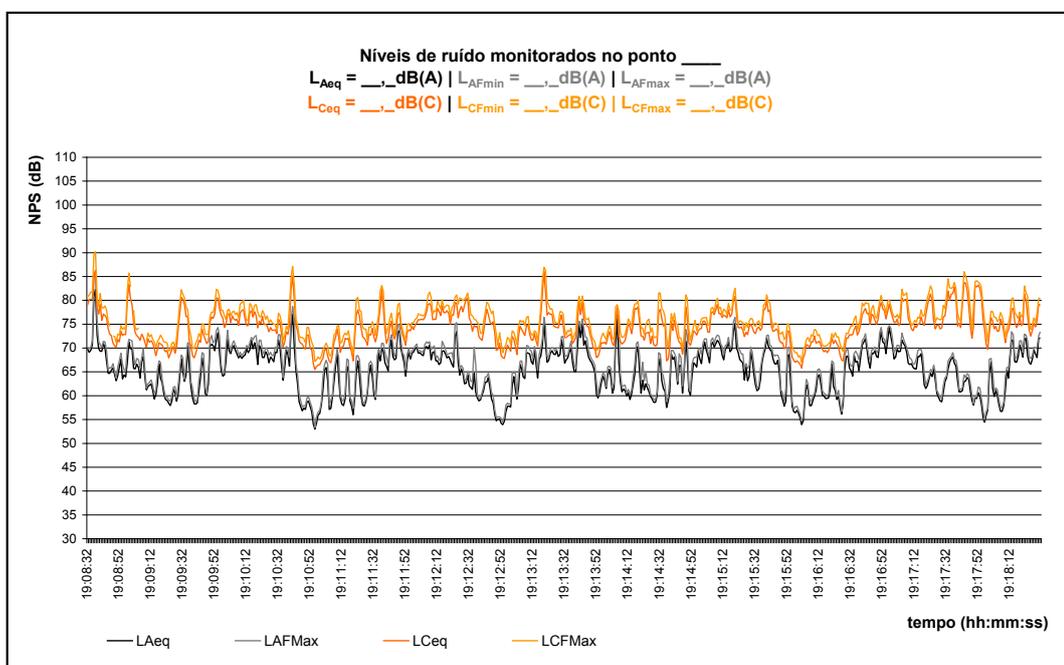
FIGURA 4-28 – Gráfico modelo para apresentação dos resultados em 1/3 de oitavas.

Para as medições realizadas com o objetivo de caracterizar a variação da pressão sonora no tempo, adotou-se como padrão o gráfico ilustrado na figura 4.29, onde os resultados do nível

médio equivalente ponderado em “A” ( $L_{Aeq}$ ) é apresentado pela linha preta e o nível médio equivalente ponderado em “C” ( $L_{Ceq}$ ) é apresentado pela linha alaranjada.

No cabeçalho do gráfico são apresentados os resultados globais de todo o período de medição, onde os níveis máximos ponderados em “A” e em *fast* ( $L_{AFmax}$ ), a cada um segundo de medição, estão interligados pela linha cinza. Os níveis máximos ponderados em “C” e em *fast* ( $L_{CFmax}$ ) a cada um segundo de medição estão interligados pela linha laranja claro.

Sobre os gráficos, quando da ocorrência de ruídos episódicos relevantes, foram realizadas anotações com recursos de inserção de balões de texto.



**FIGURA 4-29** – Gráfico modelo para apresentação dos resultados do NPS no tempo.

De posse dos resultados, conhecendo a faixa de comunicação de cada uma das espécies estudadas e conhecendo os níveis de pressão sonora nas faixas de 1/3 de oitava em cada um dos habitats, construiu-se os descritores dos níveis sonoros na faixa de vocalização para cada uma das espécies estudadas.

A construção dos descritores propostos nesta dissertação é realizada a partir da soma logarítmica e da média logarítmica dos níveis equivalentes de cada uma das faixas de 1/3 de oitavas, compreendidas no intervalo de comunicação dos sinais sonoros de vocalização de cada uma das espécies.

A construção destes descritores é uma proposição desta pesquisa, que baseia-se no mesmo princípio que deu origem ao nível de interferência na fala (SIL – *Speech Interference Level*), aplicado em avaliações de ruído em função de sua interferência na comunicação verbal humana, onde, a partir do SIL e do índice de articulação (AI), se avalia a máxima distância, entre um orador e um ouvinte para que se garanta inteligibilidade satisfatória da palavra em presença de ruído num ambiente durante uma conversação. A metodologia de cálculo do SIL é baseada nos níveis de pressão sonora, medidos na posição do ouvinte, nas faixas de oitavas de: 500Hz, 1kHz, 2kHz e 4kHz, uma vez que estas são equivalentes aos sinais sonoros produzidos pelo aparelho fonador humano. (ISO 3352, 1974).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das avaliações estão apresentados em função dos habitats avaliados.

Para cada habitat são apresentados os pontos de medição e descritas as condições observadas durante as medições.

Os resultados dos níveis de pressão sonora estão ilustrados em gráficos de NPS no tempo e em gráficos de 1/3 de oitavas. Também são apresentadas tabelas comparativas dos resultados em faixa ampla, nas ponderações “A” e “C”.

Para cada habitat é apresentado um sonograma ilustrativo das vocalizações analisadas, juntamente com os valores identificados da menor e da maior frequência sonora, delimitando a faixa espectral das vocalizações gravadas para cada espécie.

Os resultados das medições de nível sonoro são avaliados pela comparação dB(C) - dB(A) e dos níveis sonoros em faixas de 1/3 de oitavas.

A análise espectral é realizada na faixa da vocalização de cada espécie/habitat. Os resultados são apresentados através de dois descritores, que são proposições desta dissertação.

Ao final deste capítulo é analisado o conjunto dos resultados.

### **5.1 Rod. D. Pedro I – Posto Sucão / Corruíra (*Troglodytes musculus*)**

#### **5.1.1 Localização e distribuição dos pontos de medição**

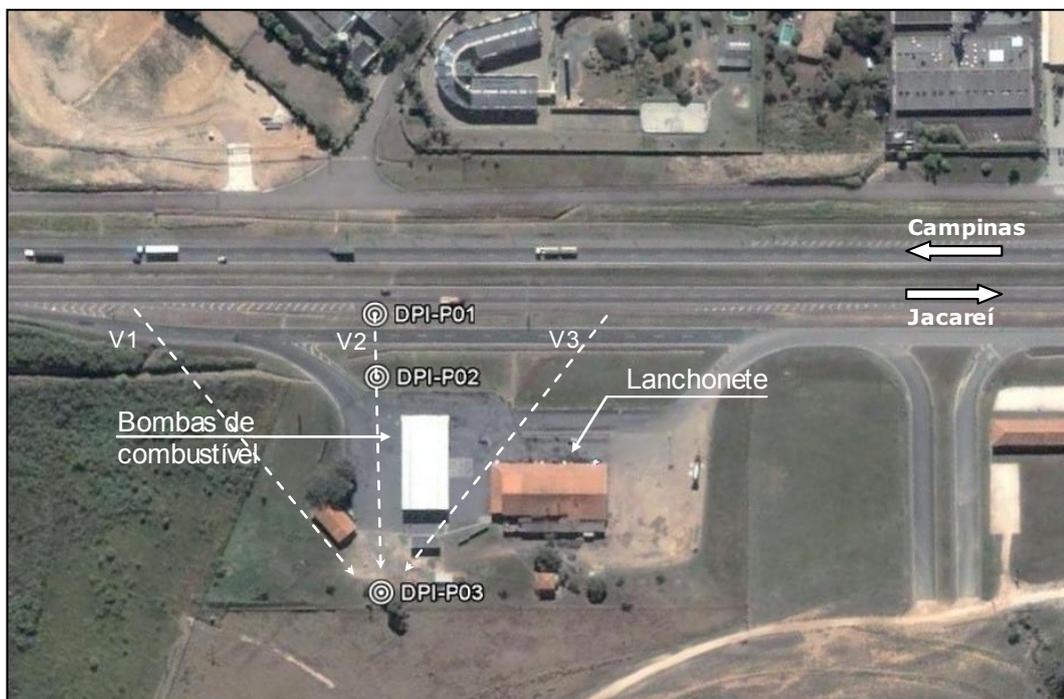
A área delimitada neste estudo foi definida em função da presença de indivíduos de *Troglodytes musculus*. Este local está situado à margem da Rodovia Dom Pedro I, na altura do km124 Sul, em um trecho de reta com ligeiro aclive, conforme apresentado em 4.1.1.

A incidência sonora principal do ruído da rodovia e das atividades do posto sobre o habitat se dá entre os vetores V1 e V3 (fig.5-1). À esquerda de V1 ocorre o efeito de sombra acústica produzida pelo talude natural. À direita de V3 a sombra acústica é produzida pela edificação da lanchonete e também pelo talude natural entre a estrada e o posto. A área onde estão as bombas de abastecimento não constituem obstáculos à propagação sonora.

As medições de nível sonoro foram realizadas em três diferentes pontos, distribuídos sobre um eixo imaginário, perpendicular à rodovia, caracterizado como o vetor principal de incidência de ruídos antrópicos sobre o hábitat das corruíras.

Os pontos foram locados de modo a caracterizar os níveis sonoros: i) próximo à rodovia, identificada como fonte linear de ruído antrópico; ii) em um ponto intermediário para caracterização dos níveis sonoros na trajetória entre o emissor e o imissor; iii) na área onde foram gravados os cantos do *T. musculus*. Os pontos foram numerados de DPI-P01 a DPI-P03.

O ponto DPI-P01 foi locado aproximadamente a cinco metros da rodovia, sobre o canteiro existente entre as pistas Sul e marginal. O ponto DPI-P02 foi locado entre a pista marginal e a área do posto, sobre uma área gramada no mesmo nível do Posto Sucção, que topograficamente é mais elevado que a rodovia. O ponto DPI-P03 foi locado onde foram identificados indivíduos de *T. musculus*. A distribuição dos pontos de medição pode ser observada pela imagem satélite (fig. 5-1).



**FIGURA 5-1** – Pontos de medição de nível sonoro locados na área do posto Sucção.

As medições de nível sonoro foram realizadas em dias de semana ao final da tarde. No primeiro dia, devido a presença de três ônibus de turismo estacionados na área do posto, próximo ao ponto DPI-P03, optou-se por desconsiderar os dados coletados e repetir as

medições em outro dia de semana, no mesmo horário de gravação das vocalizações, evitando a interferência produzida por estes veículos.

### 5.1.2 Resultados das medições de nível sonoro

Durante as medições foram observados céu claro, temperatura de 32°C (ao sol) e não foram registrados ventos. Nos três pontos de medição predominou o ruído de tráfego na rodovia, constante durante todo o tempo de avaliação. Foram observados como fontes sonoras episódicas, o uso de buzina, a aceleração de veículo na área do posto, conversas de pessoas e latidos de cães. No ponto DPI-P03 também foram audíveis ruídos de insetos e pássaros.

Durante as medições no ponto DPI-P01 foi quantificado o fluxo viário na rodovia nos dois sentidos de rolagem. Os valores apresentados na tabela 5.1 correspondem à média calculada do número de veículos para o intervalo unitário de um minuto. A velocidade média observada para as duas direções foi de 110km/h.

**TABELA 5.1 Fluxo de veículos na Rod. D. Pedro I.**

Classes de veículos	Fluxo viário (veículos / minuto)	
	Sentido Sul	Sentido Campinas
Motocicletas	2	1
Automóveis	12	13
Ônibus e Caminhões	7	5
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>19</b>

As medições do NPS no tempo foram realizadas durante vinte minutos contínuos em cada um dos pontos. O medidor de nível sonoro foi configurado para integrar, a cada um segundo, o  $L_{eq}$  e registrar os descritores  $L_{min}$  e  $L_{max}$  na ponderação temporal *fast* e nas ponderações em frequência “A” e “C”, possibilitando a construção dos gráficos do NPS no tempo.

As medições de níveis sonoros em 1/3 de oitavas foram realizadas em ponderação linear, com quatro varreduras completas de todo o espectro sonoro, durante aproximadamente cinco minutos, para determinação dos níveis equivalentes ( $L_{eq}$ ) medidos a cada faixa de 1/3 de oitavas. Estes resultados estão apresentados nos gráficos de barras. Para compreensão dos níveis sonoros Na etapa de tratamento dos dados aplicou-se a ponderação “A” a cada um dos resultados (IEC 61672-1, 2002). O resultados em  $L_{Aeq}$  estão ilustrados pela linha verde

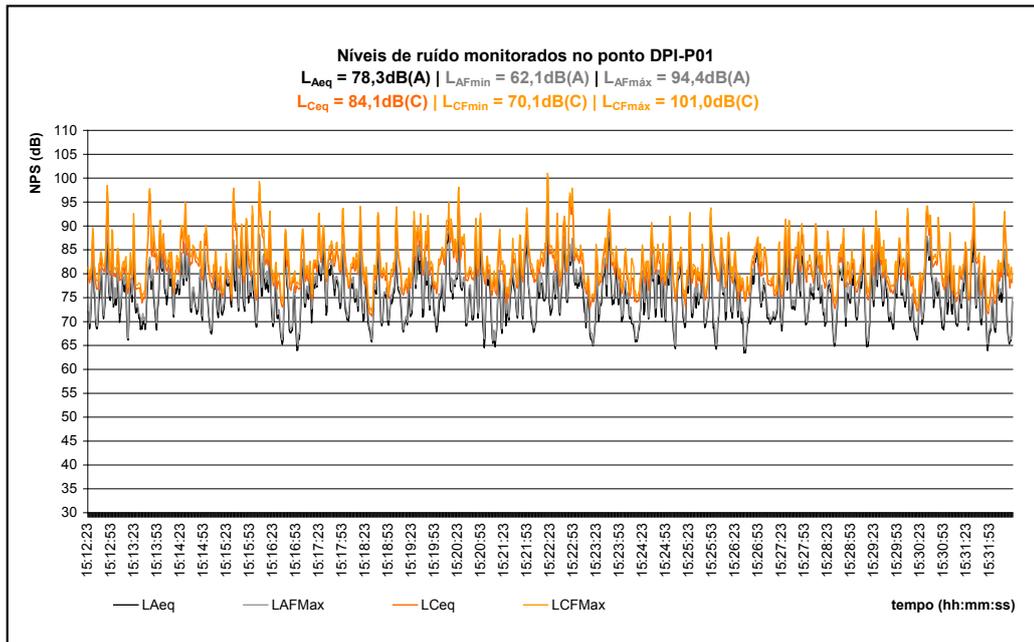
sobreposta às barras verticais e possibilitam compreender os níveis sonoros na faixa de percepção humana.

- **Ponto: DPI-P01**

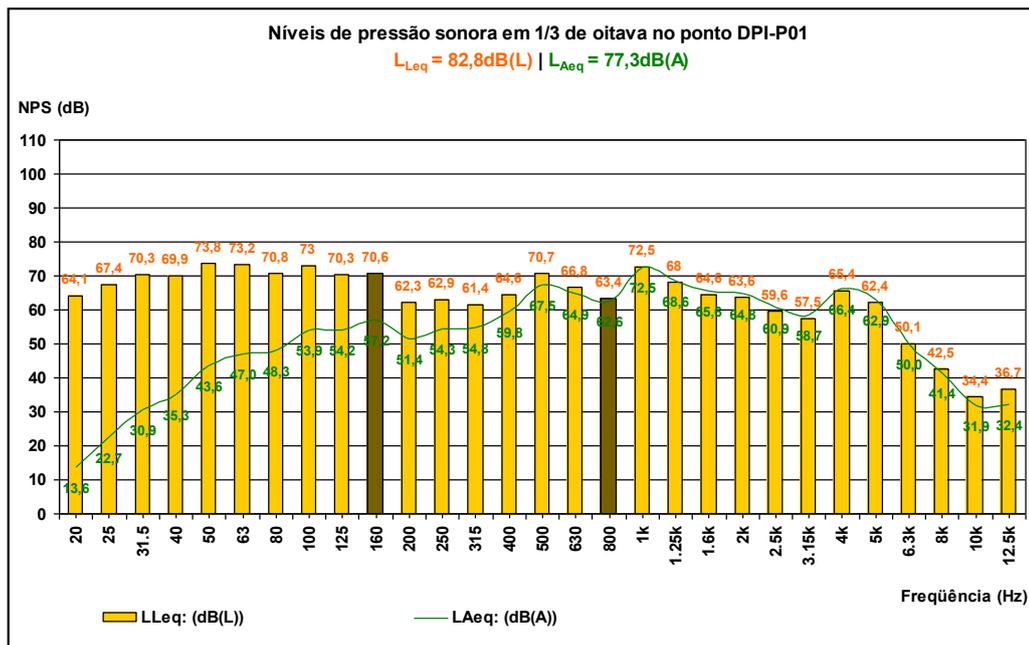
Durante as medições neste ponto não foram percebidos ruídos das atividades do posto, da lanchonete nem dos empreendimentos vizinhos. A percepção auditiva foi de total predomínio do ruído de tráfego na rodovia, com fluxo contínuo nos dois sentidos, sem interrupções. Durante o tráfego apenas de automóveis predominou o ruído do atrito de pneus com o asfalto. Para motos e caminhões a percepção sonora remete ao ruído dos motores e escapamentos. Os maiores valores registrados estão associados ao tráfego de caminhões no sentido Sul.

Os níveis sonoros variaram de  $L_{CFmin}=70dB(C)$  e  $L_{AFmin}=62dB(A)$  à  $L_{CFmax}=101dB(C)$  e  $L_{AFmax}=94dB(A)$ , com níveis médios equivalentes a  $L_{Ceq}=84dB(C)$  e  $L_{Aeq}=78dB(A)$ , indicando o gradiente  $L_{Ceq} - L_{Aeq} = 6dB$ .

No espectro percebe-se a distribuição elevada da energia sonora na faixa de 20Hz a 5kHz. Nas faixas superiores a 6,3kHz foram registradas quedas significativas da energia sonora.



**FIGURA 5-2** – NPS no tempo, DPI-P01.



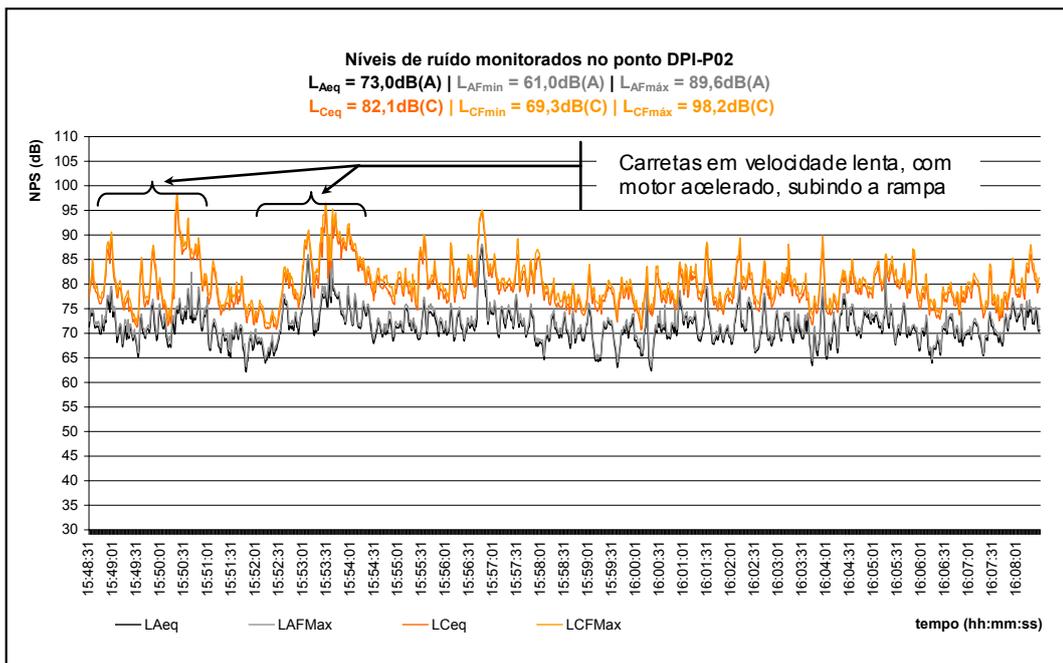
**FIGURA 5-3 – NPS em 1/3 de oitavas, DPI-P01.**

- **Ponto: DPI-P02**

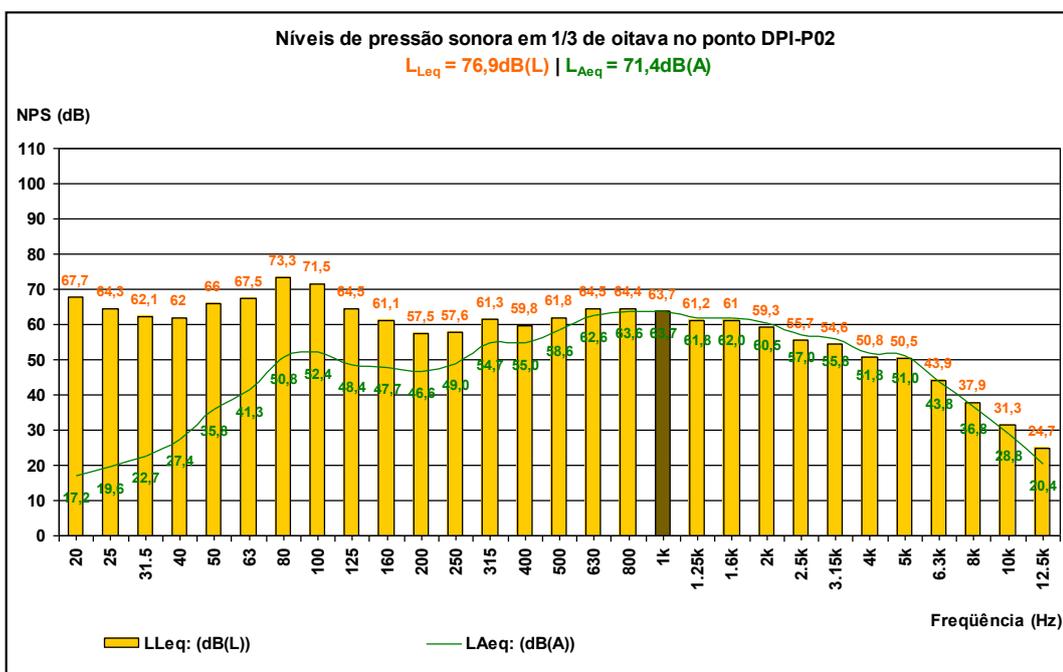
Semelhante ao ponto DPI-P01, durante o tráfego de automóveis na rodovia predominou o ruído do atrito de pneus com o asfalto. Para motos e caminhões predominou o ruído de motores e escapamentos. Eventualmente foram audíveis conversas dos frentistas e pios de pássaros no gramado, mas não induziram qualquer alteração nos níveis de pressão sonora.

Os níveis sonoros variaram de  $L_{CFmin}=69\text{dB(C)}$  e  $L_{AFmin}=63\text{dB(A)}$  à  $L_{CFmax}=98\text{dB(C)}$  e  $L_{AFmax}=90\text{dB(A)}$ , com níveis médios equivalentes a  $L_{Ceq}=82\text{dB(C)}$  e  $L_{Aeq}=73\text{dB(A)}$  indicando o gradiente  $L_{Ceq} - L_{Aeq} = 9\text{dB}$ . Cabe destacar que os maiores níveis sonoros foram registrados durante o tráfego de duas carretas na pista que dá acesso ao posto Sucão. Estes veículos transportavam vagões férreos e se deslocaram em velocidade lenta e alta aceleração.

No espectro percebe-se a distribuição elevada da energia sonora na faixa de 20Hz a 5kHz. Nas faixas superiores a 6,3kHz foram registradas quedas significativas da energia sonora.



**FIGURA 5-4 –NPS no tempo, DPI-P02.**



**FIGURA 5-5 – NPS 1/3 de oitavas, DPI-P02.**

- **Ponto: DPI-P03**

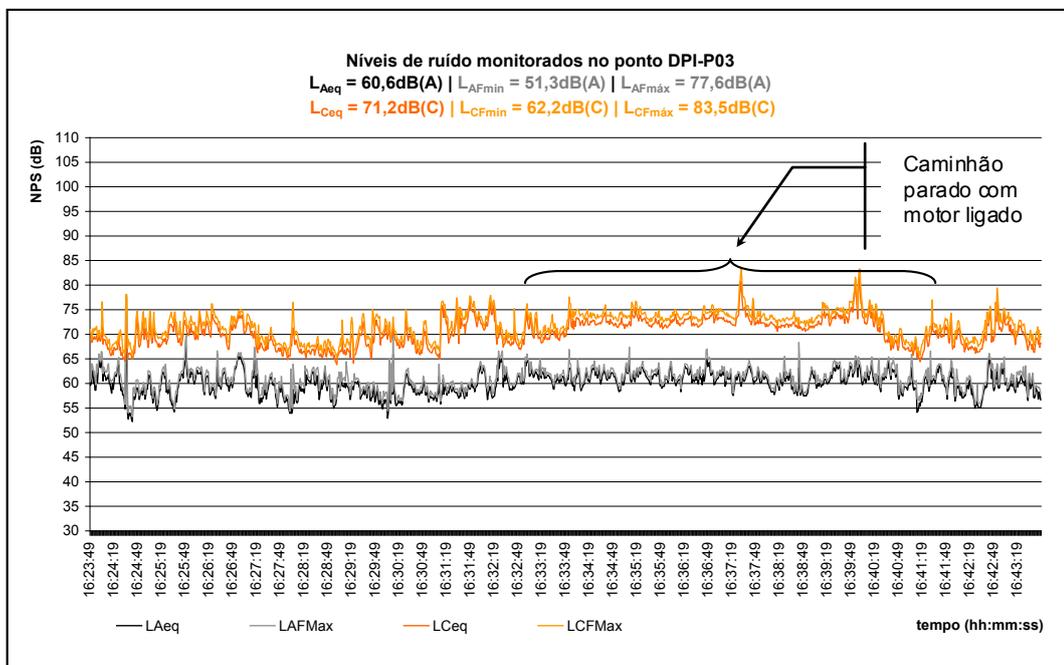
Semelhante aos pontos DPI-P01 e DPI-P02 neste local predominou o ruído de tráfego de veículos na rodovia. Eventualmente foram audíveis conversas dos frentistas e de veículos no

posto. Também compôs o ruído ambiente o som de pios e cantos de pássaros nos arbustos e gramados próximo a este local.

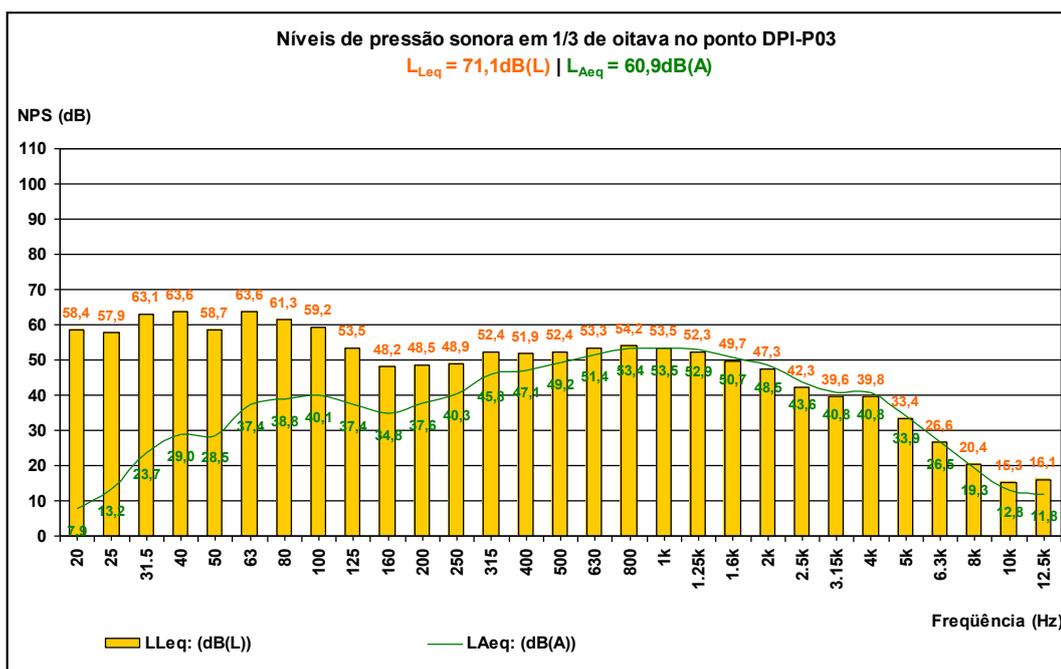
Os níveis sonoros variaram de  $L_{CFmin}=62dB(C)$  e  $L_{AFmin}=51dB(A)$  à  $L_{CFmax}=84dB(C)$  e  $L_{AFmax}=78dB(A)$ , com níveis médios equivalentes a  $L_{Ceq}=71dB(C)$  e  $L_{Aeq}=61dB(A)$ , indicando o gradiente  $L_{Ceq} - L_{Aeq} = 10dB$ .

Durante a medição do NPS no tempo por aproximadamente oito minutos, ocorreu a chegada, permanência e saída de um caminhão na área do posto. Durante o tempo em que permaneceu parado, com o motor ligado, os níveis mínimos de pressão sonora se elevaram. No entanto, verifica-se que os níveis máximos permaneceram inalterados, caracterizando o tráfego na rodovia como a fonte de ruído predominante.

No espectro percebe-se a distribuição elevada da energia sonora na faixa de 20Hz a 2kHz. Nas faixas superiores a 2,5kHz os níveis sonoros são inferiores a 40dB, decaindo significativamente acima de 4kHz.



**FIGURA 5-6 – NPS no tempo, DPI-P03.**



**FIGURA 5-7 – NPS em 1/3 de oitavas, DPI-P03.**

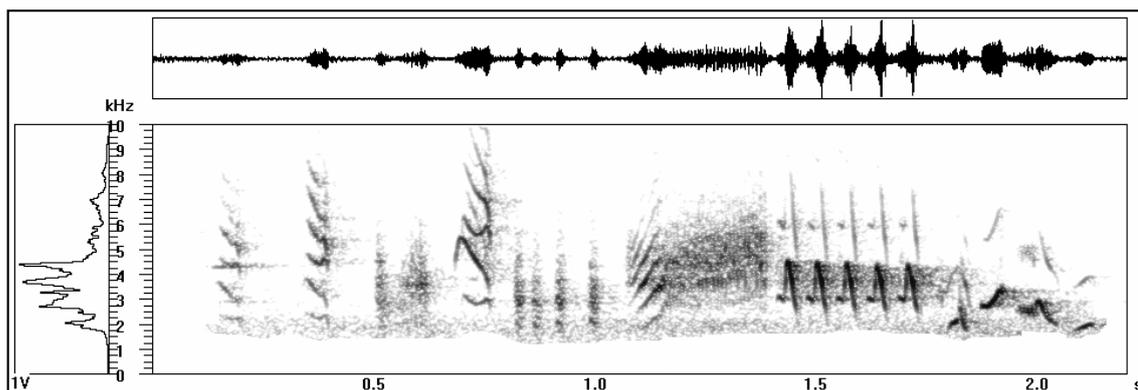
### 5.1.3 Análise das vocalizações

Os sinais de canto do *T. musculus* foram gravados ao final da tarde. As gravações foram realizadas o mais próximo possível dos pássaros. As gravações foram realizadas com o ajuste de ganho da gravadora na posição central.

Foram selecionadas as melhores gravações dos cantos das corruíras. Os sinais foram tratados no *Avisoft-SASLab Pro*, onde se identificou os limites inferiores e superiores das frequências sonoras de vocalização, compreendidos entre 1,50kHz e 11,34kHz, conforme apresentado na tabela 5.2. A figura 5-2 ilustra o canto característico da Corruíra e sua distribuição espectral, onde se observa que a maior concentração da energia de vocalização está compreendida entre 2kHz e 8kHz. Qualquer ocorrência de sinais sonoros nesta faixa podem resultar na perda da inteligibilidade destes sinais.

**TABELA 5.2 Análise de vocalização:  
*T. musculus* no posto Sucão.**

Nº de cantos	Nº de frases	Frequência mínima (Hz)	Frequência máxima (Hz)
8	194	1500	11340



**FIGURA 5-8** – Sonograma de uma frase do canto de um *T. musculus* no posto Sucão.

#### 5.1.4 Discussão dos resultados

Durante as medições dos níveis sonoros e gravação do canto das corruíras foi observado o fluxo constante de veículos na rodovia Dom Pedro I.

Pela análise da variação do NPS no tempo se observa que o fluxo constante de veículos, em velocidade média de 110km/h, produz significativos gradientes entre níveis mínimos e máximos de pressão sonora.

A comparação entre os resultados obtidos nos três pontos de medição indicam que os níveis mínimos obtidos nos pontos DPI-P01 e DPI-P02 são equivalentes, apresentando um decaimento apenas quando comparado ao ponto DPI-P03. O mesmo pode ser afirmado para os demais descritores, corroborando a percepção subjetiva de que a principal fonte sonora é o ruído de tráfego rodoviário.

**TABELA 5.3 NPS globais – Rod. D. Pedro I.**

Local	$L_{Cmax}$ (dB(C))	$L_{Amax}$ (dB(A))	$L_{Cmin}$ (dB(C))	$L_{Amin}$ (dB(A))	$L_{Ceq}$ (dB(C))	$L_{Aeq}$ (dB(A))	$L_{Ceq} - L_{Aeq}$ (dB)
DPI-P01	101	94	70	62	84	78	6
DPI-P02	98	90	69	63	82	73	9
DPI-P03	84	78	62	51	71	61	10

Os veículos em trânsito na rodovia são fontes sonoras pontuais, porém não são estáticas no espaço. Para a percepção de um observador fixo à margem da rodovia, o fluxo contínuo de veículos possibilita considerá-la como uma única fonte em linha, cuja contribuição sonora irá variar em função do fluxo viário.

Entende-se que os descritores  $L_{\min}$  e  $L_{\max}$  não são os mais apropriados para análises de ruído ambiental desta natureza, uma vez que o  $L_{\max}$  poderá estar associado a um evento sonoro específico e o  $L_{\min}$  à menor pressão sonora registrada. Assim, considera-se que o mais apropriado seria a aplicação de análise estatística, através de descritores como  $L_{90}$  e  $L_{10}$ .

Outro recurso pertinente em análise de impacto acústico ambiental sobre o homem é a comparação entre os níveis equivalentes ponderados em “C” e em “A”, cujos resultados corroboraram a percepção sonora verificada durante as medições. Sabe-se que quanto maior o gradiente  $\text{dB(C)} - \text{dB(A)}$  maior é a presença de sons de baixa frequência, e quanto menor o resultado deste gradiente, maior é a presença de sons de alta frequência.

A exemplo, a percepção durante as medições no ponto DPI-P01 indicou que:

- durante o tráfego de automóveis, o ruído do atrito dos pneus com o asfalto foi predominante. Este tipo de ruído sabidamente apresenta componentes espectrais em frequências mais elevadas (LEEUWEN & KOK & REUBSAET, 2007).
- durante o tráfego de veículos de motores a diesel predominaram os sons mais graves, associados aos motores e escapamentos destes veículos.

No ponto DPI-P03 o ruído de atrito de pneus com o asfalto é menos significativo que o ruído de motores e escapamentos. Neste local  $L_{Ceq} - L_{Aeq}$  foi de 10dB, enquanto que no ponto DPI-P01, situado à margem da rodovia,  $L_{Ceq} - L_{Aeq}$  foi de apenas 6dB.

Sabendo-se que, com a distância, a absorção atmosférica é maior nas altas frequências (ISO 9613, 1993), se conclui que os resultados dos gradientes  $L_{Ceq} - L_{Aeq}$  corroboram a percepção subjetiva, de que nos três pontos de medição a fonte de ruído predominante foi o ruído de tráfego rodoviário.

No entanto, uma melhor compreensão da distribuição espectral pode ser obtida a partir dos resultados em 1/3 de oitavas. Os pontos DPI-P01, DPI-P02 e DPI-P03 apresentaram distribuições espectrais semelhantes, com menor pressão sonora no ponto P03, uma vez que este está mais distante da rodovia. Os resultados indicam uma forte predominância das baixas frequências, inferiores à 160Hz, e também na faixa da vocalização humana (400Hz a 4kHz).

As medições realizadas em 1/3 de oitavas no hábitat do *T. musculus* (DPI-P03) apresentaram predominância em baixas frequências.

Na faixa de vocalização desta espécie (1,5kHz a 11,4kHz) os resultados medidos nas faixas de 1,6kHz à 12,5kHz decaíram significativamente, sobretudo a partir de 5kHz (fig. 5-7). Ressalta-se que o filtro de 1,6kHz, em 1/3 de oitavas, tem seu limite de corte inferior em 1413Hz, cobrindo o espectro para tons de 1,5kHz..

A caracterização do nível de pressão sonora equivalente à faixa de vocalização do *T. musculus* pode ser obtida pela soma logarítmica dos níveis equivalentes de cada uma das faixas de 1/3 de oitavas compreendidas entre 1,6kHz e 12,5kHz. Este resultado será designado como  $L_{Tm}$ , onde “L” expressa nível (*Level*), “T” *Troglodytes* e “m” *musculus*. Os valores calculados para  $L_{Tm}$  em cada um dos pontos de medição estão apresentados na tabela 5.4.

**TABELA 5.4 NPS em 1/3 de oitavas: Rod. D. Pedro I.**

<b>Descritor</b>	<b>DPI-P01 (dB(L))</b>	<b>DPI-P02 (dB(L))</b>	<b>DPI-P03 (dB(L))</b>
$L_{eq}$ (1.6kHz)	64,6	61	49,7
$L_{eq}$ (2kHz)	63,6	59,3	47,3
$L_{eq}$ (2.5kHz)	59,6	55,7	42,3
$L_{eq}$ (3.15kHz)	57,5	54,6	39,6
$L_{eq}$ (4kHz)	65,4	50,8	39,8
$L_{eq}$ (5kHz)	62,4	50,5	33,4
$L_{eq}$ (6.3kHz)	50,1	43,9	26,6
$L_{eq}$ (8kHz)	42,5	37,9	20,4
$L_{eq}$ (10kHz)	34,4	31,3	15,3
$L_{eq}$ (12.5kHz)	36,7	24,7	16,1
$L_{Tm}$	<b>70,8</b>	<b>64,8</b>	<b>52,7</b>
$L_{eq(Tm)}$	<b>60,8</b>	<b>54,8</b>	<b>42,7</b>

Como resultado da soma logarítmica de uma parcela do espectro audível (5.1), o  $L_{Tm}$  pode ser compreendido como parte da pressão sonora em faixa ampla e ponderação espectral linear, ou seja, o  $L_{Tm}$  é uma parte do  $L_{Leq}$ .

$$L_{Tm} = 10 \cdot \log\left(10^{\frac{L_{eq}(1,6kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(2kHz)}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{eq}(12,5kHz)}{10}}\right) \quad (5.1)$$

No entanto, a proposição de um descritor que represente o nível de pressão sonora equivalente na faixa de comunicação específica deste grupo de indivíduos de *T. musculus*, impõe limitações para a comparação com descritores de outras espécies.

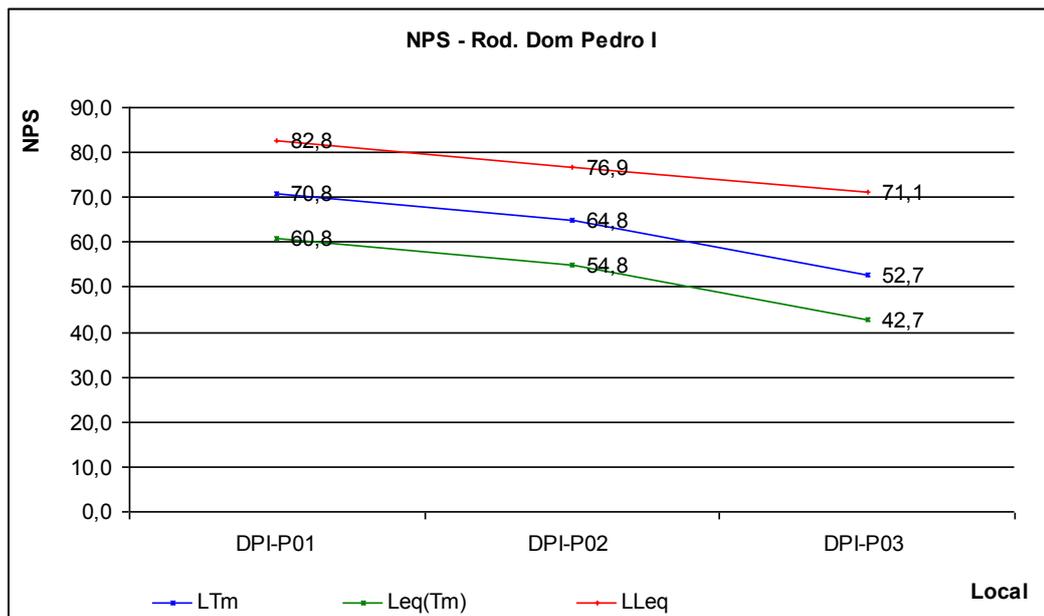
Deste modo, propõe-se o descritor  $L_{eq(Tm)}$  para expressar o nível médio de pressão sonora equivalente na faixa de vocalização do *T. musculus*, possibilitando sua comparação com descritores semelhantes identificados em habitats de outros passeriformes (5.2).

$$L_{eq(Tm)} = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{N} \cdot \left(10^{\frac{L_{eq}(1,6kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(2kHz)}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{eq}(12,5kHz)}{10}}\right)\right) \quad (5.2)$$

Onde: N = 10 (faixas de 1/3 de oitavas) para o *T. musculus* identificado no posto Sucão.

O  $L_{eq(Tm)}$  foi calculado em função da média logarítmica do  $L_{eq}$  medido em cada uma das 1/3 de oitavas compreendidas na faixa de vocalização. Assim, mesmo que outras espécies apresentem espectro de vocalização diferente, a comparação entre diferentes campos acústicos de diferentes grupos de passeriformes poderá ser realizada pela aplicação da média logarítmica.

Comparando os resultados destes descritores com o  $L_{Leq}$  a cada um dos pontos de medição se verifica que a pressão sonora na faixa do canto ( $L_{Tm}$ ) decai mais intensamente no ponto DPI-P03 do que a energia sonora global, expressa pelo  $L_{Leq}$  (fig. 5.9). Esse resultado é decorrente da atenuação sonora em função da distância.  $L_{Tm}$  está limitado entre as frequências de 1,6kHz a 12,5kHz, onde a absorção atmosférica é maior do que nas baixas frequências presentes na composição do nível de pressão sonora equivalente global linear ( $L_{Leq}$ ).



**FIGURA 5-9** – NPS x pontos de medição.

## 5.2 IAC – Fazenda Santa Eliza / Sabiá-barranco (*Turdus leucomelas*)

### 5.2.1 Localização e distribuição dos pontos de medição

A área delimitada neste estudo foi definida em função da presença de indivíduos de *Turdus leucomelas*. Este local está situado à margem da Rodovia General Milton Tavares de Souza, em um trecho de reta com ligeiro aclave, conforme apresentado em 4.2.2.

Para a avaliação de nível sonoro foram distribuídos sete diferentes pontos de medição ao longo de um eixo imaginário traçado sobre a rua interna do IAC. A locação destes pontos foi definida de modo a possibilitar a caracterização dos níveis sonoros próximo aos locais onde foram gravados os cantos e também próximo à fonte sonora, ou seja, à margem da rodovia.

Os pontos foram numerados de IAC-P01 a IAC-P07. O ponto IAC-P01 foi locado na área externa ao Instituto, aproximadamente a cinco metros da rodovia. Os pontos IAC-P02 ao IAC-P07 foram locados na área interna, respectivamente a 15m, 35m, 70m, 105m, 140m e 175m da rodovia.



**FIGURA 5-10** – Pontos de medição de nível sonoro localizados no interior do IAC.

### 5.2.2 Resultados das medições de nível sonoro

Durante as medições foram observados céu claro, temperatura média de 23°C e não foram registrados ventos. A rodovia foi identificada como a principal fonte de ruído. Foram observados como fontes sonoras episódicas, sirenes de veículos e ruídos de insetos e pássaros.

Durante as medições de nível sonoro no ponto IAC-P01 foram realizadas a contagem do fluxo de veículos nas duas direções de rolagem (tab. 5.5). Os valores apresentados são resultado da média calculada para o intervalo de um minuto de tráfego. A velocidade média dos veículos, nas duas direções, foi de 80km/h.

**TABELA 5.5 Fluxo de veículos na Rod. Gal. Milton Tavares de Souza.**

Horário	Fluxo viário (veículos / minuto)		Classes de veículos
	Sentido: Barão Geraldo	Sentido: Centro de Campinas	
Manhã (10h)	2	2	Motocicletas
	27	21	Automóveis
	3,5	1	Ônibus e Caminhões
	32	24	Total
Fim da tarde (19h)	5	3	Motocicletas
	50	26	Automóveis
	2	2	Ônibus e Caminhões
	57	31	Total

As medições do NPS no tempo foram realizadas apenas no ponto IAC-P01, situado à margem da rodovia, durante vinte minutos contínuos pela manhã e ao final da tarde, nos mesmos horários em que foram gravados os cantos do sabiá. A cada um segundo foi calculado o  $L_{eq}$  e registrados os descritores  $L_{min}$  e  $L_{max}$  na ponderação temporal *fast* e nas ponderações em frequência “A” e “C”, possibilitando a construção dos gráficos de NPS no tempo.

As medições nos pontos internos ao IAC foram realizadas apenas ao final da tarde, durante aproximadamente dez minutos em cada ponto, com pelo menos quatro varreduras completas de todo o espectro sonoro, para determinação dos níveis equivalente ( $L_{eq}$ ) medidos em faixas de 1/3 de oitavas, em ponderação linear. Estes resultados estão apresentados nos gráficos de barras. Na etapa de tratamento dos dados aplicou-se a ponderação “A” aos resultados (IEC, 2002), que estão ilustrados pela linha verde sobreposta às barras verticais.

#### ▪ **Ponto: IAC-P01**

Durante as medições neste ponto, a percepção auditiva foi de total predomínio do ruído de tráfego na rodovia com fluxo constante nas duas direções.

Tanto ao final da tarde quanto pela manhã, foi superior o tráfego de veículos em direção a Barão Geraldo. Nesta direção foi observada a variação cíclica do tráfego, diretamente associado ao intervalo de abertura e fechamento dos semáforos que controlam o acesso à rodovia. Esta relação se reflete na variação do NPS no tempo, que apresentaram níveis mínimos nos instantes de tempo em que o semáforo esteve fechado (fig. 5.11 e 5.12), caracterizando o efeito periódico de “ondas” de tráfego e de ruído.

Durante o tráfego de automóveis predominou o ruído do atrito de pneus com o asfalto. Para motos, ônibus e caminhões a percepção sonora remete ao ruído dos motores e escapamentos. Os maiores valores registrados estão associados ao tráfego em direção a Barão Geraldo. No espectro se verifica a distribuição elevada da energia sonora na faixa de 20Hz a 4kHz.

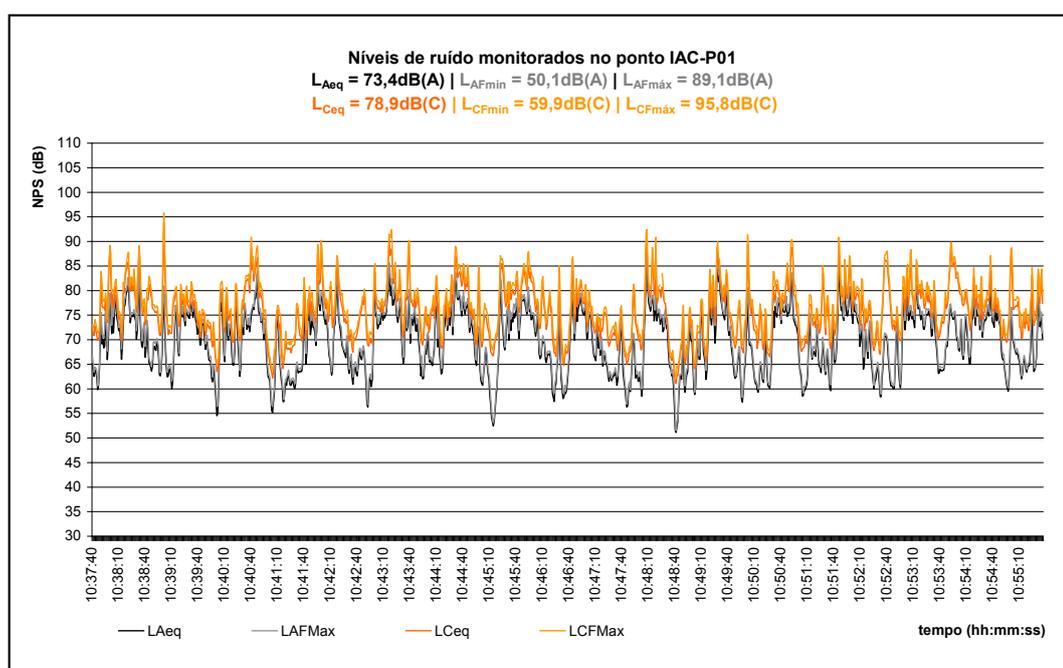
Os níveis sonoros globais variaram de  $L_{CFmin}=60dB(C)$  e  $L_{AFmin}=50dB(A)$  à  $L_{CFmax}=98dB(C)$  e  $L_{AFmax}=93dB(A)$ , com níveis médios equivalentes a  $L_{Ceq}=79dB(C)$  e  $L_{Aeq}=74dB(A)$ , indicando um gradiente de  $L_{Ceq} - L_{Aeq} = 5dB$ .

**TABELA 5.6 Fluxo viário x descritores acústicos (IAC-P01).**

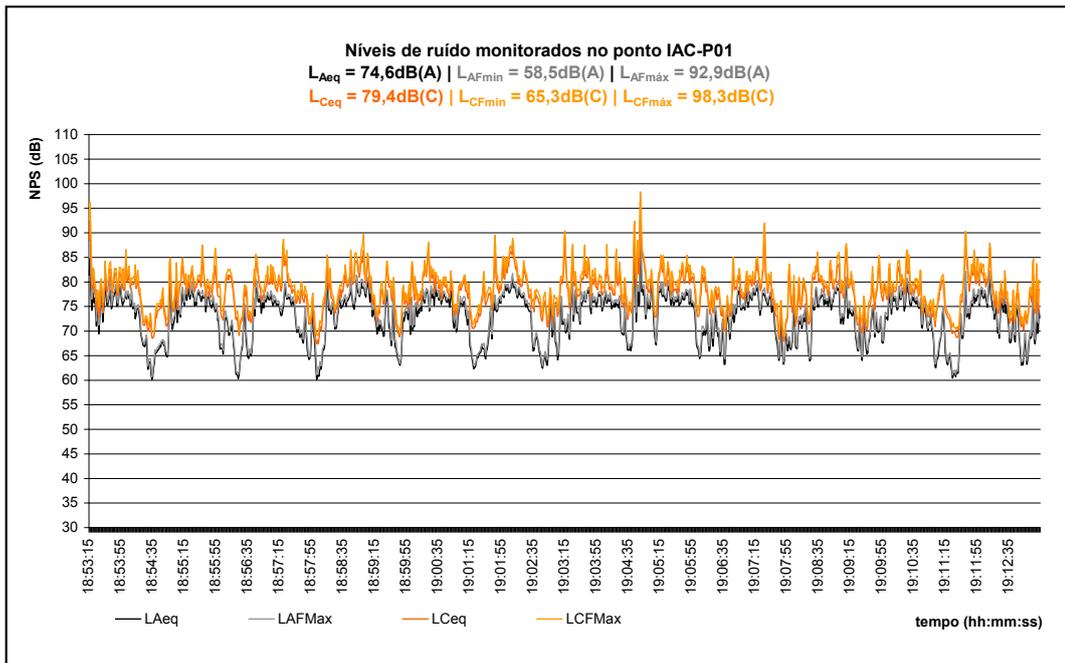
Período	Fluxo Viário (veíc./min)	Descritores acústicos						
		L <sub>CFmax</sub> dB(C)	L <sub>AFmax</sub> dB(A)	L <sub>CFmin</sub> dB(C)	L <sub>AFmin</sub> dB(A)	L <sub>Ceq</sub> dB(C)	L <sub>Aeq</sub> dB(A)	L <sub>Ceq</sub> - L <sub>Aeq</sub> dB
Manhã	56	96	89	60	50	79	73	6
Tarde	88	98	93	65	58	79	75	4

Apesar do tráfego de veículos ao final da tarde ser superior ao tráfego registrado pela manhã, os níveis médios de pressão sonora (L<sub>eq</sub>), nestes dois períodos, são equivalentes entre si.

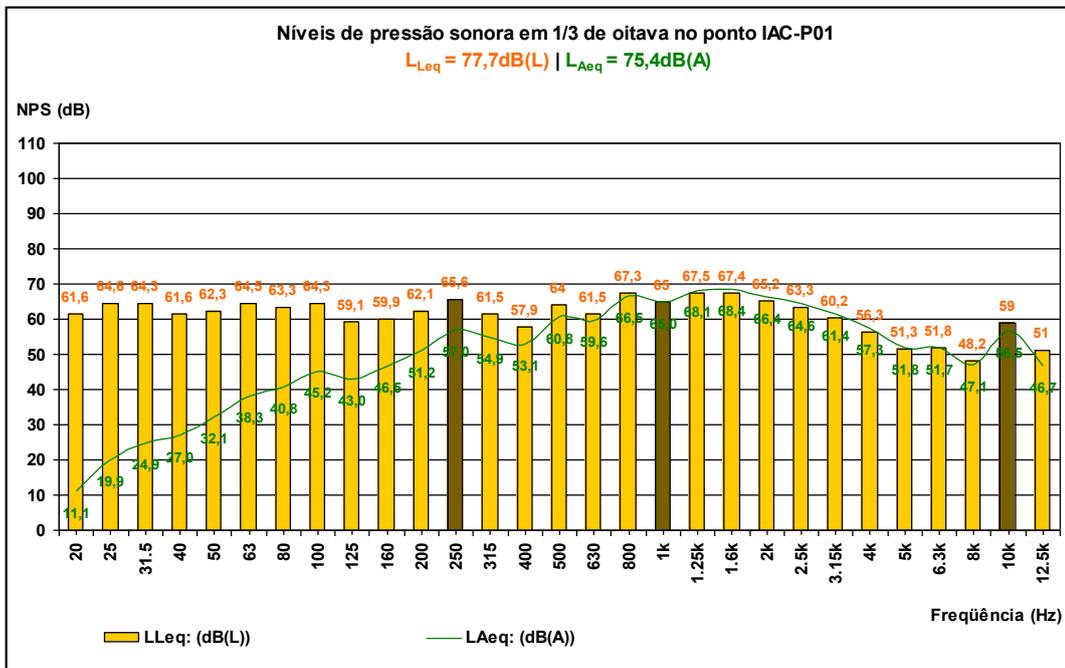
O L<sub>max</sub> foi registrado ao final da tarde, quando foi maior o fluxo de veículos. O L<sub>min</sub> foi registrado pela manhã, quando foi menor o fluxo viário. Estes resultados indicam uma relação direta entre estes dois descritores acústicos e o fluxo de veículos, mas não refletem uma análise estatística dos resultados.



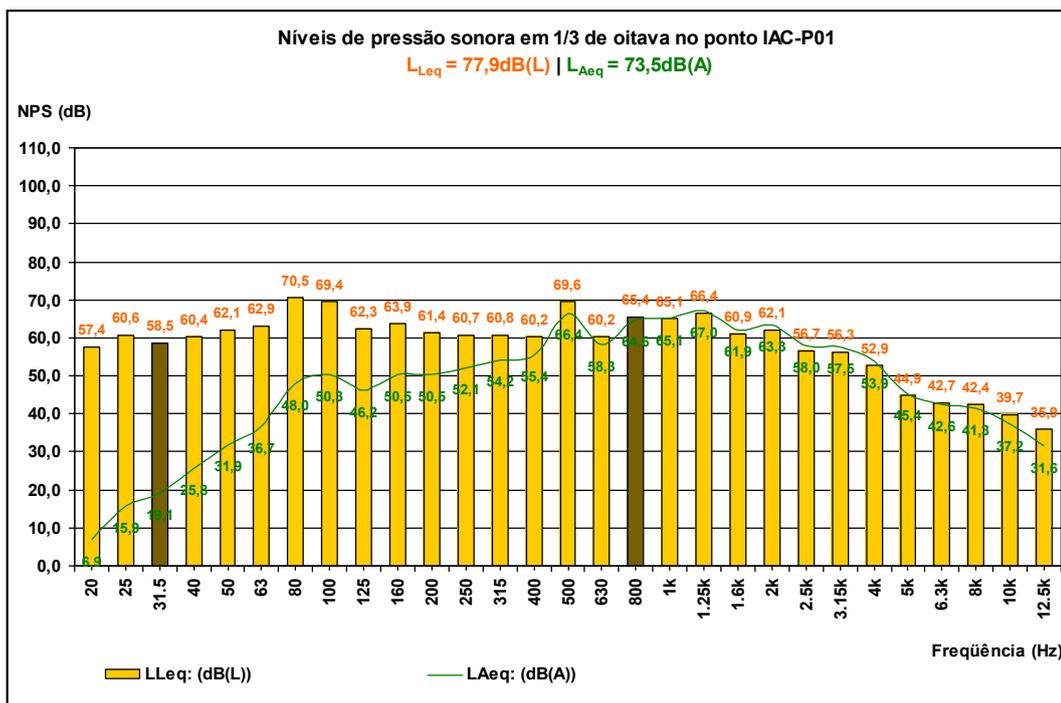
**FIGURA 5-11 – NPS no tempo, no ponto IAC-P01, pela manhã.**



**FIGURA 5-12** – NPS no tempo, no ponto IAC-P01, ao final da tarde.



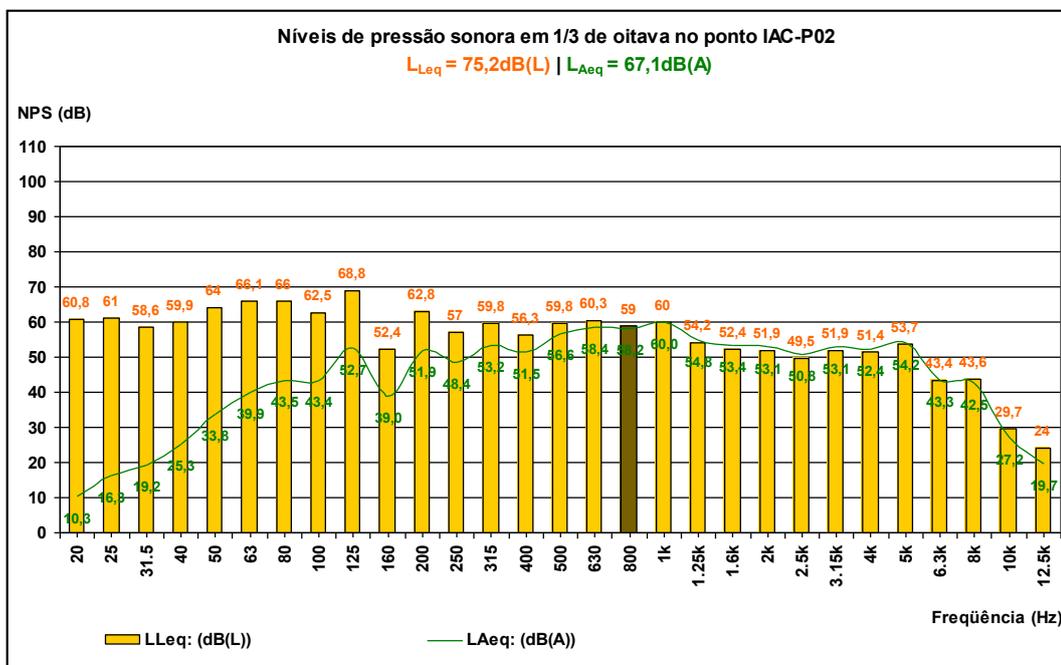
**FIGURA 5-13** – NPS, em 1/3 de oitavas, no ponto IAC-P01 pela manhã.



**FIGURA 5-14** – NPS, em 1/3 de oitavas, no ponto IAC-P01 ao final da tarde.

▪ **Ponto: IAC-P02**

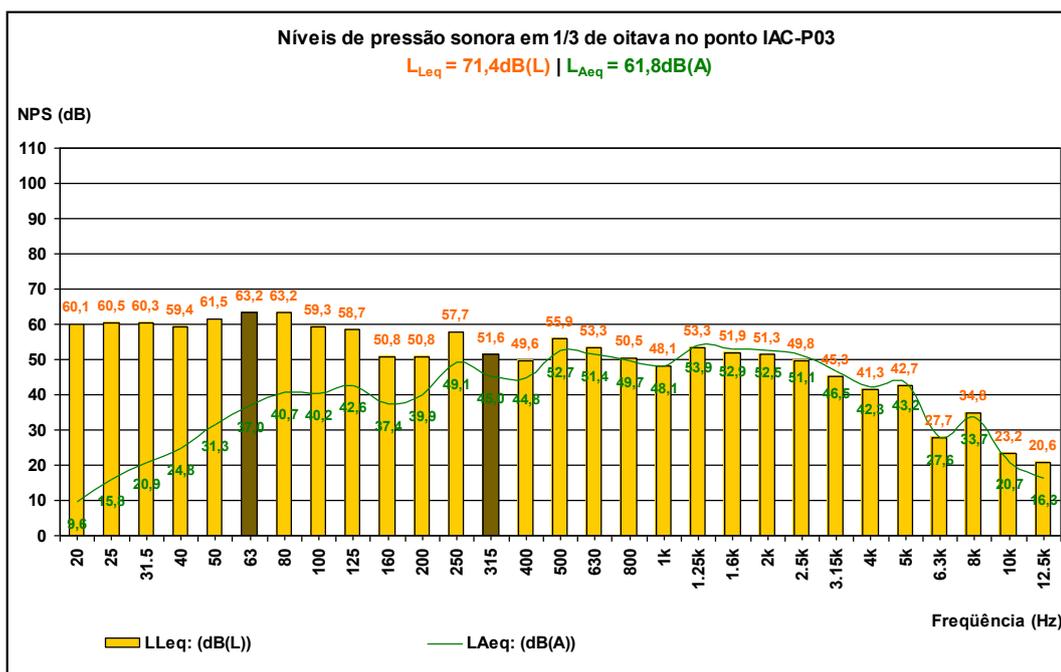
Neste ponto, as características sonoras percebidas durante as medições são semelhantes às relatadas para o ponto IAC-P01. Com níveis de pressão sonora menores em todo o espectro, a energia decai significativamente apenas para as faixas superiores a 5kHz.



**FIGURA 5-15** – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P02.

- **Ponto: IAC-P03**

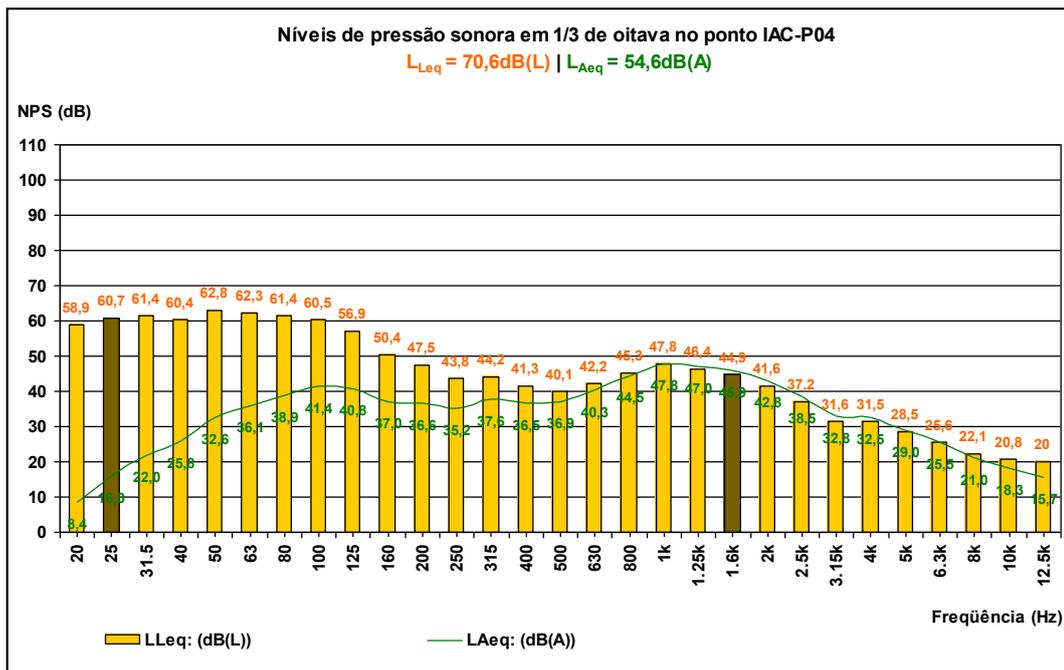
Neste ponto as características sonoras percebidas durante as medições são semelhantes às relatadas para o ponto IAC-P01 e IAC-P02. Com níveis de pressão sonora menores em todo o espectro a energia decai significativamente apenas para as faixas superiores a 5kHz.



**FIGURA 5-16 – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P03.**

- **Ponto: IAC-P04**

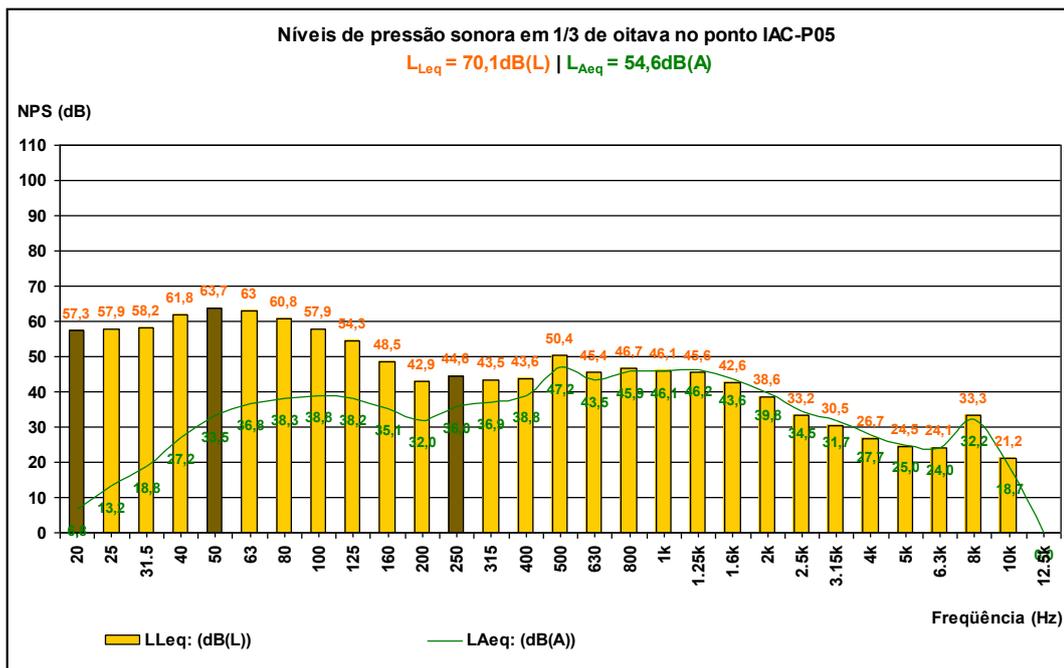
Durante as medições neste ponto predominou o ruído de tráfego. No entanto, foi constante a ocorrência de pios de cantos de pássaros. Com níveis de pressão sonora maiores nas frequências abaixo de 125Hz, a energia decai significativamente para as faixas superiores a 2,6kHz.



**FIGURA 5-17 – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P04.**

▪ **Ponto: IAC-P05**

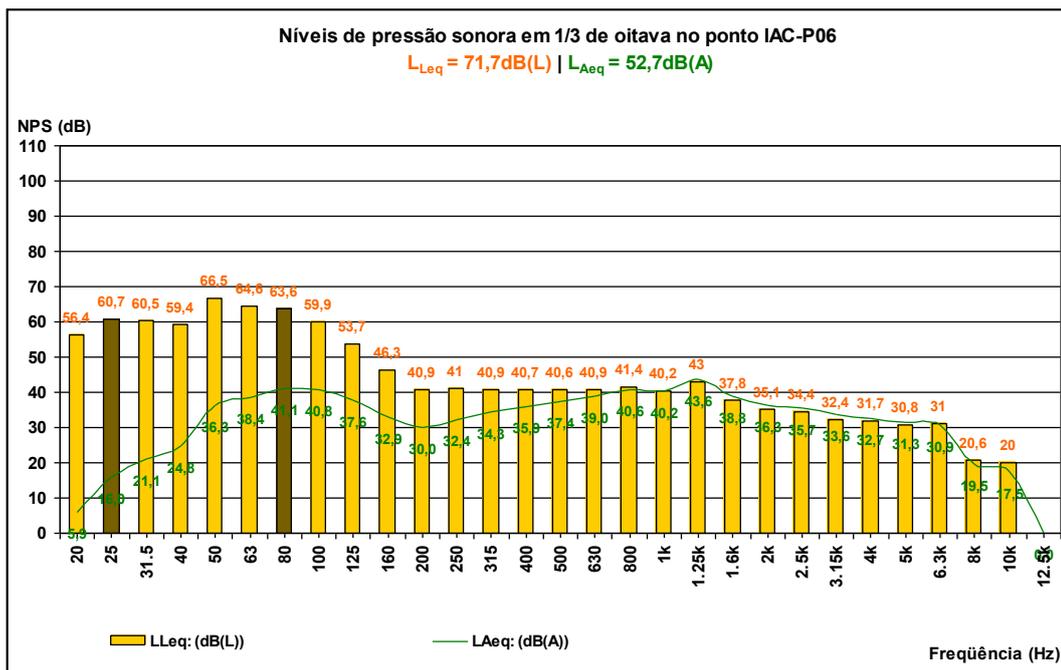
Os resultados obtidos neste ponto são semelhantes ao resultado do ponto IAC-P04, onde também predominou ruído de tráfego com contribuição de pássaros que habitam este local.



**FIGURA 5-18 – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P05.**

- **Ponto: IAC-P06**

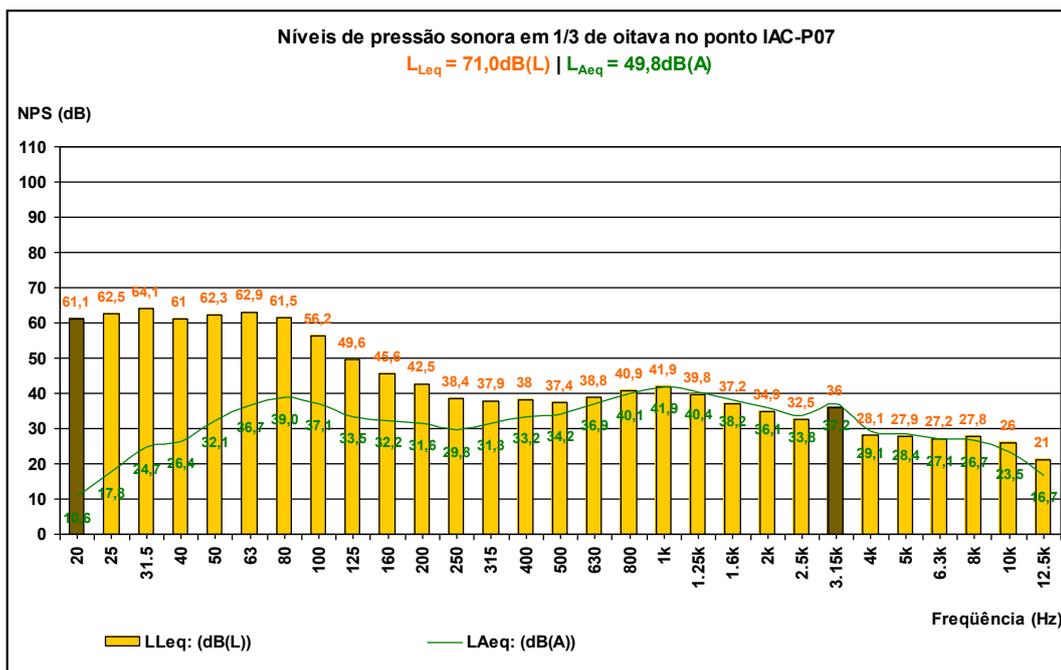
Os resultados obtidos neste ponto apresentaram uma forte contribuição nas baixas frequências, inferiores a 160Hz e níveis equivalentes entre si na faixa de 200Hz a 1kHz. Neste local também predominou o ruído de tráfego na rodovia com contribuições sonoras de pássaros e insetos.



**FIGURA 5-19** – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P06.

- **Ponto: IAC-P07**

Os resultados obtidos neste ponto são semelhantes ao resultado do ponto IAC-P06, onde também predominou ruído de tráfego com contribuição de pássaros e insetos que habitam este local.



**FIGURA 5-20 – NPS em 1/3 de oitavas, IAC-P07.**

### 5.2.3 Análise das vocalizações

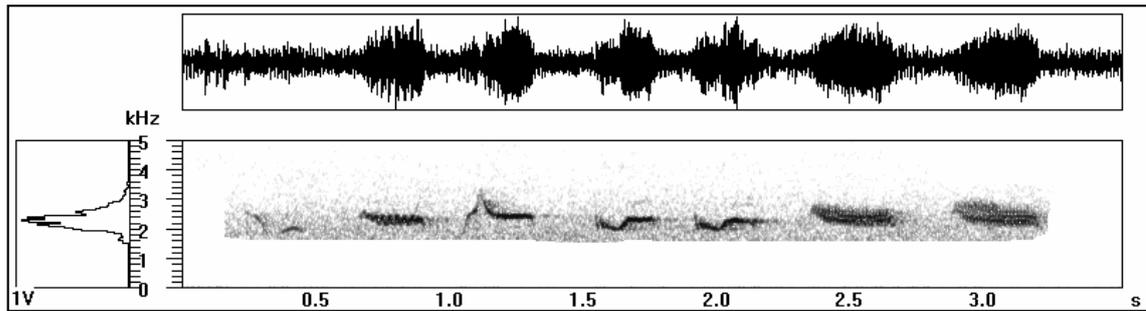
O canto do *T. leucomelas* foi gravado ao final da primavera, mais especificamente na primeira semana de dezembro de 2007, ao entardecer, entre 16h e 19h. As gravações foram realizadas o mais próximo possível dos pássaros. As distâncias variaram entre 7m e 15metros, aproximadamente. As gravações foram iniciadas com o ajuste de ganho da gravadora na posição central. Foi necessário uma pequena elevação do ganho para captação do canto nas maiores distâncias.

Foram detectados neste local a presença de seis diferentes indivíduos, sendo tomadas as sete melhores gravações dos cantos para a análise dos limites inferiores e superiores das frequências sonoras. Nem todos os indivíduos vocalizaram.

Os sinais foram tratados no *Avisoft-SASLab Pro*, onde se identificou os limites inferiores e superiores das frequências sonoras de vocalização, como compreendido entre 1,6kHz e 3,4kHz. A figura 5-21 ilustra uma frase do canto característico do sabiá-barranco.

**TABELA 5.7 Análise de vocalização:  
*T. leucomelas* no IAC.**

Canto	Nº de frases	Frequência mínima (Hz)	Frequência máxima (Hz)
7	67	1580	3370



**FIGURA 5-21 – Sonograma de uma frase do canto de um *T. leucomelas* no IAC.**

#### 5.2.4 Discussão dos resultados

Os principais ruídos audíveis estiveram associados ao ruído de tráfego de veículos pela rodovia. Nos pontos internos também foram audíveis os sons dos cantos e piados de pássaros.

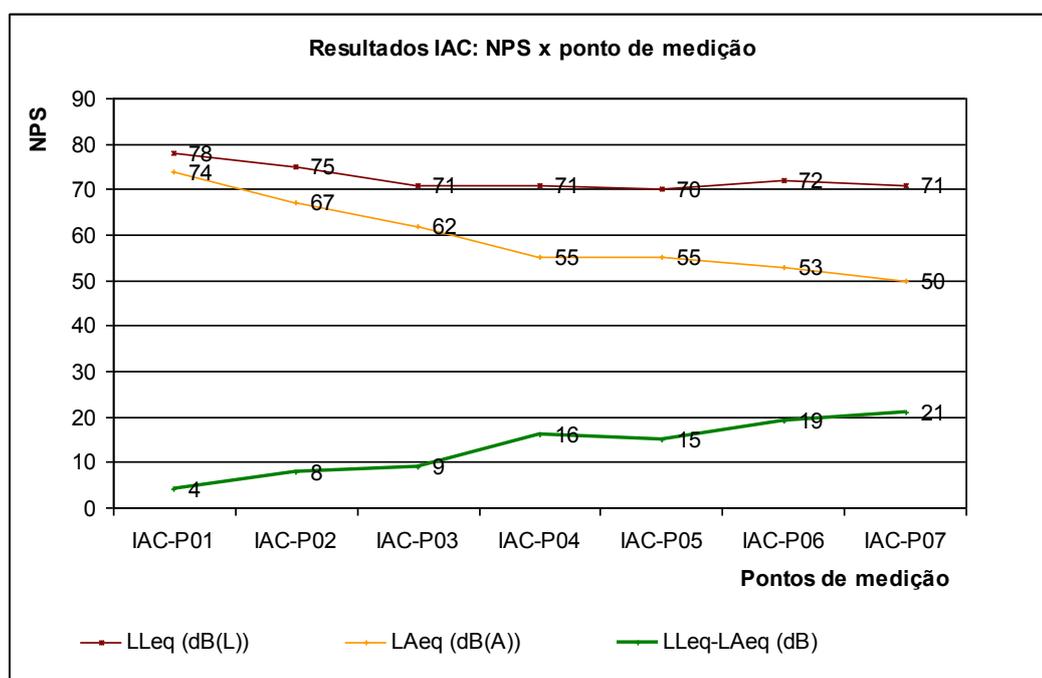
A avaliação realizada no ponto IAC-P01, situado à margem da rodovia, indicou equivalência do  $L_{eq}$  medido nas duas condições diferentes de tráfego.

A comparação entre os resultados obtidos nos pontos de medição indicam um decaimento significativo dos níveis sonoros à medida que se distanciam da rodovia, sobre tudo para os valores em dB(A), corroborando a percepção subjetiva de que a principal fonte sonora é o ruído de tráfego rodoviário (fig. 5-22).

Na faixa de vocalização desta espécie (1580Hz a 3390Hz) os resultados medidos nas faixas de 1,6kHz à 3,15kHz decaíram significativamente, sobretudo a partir de 5kHz. Ressalta-se que o filtro de 1,6kHz, em 1/3 de oitavas, tem seu limite de corte inferior em 1413Hz, cobrindo o espectro para tons de 1,58kHz. O filtro de 3,15kHz, em 1/3 de oitavas, tem seu limite de corte superior em 3548Hz, cobrindo o espectro para tons de 3,39kHz.

**TABELA 5.8 NPS globais: IAC.**

Local	Distância (m)	$L_{Leq}$ (dB(L))	$L_{Aeq}$ (dB(A))	$L_{Leq}-L_{Aeq}$ (dB)
IAC-P01	5	78	74	4
IAC-P02	15	75	67	8
IAC-P03	35	71	62	9
IAC-P04	70	71	55	16
IAC-P05	105	70	55	15
IAC-P06	140	72	53	19
IAC-P07	175	71	50	21



**FIGURA 5-22 – NPS globais: IAC.**

A caracterização do nível de pressão sonora equivalente à faixa de vocalização do *T. leucomelas* foi obtida pela soma logarítmica dos níveis equivalentes de cada uma das faixas de 1/3 de oitavas compreendidas entre 1,6kHz e 3,15kHz. Este resultado será designado como  $L_{Tl}$ , onde “L” expressa nível (*Level*), “T” *Turdus* e “l” *leucomelas*. Os valores calculados para  $L_{Tl}$  em cada um dos pontos de medição estão apresentados na tabela 5.9.

**TABELA 5.9 NPS em 1/3 de oitavas: IAC.**

Descritor	IAC-P01 (dB(L))	IAC-P02 (dB(L))	IAC-P03 (dB(L))	IAC-P04 (dB(L))	IAC-P05 (dB(L))	IAC-P06 (dB(L))	IAC-P07 (dB(L))
$L_{eq}$ (1.6kHz)	67,4	52,4	51,9	44,9	42,6	37,8	37,2
$L_{eq}$ (2kHz)	65,2	51,9	51,3	41,6	38,6	35,1	34,9
$L_{eq}$ (2.5kHz)	63,3	49,5	49,8	37,2	33,2	34,4	32,5
$L_{eq}$ (3.15kHz)	60,2	51,9	45,3	31,6	30,5	32,4	36
$L_{TI}$	<b>70,8</b>	<b>57,6</b>	<b>56,2</b>	<b>47,2</b>	<b>44,6</b>	<b>41,4</b>	<b>41,5</b>
$L_{eq(TI)}$	<b>64,8</b>	<b>51,6</b>	<b>50,2</b>	<b>41,1</b>	<b>38,6</b>	<b>35,4</b>	<b>35,5</b>

Como resultado da soma logarítmica de uma parcela do espectro audível (5.5) o  $L_{TI}$  pode ser compreendido como parte da pressão sonora em faixa ampla em ponderação espectral linear, ou seja, o  $L_{TI}$  é uma parte do  $L_{Leq}$ .

$$L_{TI} = 10 \cdot \log \left( 10^{\frac{L_{eq}(1,6kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(2kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(2,5kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(3,15kHz)}{10}} \right) \quad (5.5)$$

No entanto, a proposição de um descritor que represente o nível de pressão sonora equivalente na faixa de comunicação específica deste grupo de indivíduos de *T. leucomelas* impõe limitações para a comparação com descritores de outras espécies.

Deste modo, propõe-se o descritor  $L_{eq(TI)}$  para expressar o nível médio de pressão sonora equivalente na faixa de vocalização do *T. leucomelas*, possibilitando sua comparação com descritores semelhantes identificados em habitats de outros passeriformes (5.6).

$$L_{eq(TI)} = 10 \cdot \log \left( \frac{1}{N} \cdot \left( 10^{\frac{L_{eq}(1,6kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(2kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(2,5kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(3,15kHz)}{10}} \right) \right) \quad (5.6)$$

Onde: N = 4 (faixas de 1/3 de oitavas) para o *T. leucomelas* identificado no IAC.

O  $L_{eq(TI)}$  foi calculado em função da média logarítmica dos  $L_{eq}$  medidos em cada uma das 1/3 de oitavas compreendidas na faixa de vocalização. Assim, mesmo que outras espécies apresentem espectro de vocalização diferente, a aplicação da média logarítmica possibilita a comparação entre diferentes campos acústicos de diferentes grupos de passeriformes.

Comparando os resultados dos descritores propostos como o nível global  $L_{Leq}$ , em cada um dos pontos de medição, é possível verificar que o nível de pressão sonora global decai significativamente do ponto IAC-P01 ao ponto IAC-P03, permanecendo equivalente a 71dB(L) nos demais pontos de medição (fig. 5-23). Ao comparar o nível de pressão sonora na faixa de vocalização ( $L_{TI}$ ) e o nível médio equivalente na faixa de vocalização ( $L_{eq(TI)}$ ) verifica-se que decaem significativamente do ponto IAC-P01 ao ponto IAC-P06.

Com estes resultados é possível afirmar que a partir do ponto IAC-P04 a comunicação entre os sabiás-barranco estarão menos vulneráveis à interferência do ruído antrópico.

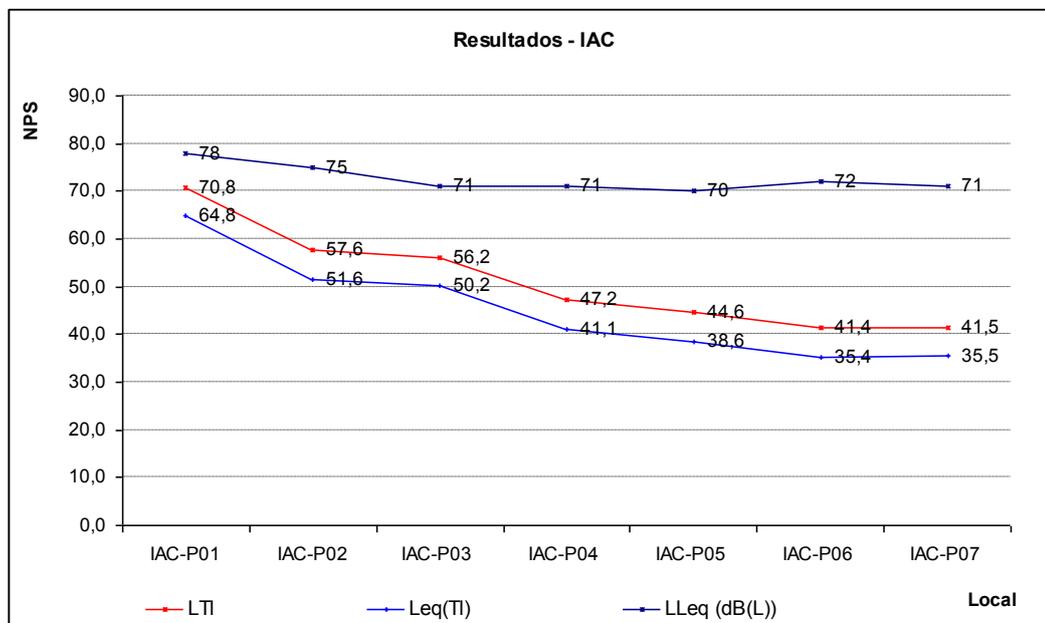


FIGURA 5-23 – Resultados no IAC.

### 5.3 Parque Trianon / Sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*)

#### 5.3.1 Localização e distribuição dos pontos de medição

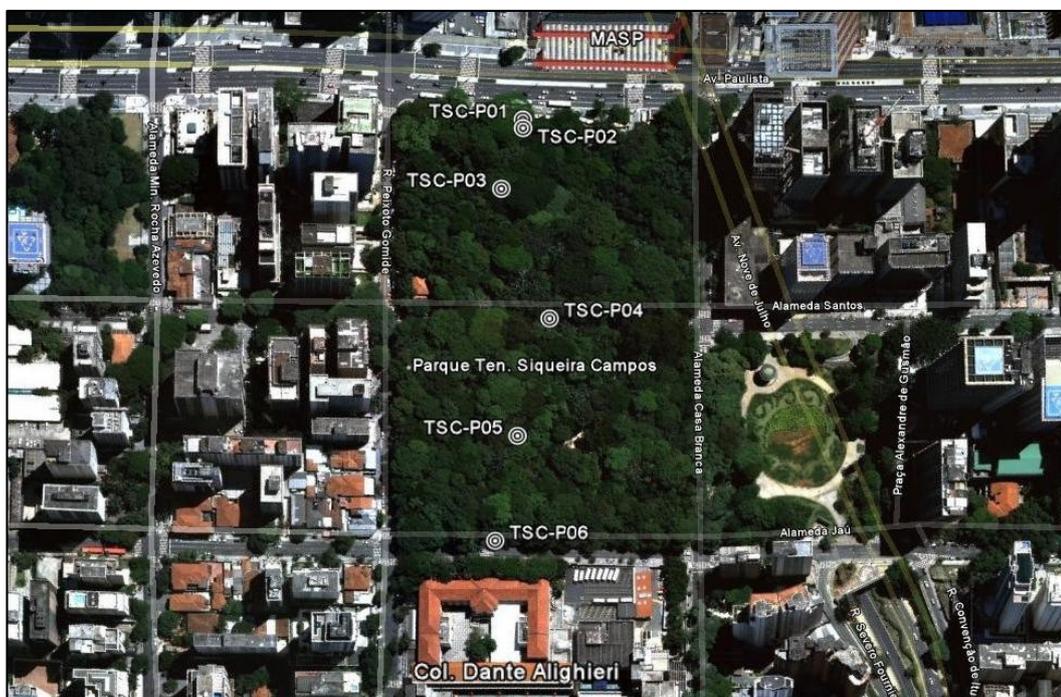
O parque Tenente Siqueira Campos foi selecionado devido a presença de *Turdus rufiventris* vivendo em uma área urbana com grande movimentação de pessoas e veículos.

Para a realização das medições de nível sonoro foram distribuídos seis diferentes pontos de medição, tendo como referência um eixo imaginário central traçado sobre a área do parque.

A locação destes pontos foi definida de modo a caracterizar os níveis sonoros no interior do parque e junto às principais vias de tráfego, a saber: Av. Paulista, Alameda Santos e Alameda Jaú, identificadas como as principais fontes de ruído antrópico.

Os pontos foram numerados de TSC-P01 a TSC-P06. O ponto TSC-P01 foi locado sobre a calçada da Av. Paulista, próximo à grade do parque e ao ponto de informações turísticas, quase frontal ao MASP. TSC-P02 foi locado na área interna ao parque distante cinco metros da grade frontal à Av. Paulista. Os pontos TSC-P03 e TSC-P05 foram locados na área interna, onde foram gravados os cantos do sabiá. TSC-P04 foi locado sobre a passarela que interliga as duas seções do parque, situada sobre a Alameda Santos. O ponto TSC-P06 foi locado sobre a calçada do Alameda Jaú frontal ao Colégio Dante Alighieri, próximo ao portão de acesso ao parque.

As medições foram realizadas em um único dia, pela manhã e pela tarde, intercaladas com as gravações dos cantos no interior do parque.



**FIGURA 5-24** – Pontos de medição de nível sonoro – Parque Trianon.

### 5.3.2 Resultados das medições de nível sonoro

Durante as medições foram observados céu claro e temperatura média de 21°C. O ruído de tráfego foi audível continuamente em todos os pontos de medição. Foram observados como fontes sonoras episódicas, sirenes e buzinas de veículos e conversas de pessoas. Também foi

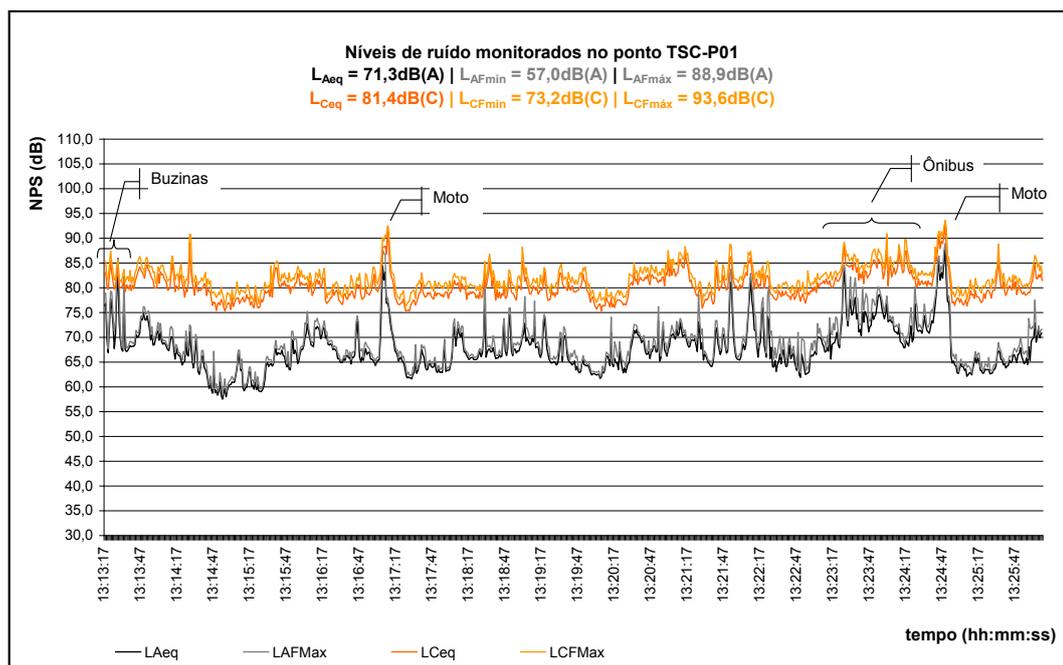
muito característico sons de cantos e pios de pássaros, principalmente nos pontos internos ao parque, TSC-P02, TSC-P03 e TSC-P05.

#### ▪ Ponto: TSC-P01

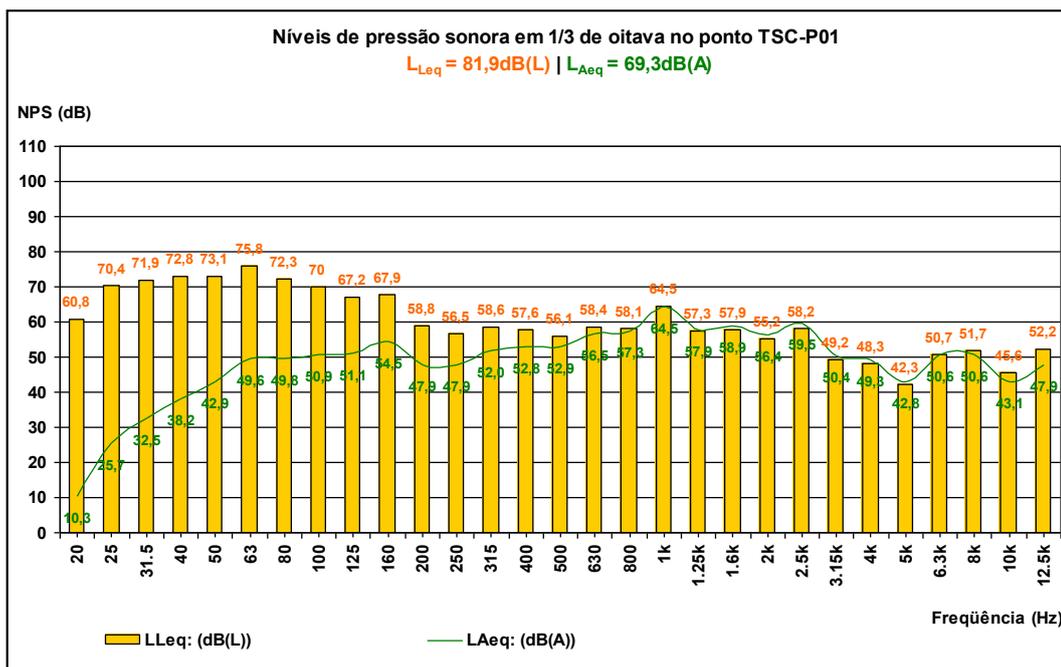
Neste ponto de medição predominou o ruído de tráfego na Av. Paulista, nos dois sentidos, bem como o ruído de tráfego nas vias próximas. Foi constante a contribuição de conversas de pessoas próximas à banca de revista e ao posto de informações turísticas. Raramente foram audíveis sons de pios e cantos de pássaros.

Os maiores níveis sonoros foram registrados durante tráfego de ônibus, motos e o uso de buzina. Foi perceptível também a passagem de metrô subterrâneo, porém esta fonte sonora não produziu elevação dos níveis globais de pressão sonora.

Os níveis de pressão sonora em 1/3 de oitavas demonstram que a energia sonora é significativa em todo o espectro, com predominância das frequências inferiores a 160Hz. O gráfico 5-26 ilustra as flutuações do NPS no tempo, diretamente associados às fontes de ruído antrópico relatadas.



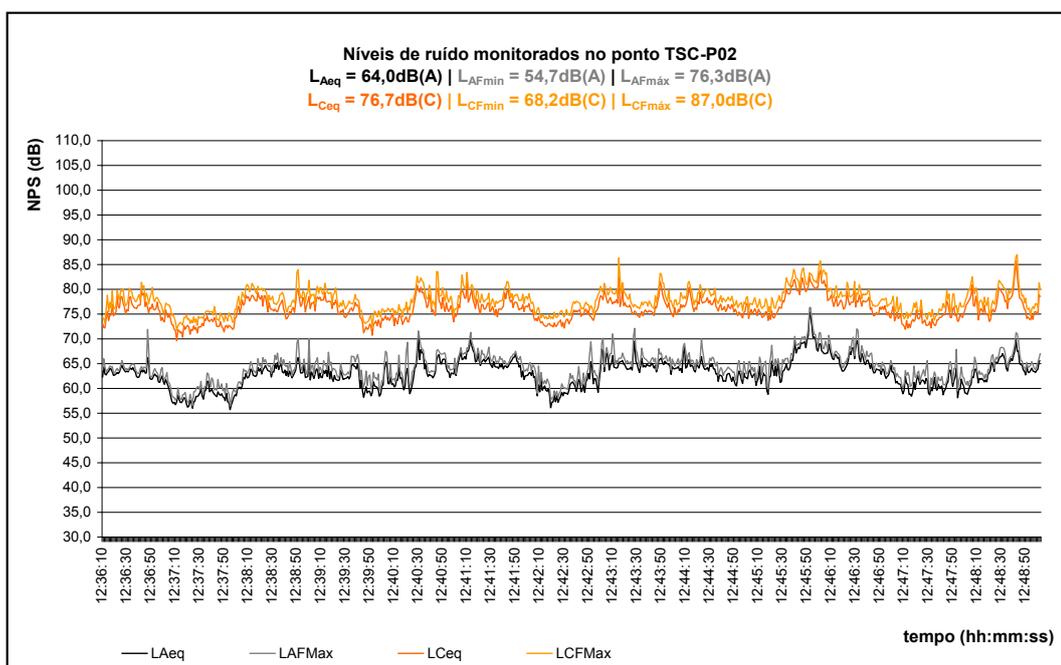
**FIGURA 5-25 – NPS no tempo, TSC-P01.**



**FIGURA 5-26 – NPS em 1/3 de oitavas, TSC-P01.**

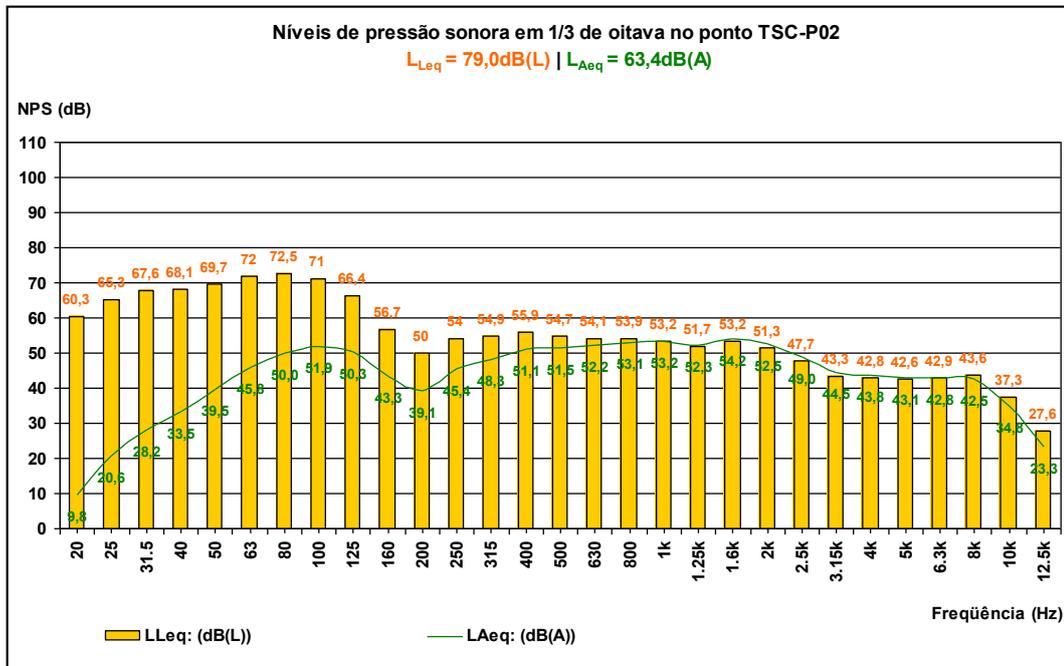
▪ **Ponto: TSC-P02**

Durante as medições neste local predominou o ruído de tráfego, com ocorrências de ruído dos cantos dos pássaros e de conversas de pessoas. O gráfico de NPS ilustra a percepção de que os níveis sonoros neste local estão diretamente relacionados à “onda de tráfego” na Av. Paulista.



**FIGURA 5-27 – NPS no tempo, no ponto TSC-P02.**

Os níveis de pressão sonora em 1/3 de oitavas demonstram que a energia sonora é significativa em todo o espectro, com predominância das frequências inferiores a 160Hz.



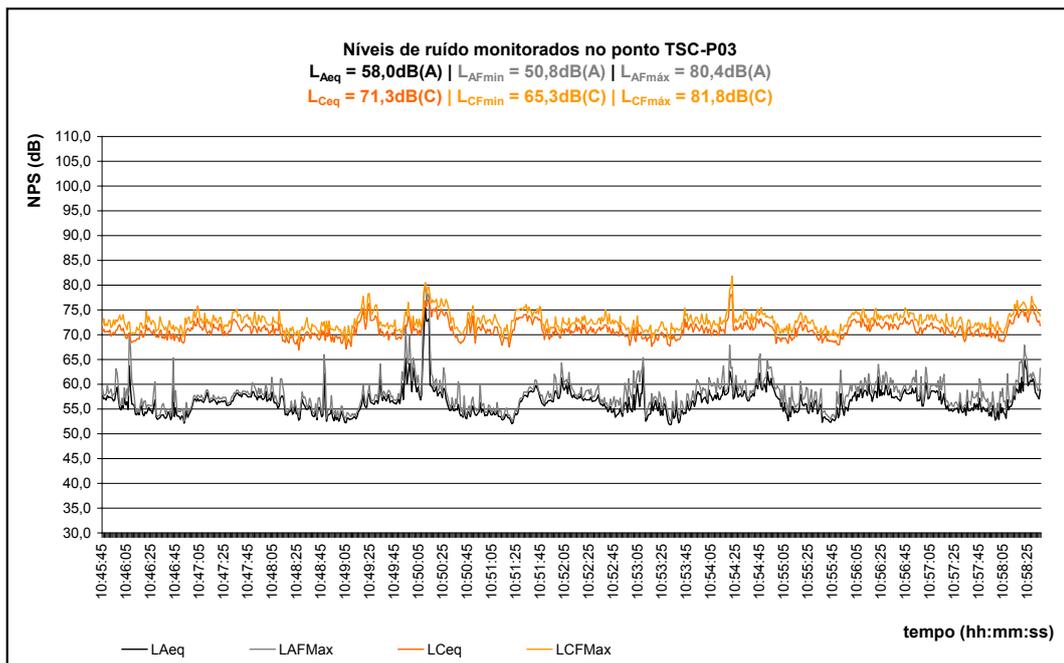
**FIGURA 5-28 – NPS em 1/3 de oitavas, no ponto TSC-P02.**

▪ **Ponto: TSC-P03**

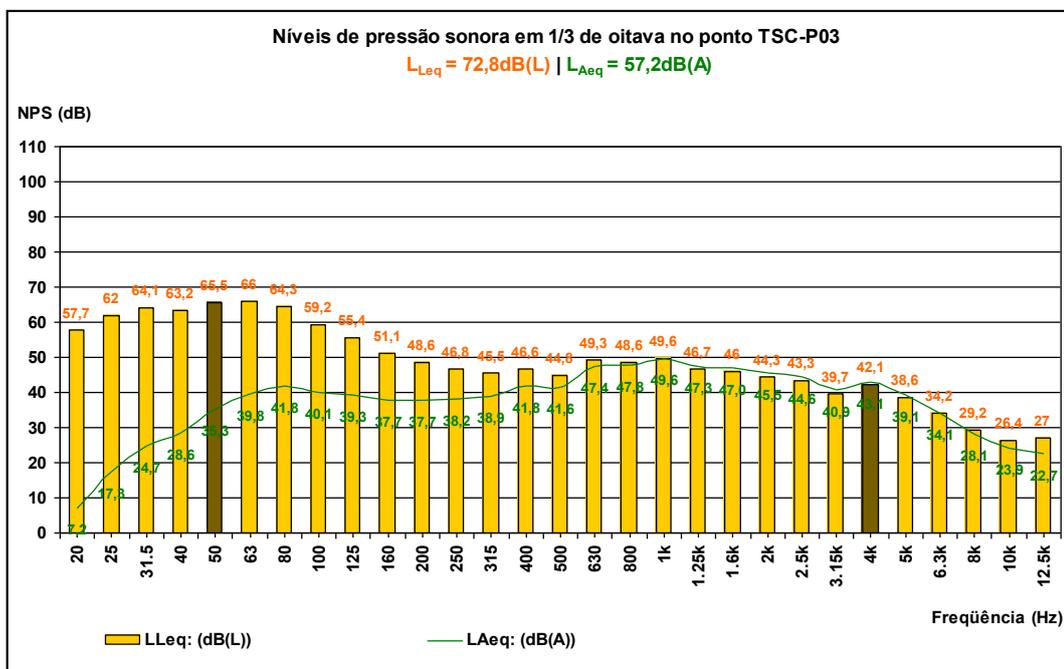
Neste local, a percepção do ruído de tráfego é uma característica marcante do “ruído de fundo”. No entanto os sons de pios e cantos das aves são mais nítidos e juntamente com a vegetação cerrada dão a impressão subjetiva de um ambiente agradável.

O gráfico de NPS no tempo apresenta total semelhança ao resultado do ponto TSC-P02, onde é possível observar a variação cíclica e periódica dos níveis de pressão sonora, diretamente associados à “onda de tráfego” na Av. Paulista.

Os resultados dos NPS em 1/3 de oitavas demonstram que a energia sonora é significativa em todo o espectro, com predominância das frequências inferiores a 160Hz.



**FIGURA 5-29 – NPS no tempo, no ponto TSC-P03.**



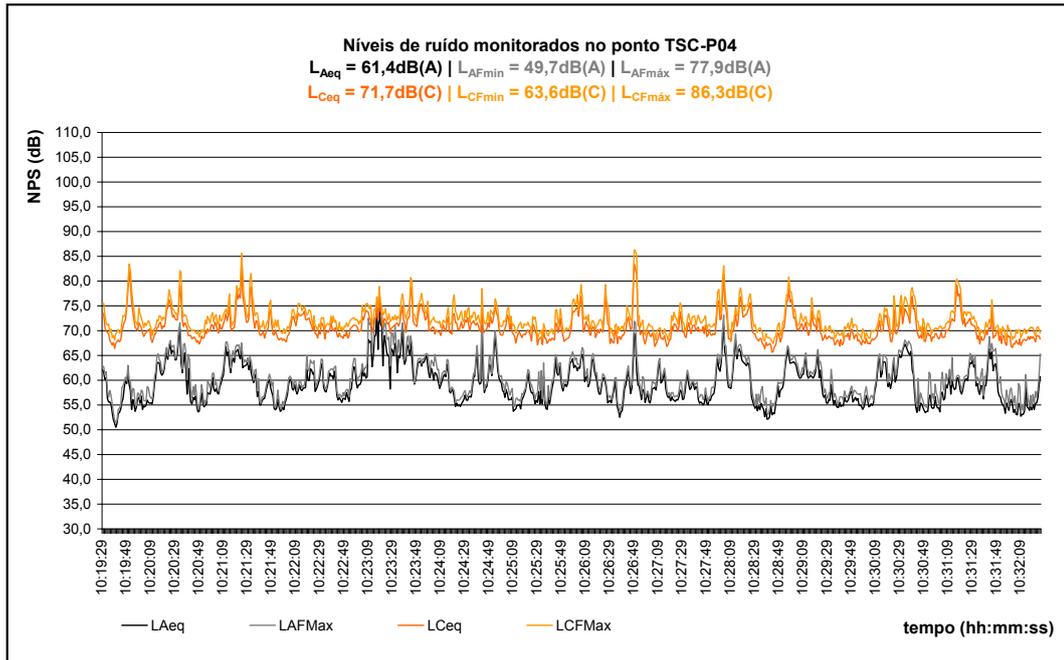
**FIGURA 5-30 – NPS em 1/3 de oitavas, no ponto TSC-P03.**

▪ **Ponto: TSC-P04**

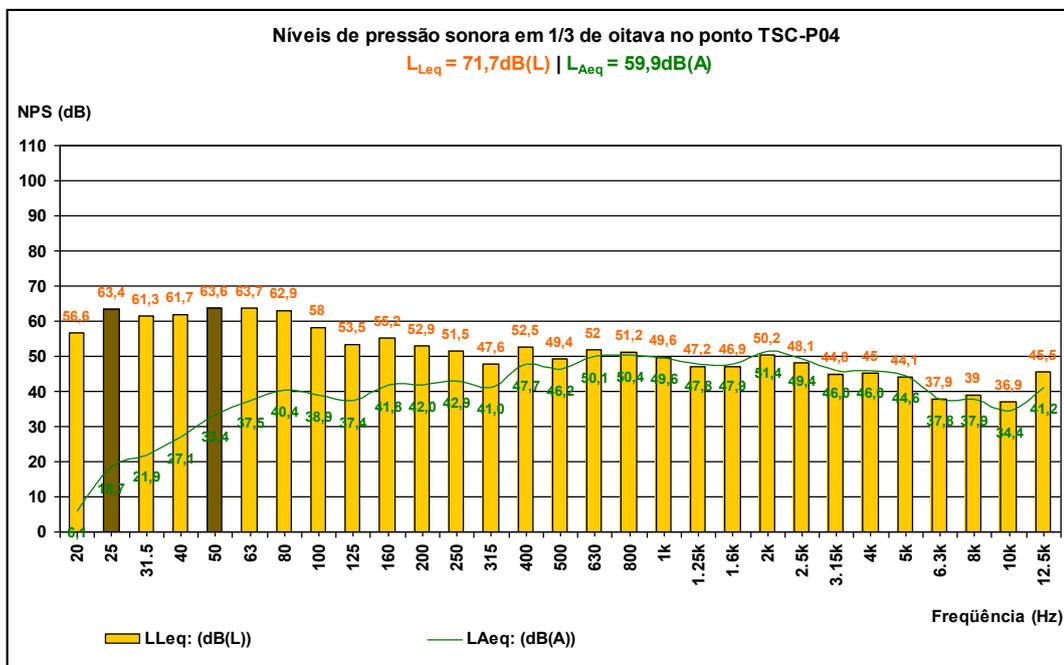
Neste local de avaliação, o medidor de nível sonoro foi instalado ao centro da passarela que interliga as duas seções do parque, sobreposta à Alameda Santos.

O ruído de tráfego predomina sobre os sons de piros e cantos das aves. No gráfico de NPS no tempo se observa as variações dos níveis sonoros em função do tráfego na Alameda, cuja velocidade média é de 60km/h com veículos trafegando em um único sentido.

Os resultados dos NPS em 1/3 de oitavas demonstram que a energia sonora é significativa em todo o espectro, com ligeira elevação nas frequências inferiores a 160Hz.



**FIGURA 5-31 – NPS no tempo, no ponto TSC-P04.**



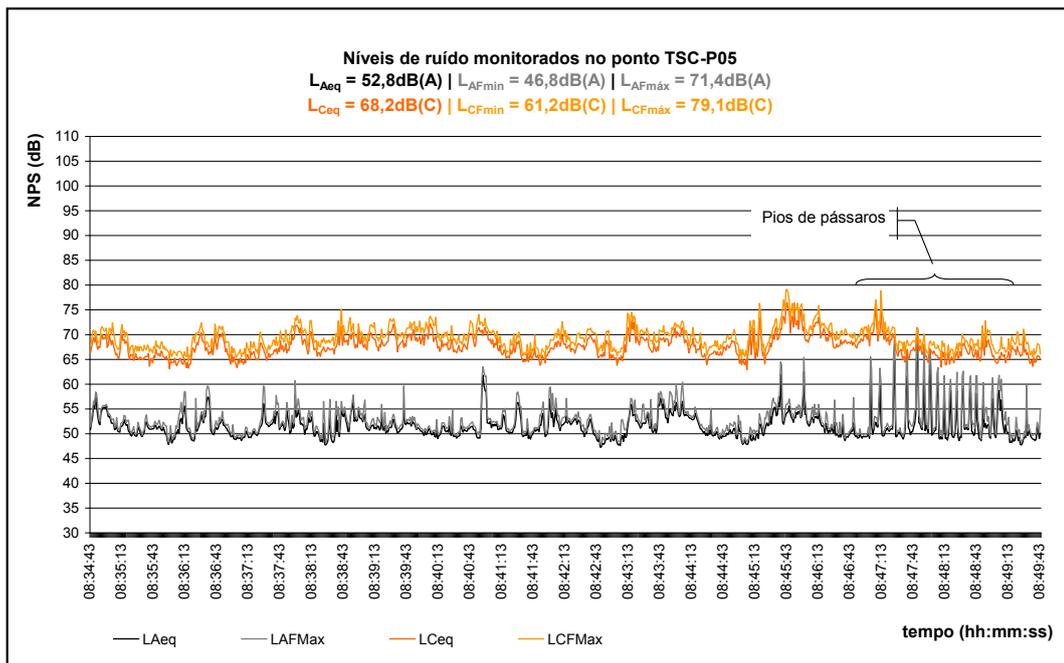
**FIGURA 5-32 – NPS em 1/3 de oitavas, no ponto TSC-P04.**

▪ **Ponto: TSC-P05**

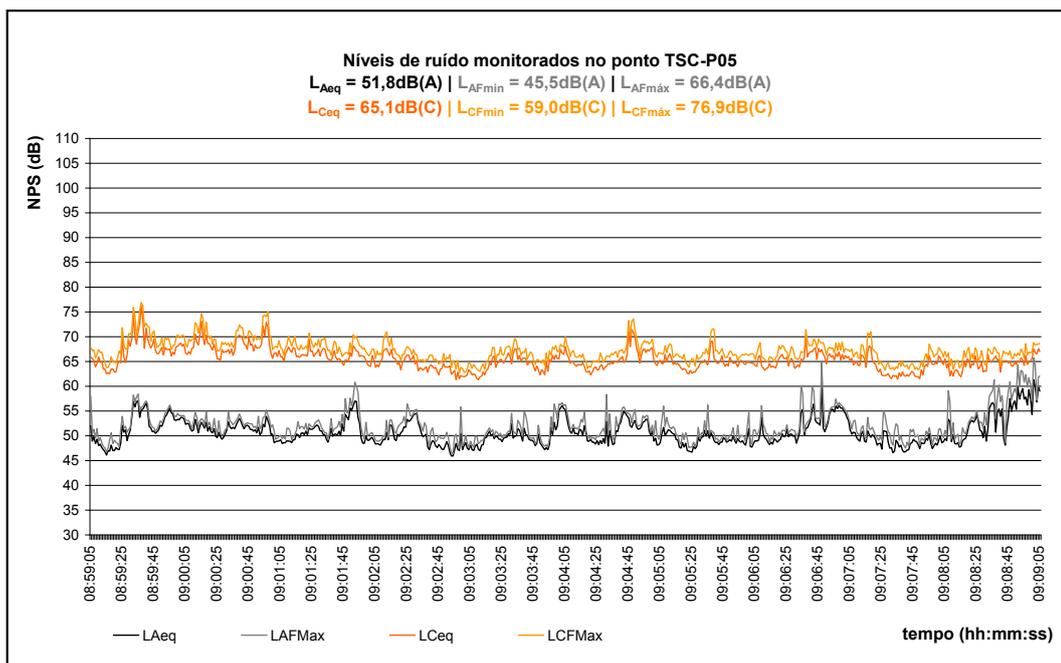
Neste local, a percepção subjetiva remete o ruído de tráfego como equivalente ao “ruído de fundo”, uma vez que os sons de pios e cantos das aves são mais nítidos e fáceis de serem percebidos.

Em TSC-P05 foram realizados dois ciclos de medições do NPS no tempo. Ao final do primeiro registrou-se uma revoada de pássaros piando intensamente (fig. 5-34). A fim de se evitar a interferência sonora deste evento optou-se por realizar um segundo ciclo de medições (fig. 5-35). Apenas os resultados do segundo ciclo de NPS no tempo serão analisados.

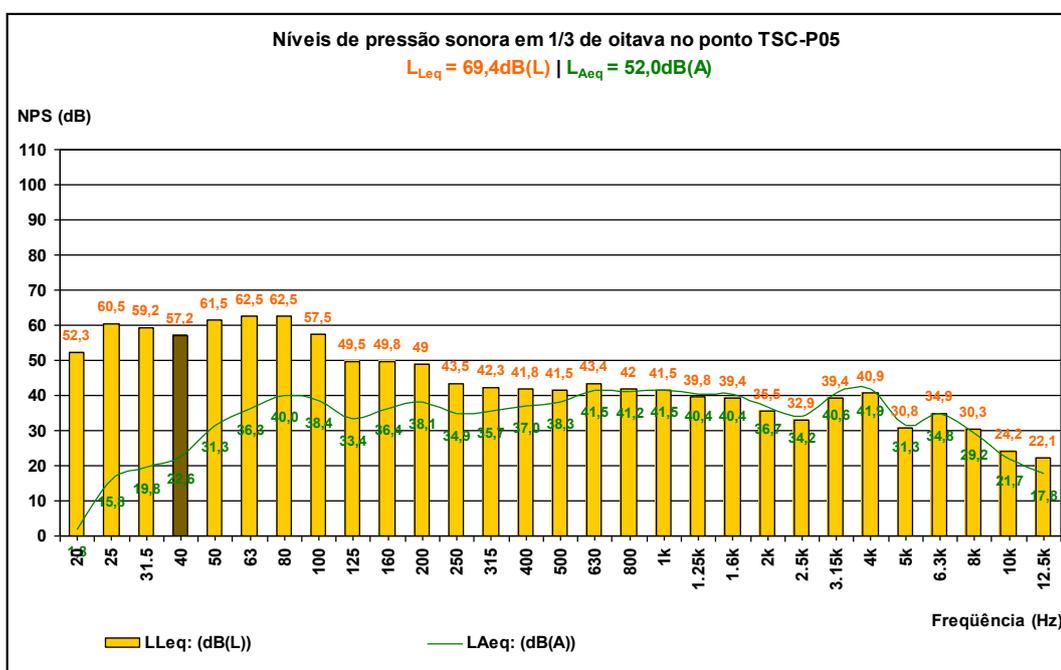
Os níveis de pressão sonora em 1/3 de oitavas demonstram que a energia sonora é significativa em todo o espectro, com predominância das frequências inferiores a 160Hz.



**FIGURA 5-33 – NPS no tempo, no ponto TSC-P05.**



**FIGURA 5-34 – NPS no tempo, no ponto TSC-P05.**



**FIGURA 5-35 – NPS em 1/3 de oitavas, no ponto TSC-P05.**

▪ **Ponto: TSC-P06**

Neste local de avaliação, o medidor de nível sonoro foi instalado na Alameda Jaú, sobre a calçada, próximo ao portão do parque. O tráfego nesta via se dá em um único sentido, contrário ao da Alameda Santos. A velocidade média dos veículos é de 60km/h, quando dos semáforos abertos.

No gráfico de NPS no tempo se observa as variações dos níveis sonoros em função do tráfego local. Os resultados dos NPS em 1/3 de oitavas demonstram que a energia sonora é significativa em todo o espectro, com ligeira elevação nas frequências inferiores a 160Hz.

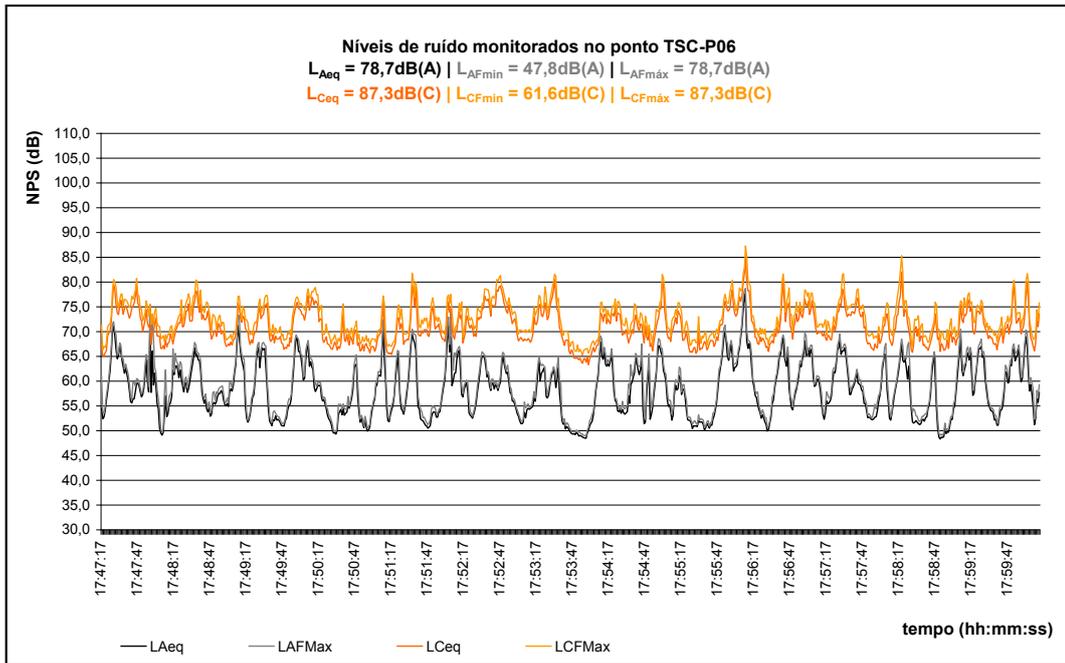


FIGURA 5-36 – NPS no tempo, no ponto TSC-P06.

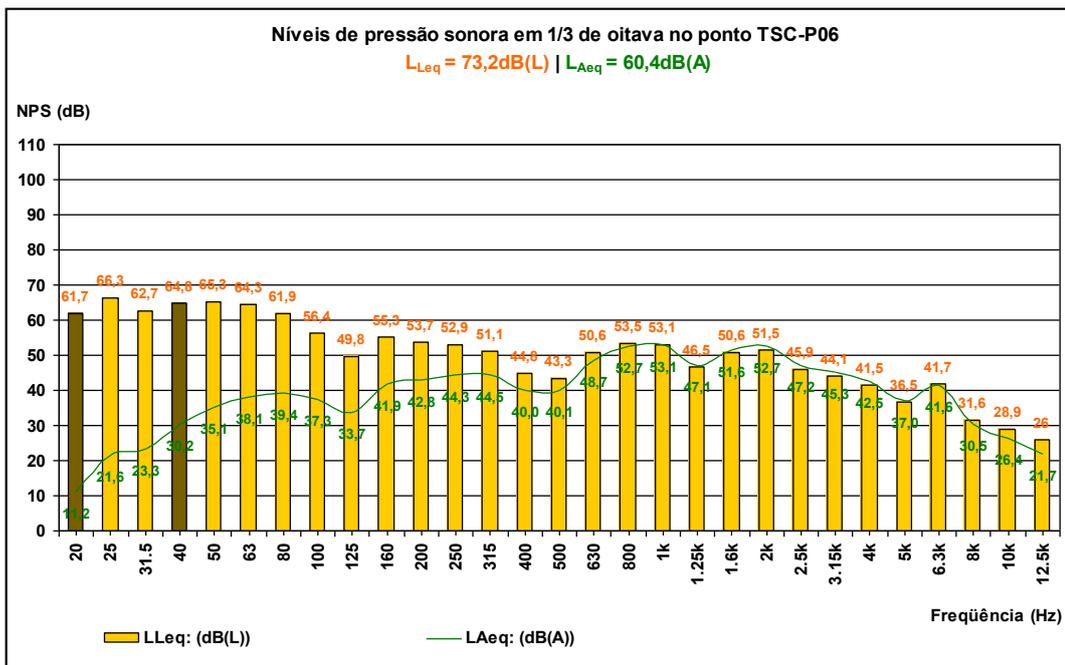


FIGURA 5-37 – NPS em 1/3 de oitavas, no ponto TSC-P06.

### 5.3.3 Análise das vocalizações

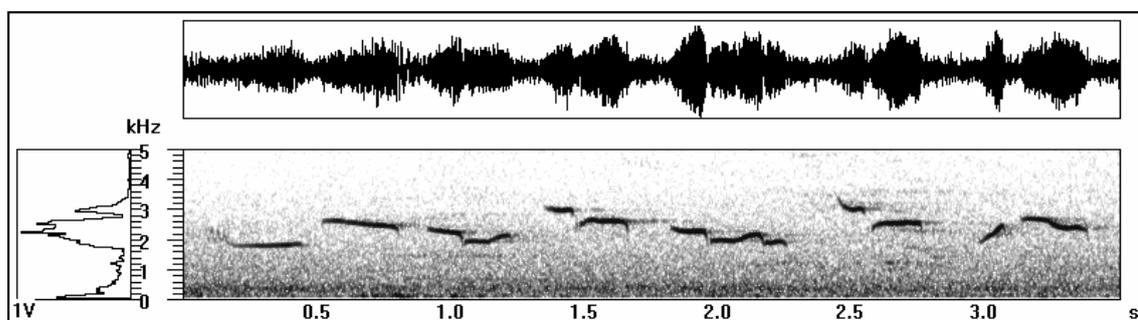
Os cantos do *T. rufiventris* foram gravados pela manhã e ao final da tarde, em um único dia, em diferentes locais do parque Trianon, sempre nas áreas mais internas, onde se percebeu menor interferência do ruído de tráfego. Durante as gravações o ajuste de ganho permaneceu ajustado a 4/5 do máximo. Registra-se que ocorreu dificuldade para gravar o canto em incidência sonora direta, devido à densa vegetação. As gravações também foram dificultadas pela ocorrência de outros ruídos como pios de cantos de outros pássaros, buzinas e sirenes.

Para a análise foram selecionadas as melhores gravações dos cantos do sabiá-laranjeira. Os sinais foram tratados no *Avisoft-SASLab Pro*, onde se identificou os limites de vocalização, compreendidos entre 1500Hz e 3058Hz.

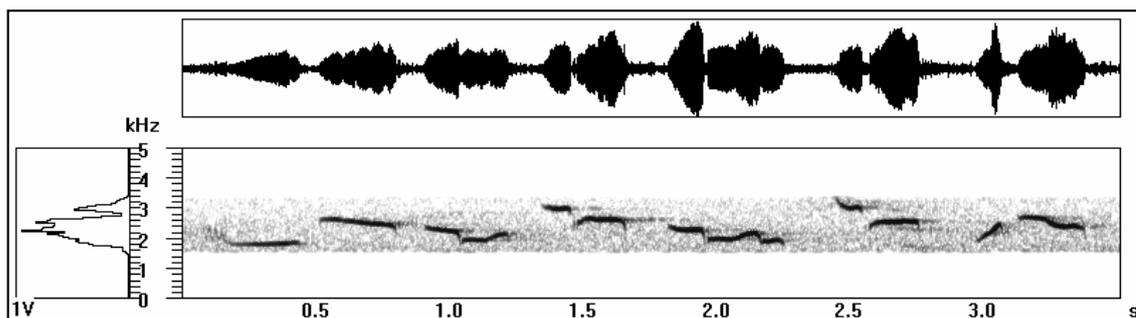
A análise do canto característico do sabiá-laranjeira foi dificultada pela presença de ruídos de altas frequências (fig. 5-39), o que exigiu uma análise manual das frases e limpeza destes ruídos (fig. 5-40), para que o software pudesse caracterizar os limites espectrais.

**TABELA 5.10 Análise do canto de *T. rufiventris* no parque Trianon.**

Nº de cantos	Nº de frases	Frequência mínima (Hz)	Frequência máxima (Hz)
5	62	1500	3058



**FIGURA 5-38** – Sonograma de uma frase do canto de um *T. rufiventris*. Parque Trianon (com ruído ambiente ao fundo).



**FIGURA 5-39** – Sonograma de uma frase do canto de um *T. rufiventris*. Parque Trianon (após tratamento do sinal).

### 5.3.4 Discussão dos resultados

A percepção sonora subjetiva indica a predominância do ruído de tráfego nos pontos de medição periféricos. Nos pontos internos ao parque, o ruído de tráfego compõe o ruído de fundo, onde dos cantos e piados dos pássaros se destacam, principalmente em TSC-P05.

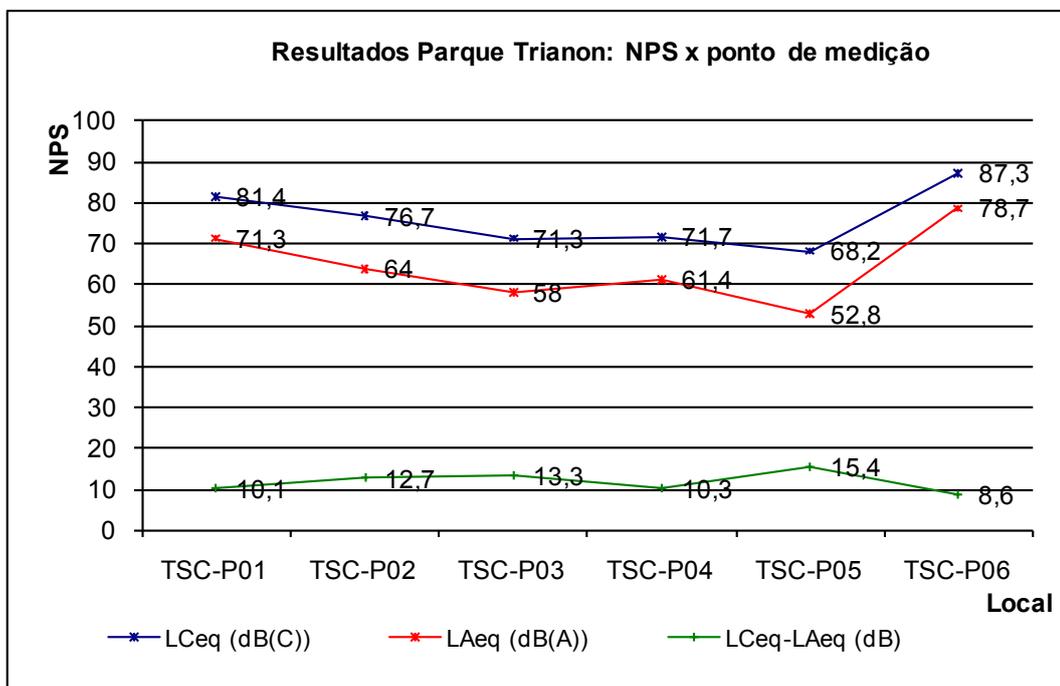
Os resultados das medições do NPS no tempo estão apresentados resumidamente na tabela e gráfico abaixo. O ponto TSC-P06 apresentou níveis mais elevados que os demais, como esperado, uma vez que este ponto situa-se sobre a calçada da Alameda Jaú. Nesta via os veículos trafegam em maior velocidade do que na Av. Paulista (TSC-P01), e em aceleração durante a subida desta alameda.

Dos três pontos locados para caracterização do ruído de tráfego, TSC-P04 apresentou os menores níveis sonoros. Este resultado está relacionado ao fato de que os veículos, ao descenderem a Alameda Santos, o fazem em baixa aceleração. Pondera-se ainda que a localização espacial deste ponto se faz sobre a alameda, enquanto os pontos TSC-P01 e TSC-P06 estão situados na lateral das vias, e portanto a uma menor distância dos veículos.

**TABELA 5.11 NPS globais: Parque Trianon.**

Local	$L_{Ceq}$ (dB(C))	$L_{Aeq}$ (dB(A))	$L_{Ceq} - L_{Aeq}$ (dB)
TSC-P01	81,4	71,3	10,1
TSC-P02	76,7	64,0	12,7
TSC-P03	71,3	58,0	13,3
TSC-P04	71,7	61,4	10,3
TSC-P05	68,2	52,8	15,4
TSC-P06	87,3	78,7	8,6

Comparando os resultados globais destes pontos se observa que TSC-P05 apresentou níveis sonoros bem inferiores aos demais, com um gradiente  $L_{Ceq} - L_{Aeq} = 13\text{dB}$ . Semelhantemente, TSC-P03 apresentou este mesmo gradiente, no entanto para níveis globais equivalentes à TSC-P04.



**FIGURA 5-40** – NPS globais x pontos de medição.

A caracterização do nível de pressão sonora equivalente à faixa de vocalização do *T. leucomelas* foi obtida pela soma logarítmica dos níveis equivalentes de cada uma das faixas de 1/3 de oitavas compreendidas entre 1,6kHz e 3,15kHz. Este resultado será designado como  $L_{Tr}$ , onde “L” expressa *Level* (nível), “T” *Turdus* e “r” *rufiventris*. Os valores calculados para  $L_{Tr}$  em cada um dos pontos de medição estão apresentados na tabela 5.12.

**TABELA 5.12 NPS em 1/3 de oitavas: Parque Trianon.**

Descritor	TSC-P01 (dB(L))	TSC-P02 (dB(L))	TSC-P03 (dB(L))	TSC-P04 (dB(L))	TSC-P05 (dB(L))	TSC-P06 (dB(L))
$L_{eq}$ (1.6kHz)	57,9	53,2	46	46,9	39,4	50,6
$L_{eq}$ (2kHz)	55,2	51,3	44,3	50,2	35,5	51,5
$L_{eq}$ (2.5kHz)	58,2	47,7	43,3	48,1	32,9	45,9
$L_{eq}$ (3.15kHz)	49,2	43,3	39,7	44,8	39,4	44,1
$L_{Tr}$	<b>62,3</b>	<b>56,3</b>	<b>49,9</b>	<b>54,0</b>	<b>43,6</b>	<b>55,1</b>
$L_{eq}(Tr)$	<b>56,3</b>	<b>50,3</b>	<b>43,9</b>	<b>47,9</b>	<b>37,6</b>	<b>49,0</b>

Como resultado da soma logarítmica de uma parcela do espectro audível (5.7), o  $L_{Tr}$  pode ser compreendido como parte da pressão sonora em faixa ampla, em ponderação espectral linear, ou seja, o  $L_{Tr}$  é uma parte do  $L_{Leq}$ .

$$L_{Tr} = 10 \cdot \log \left( 10^{\frac{L_{eq}(1,6kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(2kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(2,5kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(3,15kHz)}{10}} \right) \quad (5.7)$$

No entanto, a proposição de um descritor que represente o nível de pressão sonora equivalente na faixa de comunicação específica deste grupo de indivíduos de *T. rufiventris*, impõe limitações para a comparação com descritores de outras espécies.

Deste modo, propõe-se o descritor  $L_{eq(Tr)}$  para expressar o nível médio de pressão sonora equivalente na faixa de vocalização do *T. rufiventris* (5.8), possibilitando sua comparação com descritores semelhantes identificados em habitats de outros passeriformes.

$$L_{eq(Tr)} = 10 \cdot \log \left( \frac{1}{N} \cdot \left( 10^{\frac{L_{eq}(1,6kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(2kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(2,5kHz)}{10}} + 10^{\frac{L_{eq}(3,15kHz)}{10}} \right) \right) \quad (5.8)$$

Onde:  $N = 4$  (faixas de 1/3 de oitavas) para o *T. rufiventris* identificado no parque Trianon.

O  $L_{eq(Tr)}$  foi calculado em função da média logarítmica do  $L_{eq}$  medido em cada uma das 1/3 de oitavas compreendidas na faixa de vocalização. Assim, mesmo que outras espécies apresentem espectro de vocalização diferente, a aplicação da média logarítmica possibilita a comparação entre diferentes campos acústicos de diferentes grupos de passeriformes.

Comparando os resultados dos descritores propostos como o nível global  $L_{Leq}$ , em cada um dos pontos de medição, verifica-se que TSC-P03, TSC-P04, TSC-P05 e TSC-P06 apresentaram níveis sonoros globais semelhantes da ordem de 71,5dB(L) (fig. 5-42).

Ao comparar  $L_{Leq}$  com o nível de pressão sonora na faixa de vocalização ( $L_{Tr}$ ) e o nível médio equivalente na faixa de vocalização ( $L_{eq(Tr)}$ ) verifica-se que nestes pontos os níveis sonoros na faixa de vocalização decaem significativamente em relação aos níveis globais, principalmente em TSC-P05.

Com estes resultados é possível afirmar que em TSC-P05 a comunicação do sabiá-laranjeira é menos vulnerável às interferências dos ruídos antrópicos.

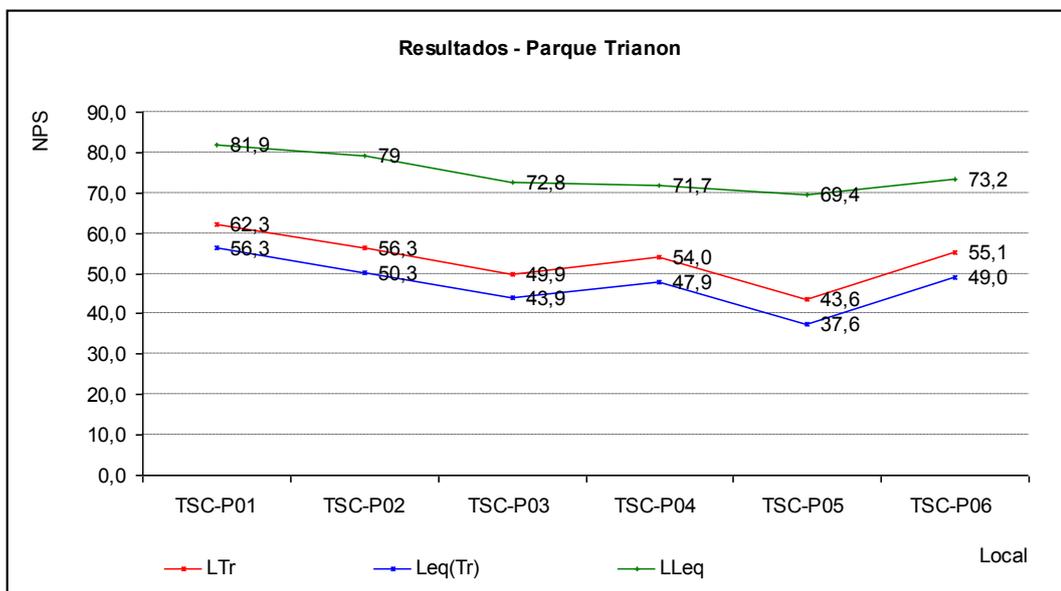


FIGURA 5-41 – NPS x ponto de medição.

## 5.4 Rua Campos Sales – BH, MG / Corruíra (*Troglodytes musculus*)

### 5.4.1 Localização do ponto de medição

A avaliação do habitat da corruíra foi realizada em uma quarta-feira, em dezembro de 2008, com céu claro e temperatura média de 25°C.

As medições foram realizadas em um único ponto de medição, situado na altura equivalente à da copa das árvores que compõe seu habitat. Assim, o medidor de nível sonoro foi instalado aproximadamente a cinco metros do nível da rua e a uma distância horizontal de quarenta metros das ruas Campos Sales e Marcílio Dias.

O medidor de nível sonoro foi configurado no modo automático para medir os níveis de pressão sonora em 1/3 de oitavas, por cerca de quinze minutos em cada ciclo, com cinco varreduras completas do espectro sonoro. As medições tiveram início nos seguintes horários: 5h, 6h, 7h e 8h.

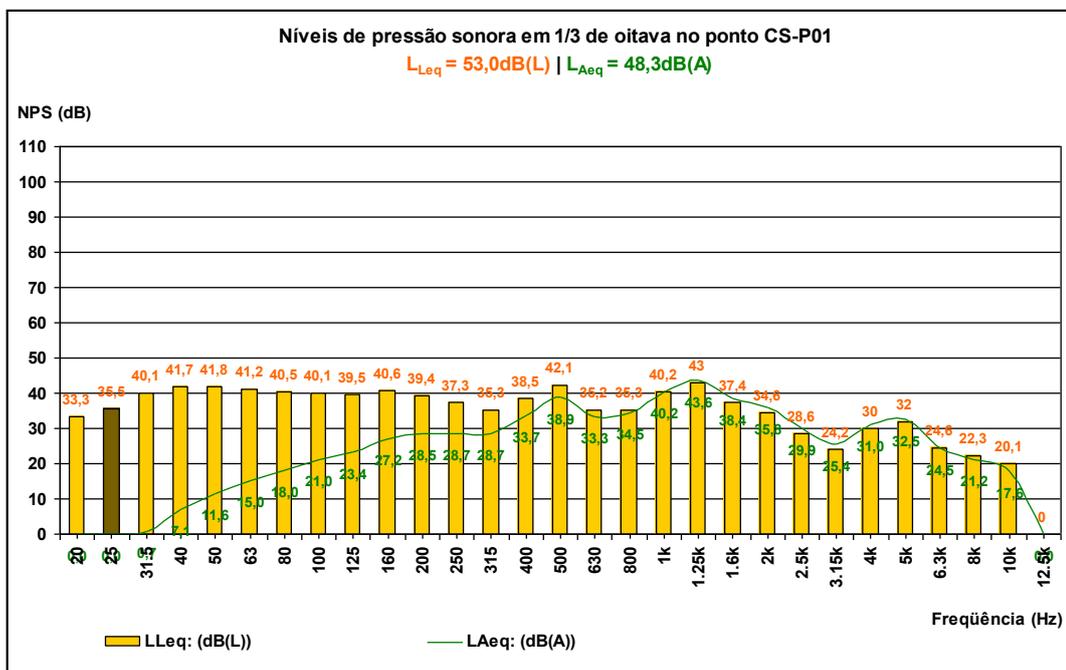
O medidor também foi configurado no modo automático para medir os níveis de pressão sonora no tempo, por vinte minutos contínuos, nos seguintes horários: 5h e 20min, 6h e 20min, 7h e 20min e 8 horas e 20 minutos.

Essa metodologia objetivou caracterizar a variação da pressão sonora ao longo de todo o período matutino em que são audíveis o canto da corruíra nas proximidades da Rua Campos Sales.

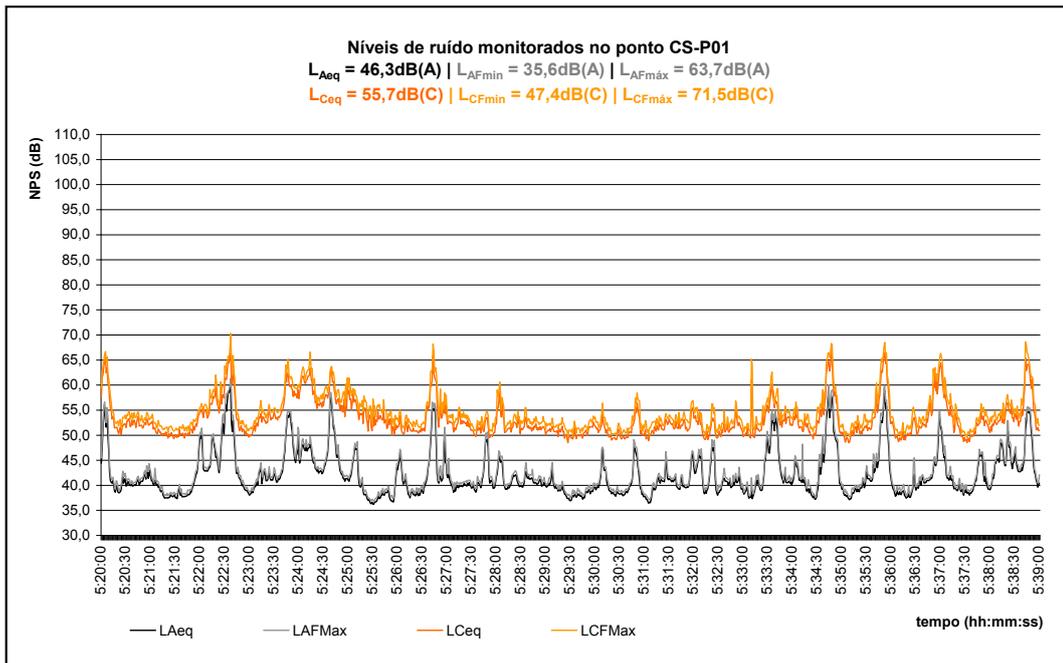
#### 5.4.2 Resultados das medições de nível sonoro

Durante as medições foram audíveis ruídos de tráfego de veículos, cantos e pios de corruíras e pardais, latidos de cães e vozes de pessoas.

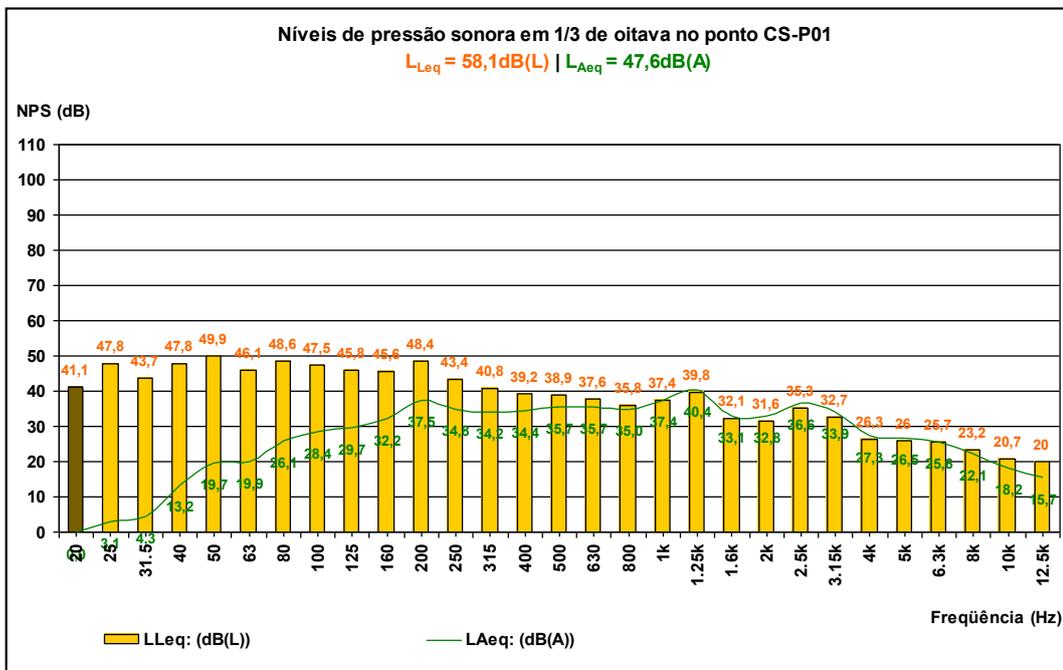
Os resultados estão graficamente apresentados na seqüência cronológica das medições, alternando entre 1/3 de oitavas e NPS no tempo.



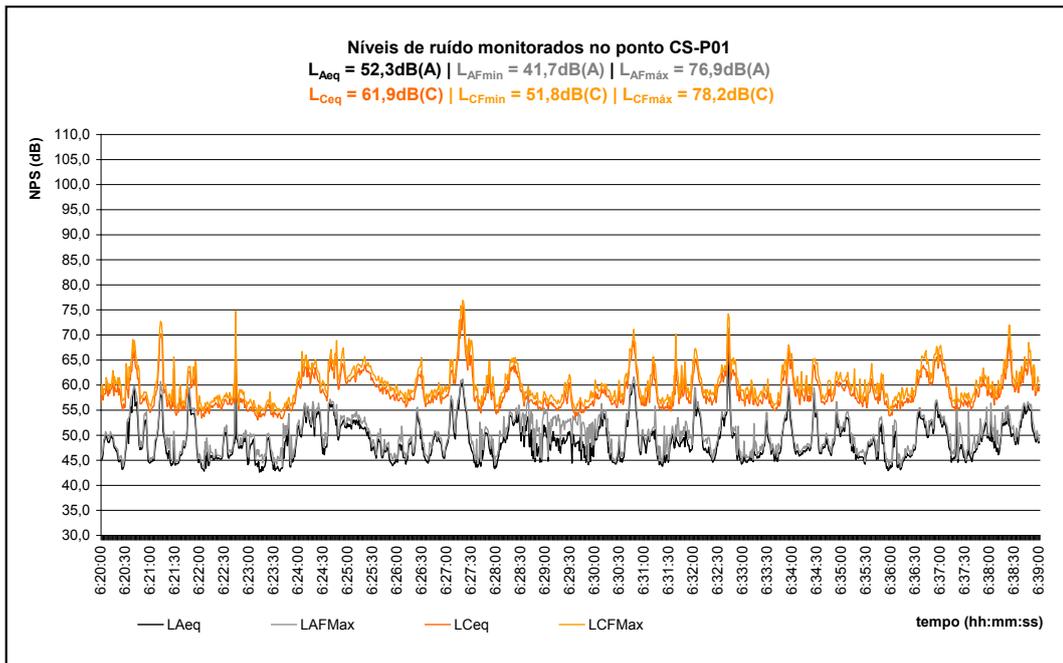
**FIGURA 5-42 – NPS em 1/3 de oitavas, CS-P01, 5h.**



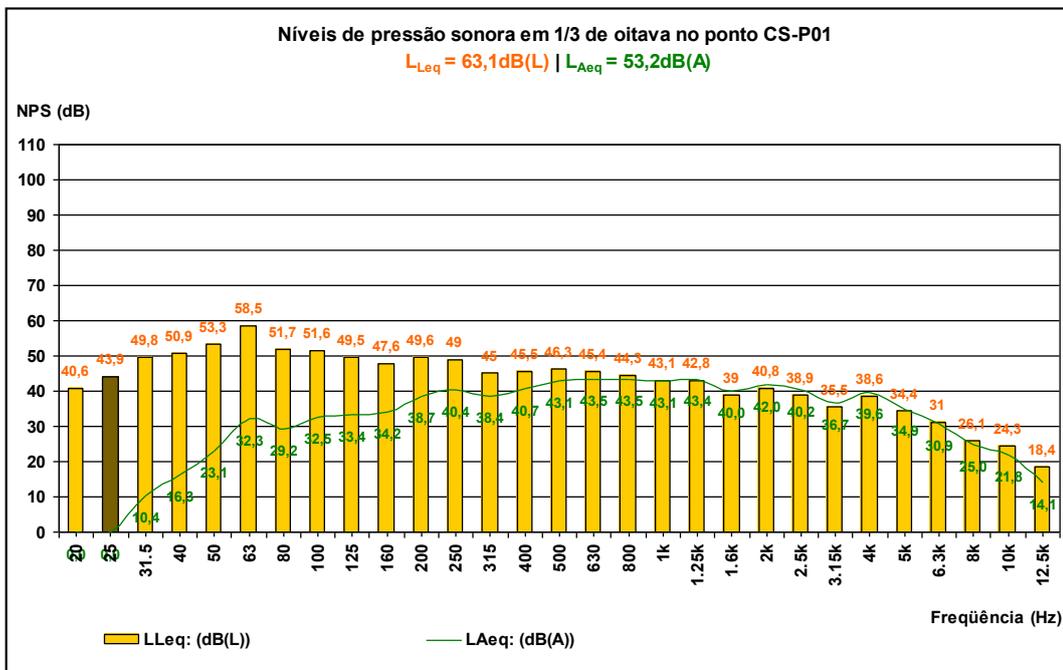
**FIGURA 5-43 – NPS em tempo, CS-P01, 5h20min.**



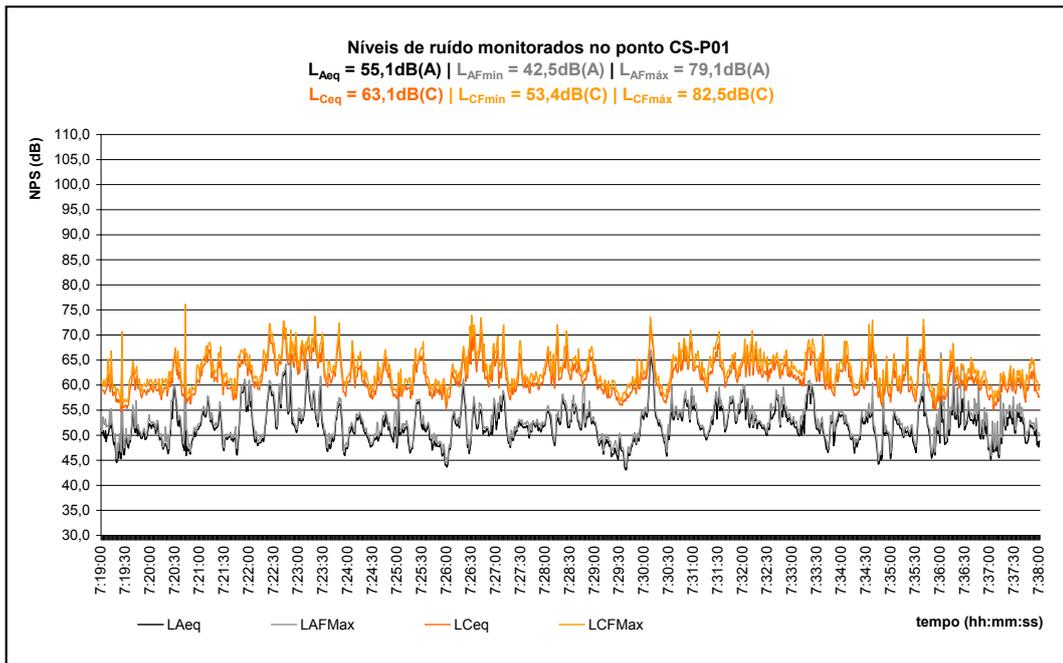
**FIGURA 5-44 – NPS em 1/3 de oitavas, CS-P01, 6h.**



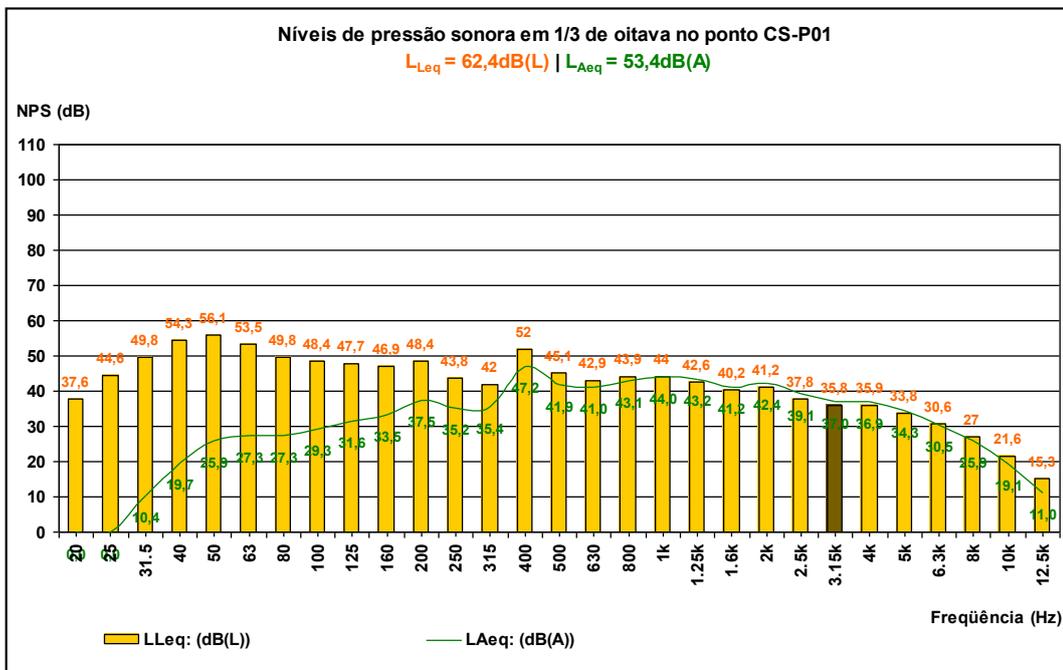
**FIGURA 5-45 – NPS em tempo, CS-P01, 6h20min.**



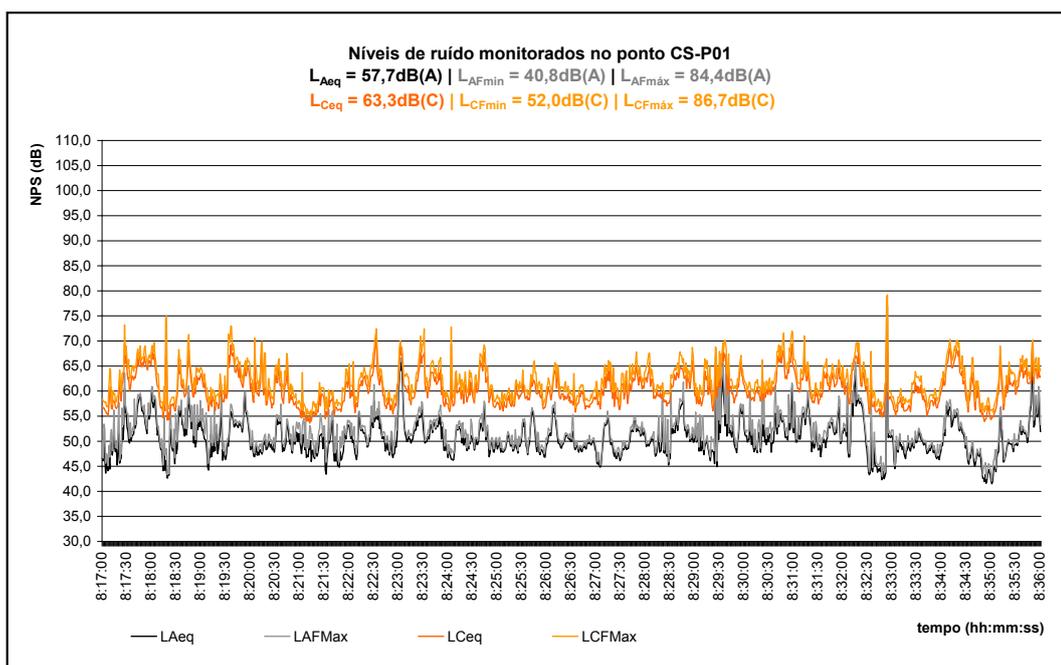
**FIGURA 5-46 – NPS em 1/3 de oitavas, CS-P01, 7h.**



**FIGURA 5-47 – NPS em tempo, CS-P01, 7h20min.**



**FIGURA 5-48 – NPS em 1/3 de oitavas, CS-P01, 8h.**



**FIGURA 5-49 – NPS em tempo, CS-P01, 8h20min.**

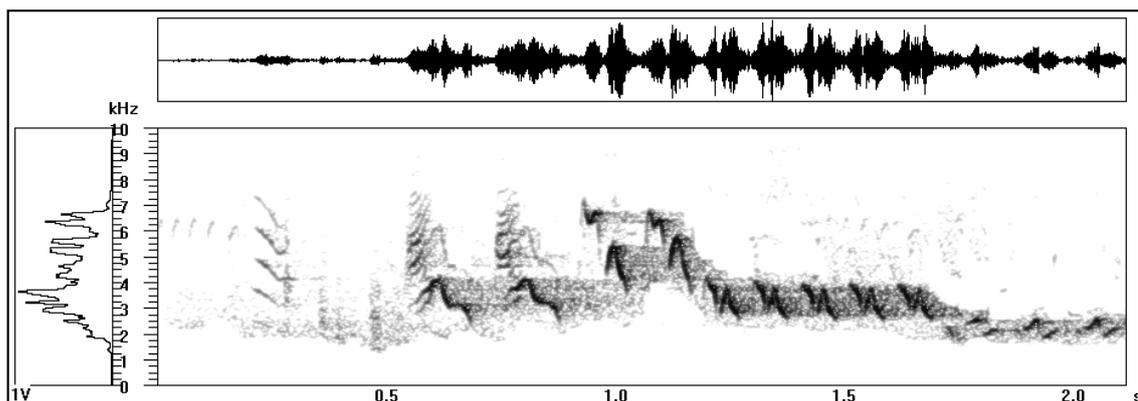
### 5.4.3 Análise das vocalizações

Os sinais de canto do *T. musculus* foram gravados ao amanhecer durante dois dias. As gravações foram realizadas evitando a interferência do ruído de tráfego. Os cantos foram então registrados nos instantes em que não ocorram tráfego de veículos pela rua Campos Sales. Durante as gravações o ajuste de ganho da gravadora foi mantido na posição central.

Foram selecionadas as melhores gravações dos cantos das corruíras. Os sinais foram tratados no *Avisoft-SASLab Pro*, onde se identificou os limites inferiores e superiores das frequências sonoras de vocalização, compreendidos entre 1,64kHz e 8,43kHz, conforme apresentado na tabela abaixo. A figura 5-50 ilustra uma frase característica do canto da Corruíra e sua distribuição espectral.

**TABELA 5.13 Análise de vocalização:  
*T. musculus* na Rua Campos Sales.**

Nº de cantos	Nº de frases	Frequência mínima (Hz)	Frequência máxima (Hz)
8	44	1640	8430



**FIGURA 5-50** – Sonograma de uma frase do canto de um *T. musculus*. Rua Campos Sales.

#### 5.4.4 Discussão dos resultados

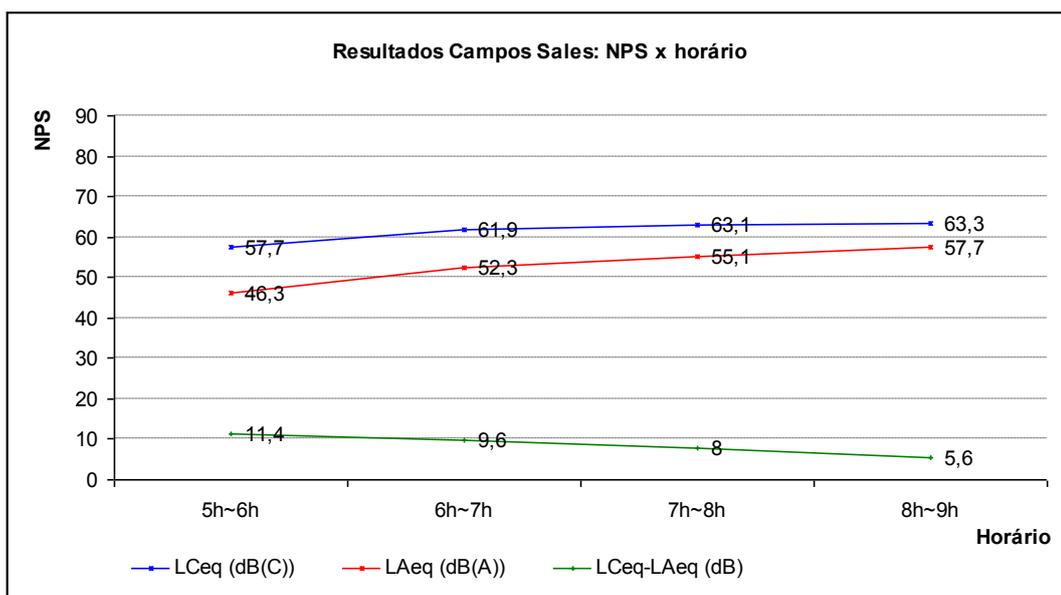
A percepção sonora subjetiva indica a predominância do ruído de tráfego de veículos vindos de vias distantes e do tráfego local, de ocorrência episódica no começo das medições, se intensificando a partir das 6h30min. Além do ruído de tráfego foram audíveis sons de pássaros, cães, de um galo ao longe e ruído do interior das residências mais próximas.

Os resultados dos NPS em cada intervalo horário estão apresentados resumidamente na tabela e gráfico abaixo, onde é possível observar que, a medida do aumento de tráfego local e leva-se o nível de pressão sonora ponderada em “A”, diminuindo o gradiente  $L_{Ceq} - L_{Aeq}$ .

Este comportamento acústico indica a presença de baixas frequências nos horários de menor tráfego local, provavelmente provenientes do tráfego de veículos nos corredores viários mais distantes deste local.

**TABELA 5.14 NPS globais: Campos Sales.**

Horário	$L_{Ceq}$ (dB(C))	$L_{Aeq}$ (dB(A))	$L_{Ceq} - L_{Aeq}$ (dB)
5h~6h	57,7	46,3	11,4
6h~7h	61,9	52,3	9,6
7h~8h	63,1	55,1	8,0
8h~9h	63,3	57,7	5,6



**FIGURA 5-51** – NPS globais x horário de medição.

A caracterização do nível de pressão sonora equivalente à faixa de vocalização do *T. musculus* foi obtida pela soma logarítmica dos níveis equivalentes de cada uma das faixas de 1/3 de oitavas compreendidas entre 1,6kHz e 8kHz. Destaca-se que a faixa de 8kHz tem seu limite de corte superior em 8913Hz, sendo que a nota mais elevada de vocalização foi de 8430Hz.

Este resultado será designado como  $L_{Tm2}$ , onde “L” expressa nível (*Level*), “T” *Troglodytes* e “m” *musculus* e “2” por se tratarem de um grupo diferente de corruínas daquelas estudadas na rodovia D. Pedro I. Os valores calculados para  $L_{Tm2}$  estão apresentados na tabela 5.13.

**TABELA 5.15 NPS em 1/3 de oitavas: R. Campos Sales.**

Descritor	5h~6h (dB(L))	6h~7h (dB(L))	7h~8h (dB(L))	8h~9h (dB(L))
$L_{eq}$ (1,6kHz)	37,4	32,1	39,0	40,2
$L_{eq}$ (2kHz)	34,6	31,6	40,8	41,2
$L_{eq}$ (2,5kHz)	28,6	35,3	38,9	37,8
$L_{eq}$ (3,15kHz)	24,2	32,7	35,5	35,8
$L_{eq}$ (4kHz)	30,0	26,3	38,6	35,9
$L_{eq}$ (5kHz)	32,0	26,0	34,4	33,8
$L_{eq}$ (6,3kHz)	24,6	25,7	31,0	30,6
$L_{eq}$ (8kHz)	22,3	23,2	26,1	27,0
$L_{Tm2}$	<b>40,9</b>	<b>39,9</b>	<b>46,3</b>	<b>46,2</b>
$L_{eq}(Tm2)$	<b>31,9</b>	<b>30,8</b>	<b>37,3</b>	<b>37,1</b>

Como resultado da soma logarítmica de uma parcela do espectro audível (5.9), o  $L_{Tm2}$  pode ser compreendido como parte da pressão sonora em faixa ampla linear, ou seja, o  $L_{Tm2}$  é uma parte do  $L_{Leq}$ .

$$L_{Tm2} = 10 \cdot \log\left(10^{\frac{L_{eq(1,6kHz)}}{10}} + 10^{\frac{L_{eq(2kHz)}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{eq(8kHz)}}{10}}\right) \quad (5.9)$$

No entanto, a proposição de um descritor que represente o nível de pressão sonora equivalente na faixa de comunicação específica deste grupo de indivíduos de *T. musculus* impõe limitações para a comparação com descritores de outras espécies.

Deste modo, propõe-se o descritor  $L_{eq(Tm2)}$  para expressar o nível médio de pressão sonora equivalente na faixa de vocalização do *T. musculus* (5.10), possibilitando sua comparação com descritores semelhantes identificados em habitats de outros passeriformes.

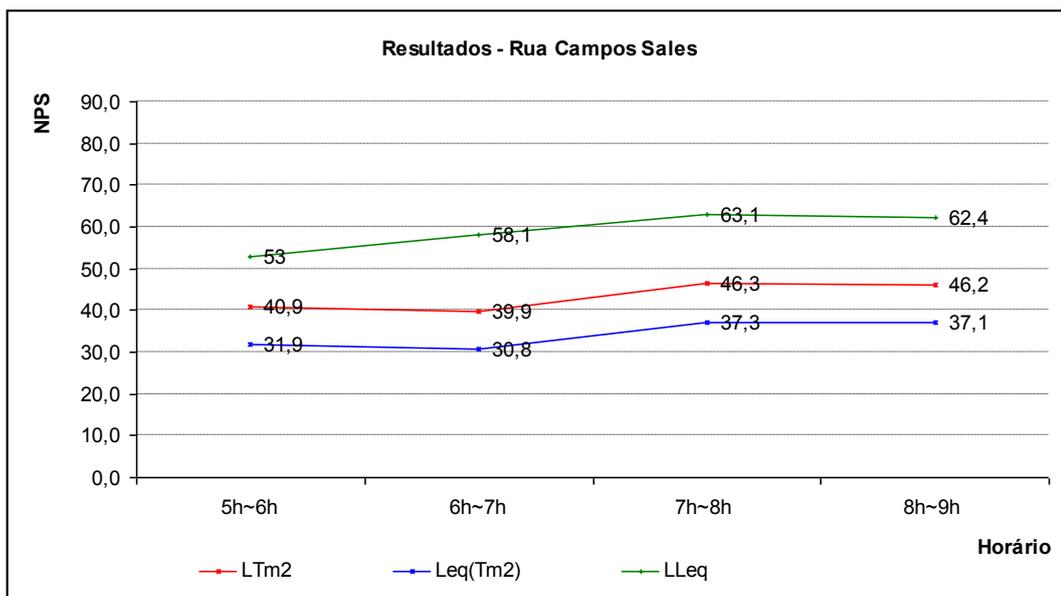
$$L_{eq(Tm2)} = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{N} \cdot \left(10^{\frac{L_{eq(1,6kHz)}}{10}} + 10^{\frac{L_{eq(2kHz)}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{eq(8kHz)}}{10}}\right)\right) \quad (5.10)$$

Onde:  $N = 8$  (faixas de 1/3 de oitavas) para o *T. musculus* identificado nas imediações da Rua Campos Sales.

O  $L_{eq(Tm2)}$  foi calculado em função da média logarítmica do  $L_{eq}$  medido em cada uma das 1/3 de oitavas compreendidas na faixa de vocalização. Assim, mesmo que outras espécies apresentem espectro de vocalização diferente, a aplicação da média logarítmica possibilita a comparação entre diferentes campos acústicos de diferentes grupos de passeriformes.

Ao comparar  $L_{Leq}$  com o nível de pressão sonora equivalente na faixa de vocalização ( $L_{Tm2}$ ) e o nível médio de pressão sonora equivalente na faixa de vocalização ( $L_{eq(Tm2)}$ ) verifica-se um comportamento simétrico entre estes descritores.

Durante esta avaliação observou-se que os pássaros vocalizaram entre cinco e nove horas, não sendo possível afirmar que tenha ocorrido maior ou menor vocalização dentro deste limite horário. Entretanto, pelos resultados dos níveis sonoros na faixa de vocalização se observa que a partir das sete horas da manhã ocorreu significativa elevação dos níveis sonoros, associados ao aumento do tráfego local.



**FIGURA 5-52** – NPS x ponto de medição.

## 5.5 *Machacalis* - MG / *Bem-te-vi* (*Turdus rufiventris*), *Pássaro-preto* (*Gnorimopsar chopi*) e *Sofrê* (*Icterus jamacaii*)

### 5.5.1 Localização e distribuição dos pontos de medição

A avaliação dos níveis sonoros foi realizada em um único ponto de medição, numa área plana de pasto, situada aproximadamente a trezentos metros da estrada de terra que interliga Machacalis ao município vizinho. Aproximadamente a 200 metros do local das medições está a sede da fazenda, e pouco mais próximo um estábulo. O acesso a este local situado no centro do pasto foi feito a pé, uma vez que não há outra maneira de acesso.

As medições foram realizadas em dezembro de 2008, ao final da tarde, com céu claro e temperatura média de 28°C, em um único ponto de medição. O medidor de nível sonoro foi instalado em um tripé, aproximadamente a 1,6m do solo.

O medidor de nível sonoro foi configurado para medir os níveis de pressão sonora em 1/3 de oitavas, por aproximadamente quinze minutos, com cinco ciclos completos de medição em todo o espectro sonoro.

O medidor também foi configurado para medir os níveis de pressão sonora no tempo, por cinco minutos contínuos, registrando os níveis globais de pressão sonora ponderados em “A” e em “C”.

## 5.5.2 Resultados das medições de nível sonoro

Durante todo o período de medição foram audíveis sons de pássaros, grilos, sapos, e eventualmente mugido de gado na área do estábulo. Os resultados estão graficamente apresentados na seqüência cronológica das medições, alternando entre 1/3 de oitavas e NPS no tempo.

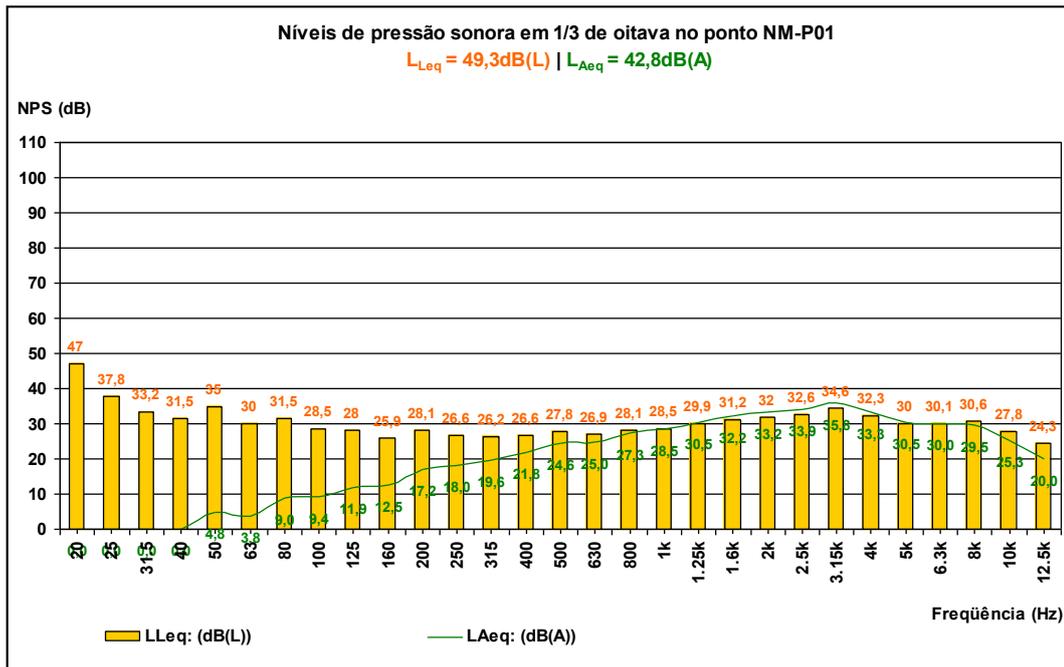


FIGURA 5-53 – NPS em 1/3 de oitavas, NM-P01.

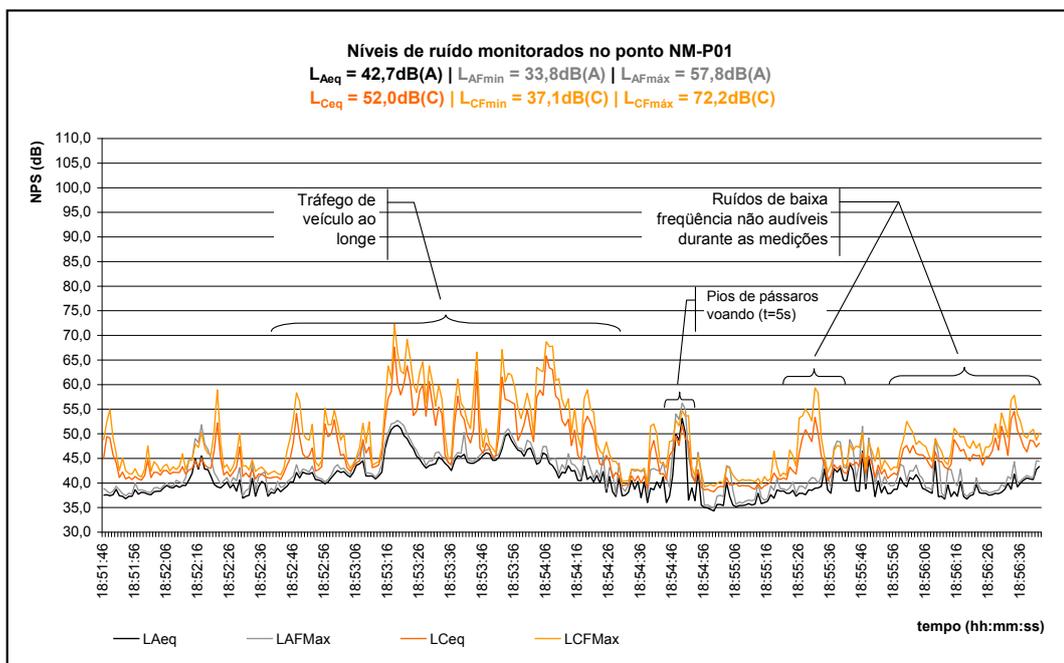


FIGURA 5-54 – NPS no tempo, NM-P01.

### 5.5.3 Análise das vocalizações

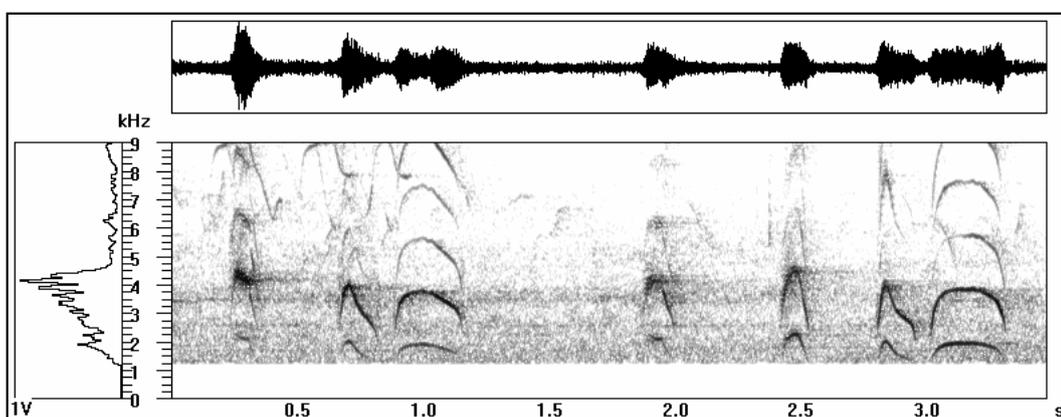
Os sinais dos cantos do bem-te-vi, sofrê e do pássaro-preto foram gravados ao amanhecer e ao final da tarde, durante dois dias, na área de pasto da fazenda Novo Mundo próximo a árvores e arbustos.

Durante as gravações o ajuste de ganho da gravadora foi mantido na posição central e diferentes cantos de indivíduos destas espécies foram gravados. Outras passeriformes também foram ouvidos, porém não foram identificados.

Dentre as diferentes gravações foram selecionadas as melhores para tratamento e análise no *Avisoft-SASLab Pro*, onde se identificou os limites inferiores e superiores das frequências sonoras de vocalização para cada uma das espécies.

**TABELA 5.16 Análise das vocalizações:**

Espécies	Frequência mínima (Hz)	Frequência máxima (Hz)
<i>P. sulphuratus</i> (Bem-te-vi)	1209	9904
<i>G. chopi</i> (Pássaro-preto)	1590	4960
<i>I. Jamacaií</i> (Sofrê)	1273	3421



**FIGURA 5-55** – Sonograma ilustrativo do canto de um *Bem-te-vi*. (Machacalis).

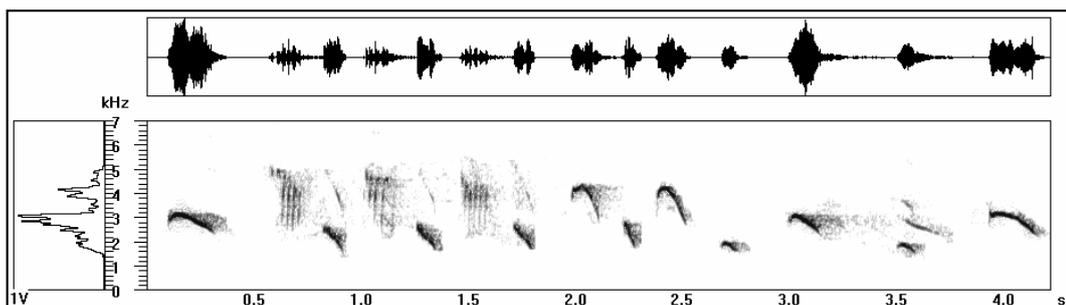


FIGURA 5-56 – Sonograma ilustrativo do canto de um Pássaro-preto (Machacalis).

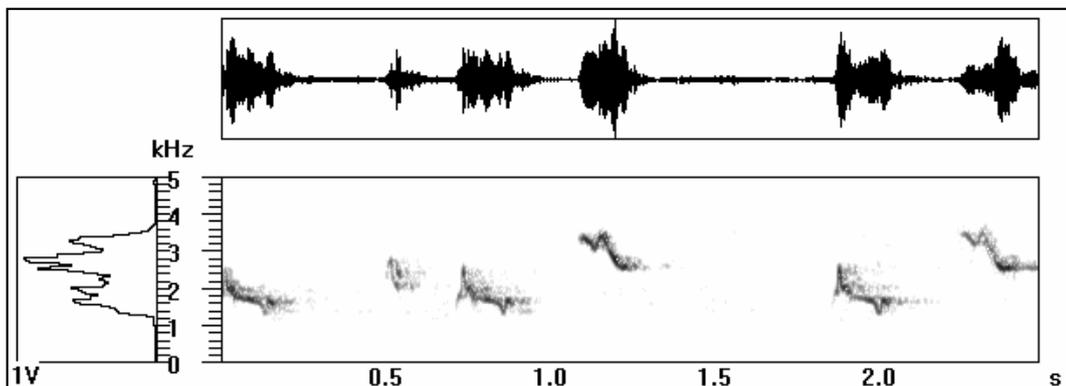


FIGURA 5-57 – Sonograma ilustrativo do canto de um Sofrê (Machacalis).

#### 5.5.4 Discussão dos resultados

Durante todo o período de avaliação foram audíveis sons de pássaros, grilos, sapos e eventualmente mugido de gado, permitindo afirmar que o ruído ambiente é caracterizado pela vocalização de diferentes animais.

Durante a avaliação dos níveis de pressão sonora no tempo, ocorreu tráfego de um veículo a diesel pela estrada de terra. Destaca-se que de NM-P01 não foi possível ver o veículo na estrada. Logo, sua percepção foi apenas auditiva. Observando os resultados de NPS no tempo (fig. 5-54) é possível identificar a significativa elevação dos níveis sonoros em dB(C) ocorrida durante o tráfego deste veículo.

TABELA 5.17 NPS globais máximos: Machacalis

Local	$L_{CFmax}$ (dB(C))	$L_{AFmax}$ (dB(A))	$L_{CFmax}-L_{AFmax}$ (dB)
NM-P01	72,2	57,8	14,4

**TABELA 5.18 NPS globais mínimos: Machacalis**

Local	$L_{CFmin}$ (dB(C))	$L_{AFmin}$ (dB(A))	$L_{CFmin} - L_{AFmin}$ (dB)
NM-P01	37,1	33,8	3,3

Analisando os níveis máximos medidos sob interferência do ruído deste veículo, verifica-se o gradiente  $L_{CFmax} - L_{AFmax} = 14\text{dB}$ . Analisando os níveis mínimos medidos sem a interferência do ruído deste veículo verifica-se que o gradiente  $L_{CFmin} - L_{AFmin}$  foi de apenas 3dB. Por esses resultados se verifica a contribuição sonora em baixas frequências produzida por veículos automotores.

Comparando os resultados medidos em NPS no tempo (fig. 5-54) sob influência do tráfego deste veículo com os resultados globais medidos durante a análise espectral (fig. 5-53), sem a interferência de ruídos antrópicos, é possível observar que os níveis médios equivalentes ponderados em “A”, medidos para as duas condições, foram respectivamente  $L_{Aeq}=42,7\text{dB(A)}$  e  $L_{Aeq}=42,8\text{dB(A)}$  ou seja, idênticos.

Estes resultados reforçam o entendimento de que os ruído de tráfego de veículos automotores apresentam contribuições sonoras significativas nas baixas frequências, produzindo efeitos sobre o ruído ambiente à longas distâncias da sua origem.

Durante a análise dos sonogramas foram registrados ruídos em alta frequência em intensidade próxima à das vocalizações analisadas, sobretudo para o bem-te-vi, cujas componentes harmônicas são nitidamente visíveis no sonograma (fig. 5-55) e importantes na caracterização vocal. Observa-se que as componentes fundamentais estão abaixo de 5kHz, entretanto as harmônicas atingem 9,9kHz.

A caracterização do nível de pressão sonora equivalente à faixa de vocalização foi realizada para cada uma das espécies, a partir da soma logarítmica dos níveis equivalentes de cada uma das faixas de 1/3 de oitavas compreendidas dentro dos limites vocais de cada espécie.

Assim, foram definidos os seguintes descritores:

**TABELA 5.19 Machacalis: Limites espectrais e descritores acústicos.**

Espécies	Vocalização		Filtros de 1/3 de oitavas		Descritores	
	Limite Inferior (Hz)	Limite Superior (Hz)	Limite inferior (Hz)	Limite Superior (Hz)	Nível de pressão sonora na faixa de vocalização	Nível médio de pressão sonora na faixa de vocalização
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Bem-te-vi)	1209	9904	1250	10000	$L_{Ps}$	$L_{eq(Ps)}$
<i>Gnorimopsar chopi</i> (Pássaro-preto)	1590	4960	1600	5000	$L_{Gc}$	$L_{eq(Gc)}$
<i>Icterus jamacaii</i> (Sofrê)	1273	3421	1250	3150	$L_{ij}$	$L_{eq(ij)}$

Com base nos resultados das medições dos níveis de pressão sonora equivalentes à cada uma das faixas de 1/3 de oitavas, medido em NM-P01, têm-se os valores para cada um dos descritores propostos.

**TABELA 5.20 Machacalis: NPS em 1/3 de oitavas.**

Descritor	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Bem-te-vi)	<i>Gnorimopsar chopi</i> (Pássaro-preto)	<i>Icterus jamacaii</i> (Sofrê)
$L_{eq}$ (1.25kHz)	29,9	-	29,9
$L_{eq}$ (1.6kHz)	31,2	31,2	31,2
$L_{eq}$ (2kHz)	32,0	32,0	32,0
$L_{eq}$ (2.5kHz)	32,6	32,6	32,6
$L_{eq}$ (3.15kHz)	34,6	34,6	34,6
$L_{eq}$ (4kHz)	32,3	32,3	-
$L_{eq}$ (5kHz)	30,0	30,0	-
$L_{eq}$ (6,3kHz)	30,1	-	-
$L_{eq}$ (8kHz)	30,6	-	-
$L_{eq}$ (10kHz)	27,8	-	-
$L_{xy}$	<b>41,5</b>	<b>40,1</b>	<b>39,3</b>
$L_{eq(xy)}$	<b>31,1</b>	<b>32,3</b>	<b>32,3</b>

Ao comparar o nível médio de pressão sonora equivalente na faixa de vocalização ( $L_{eq(xy)}$ ) das três espécies estudadas verifica-se a equivalência entre os resultados destes descritores.

## 5.6 Análise comparativa dos resultados

Os habitats estudados, a exceção de Machacalis, apresentaram como principal fonte de ruído antrópico a contribuição do ruído de tráfego veicular. Nestes habitats a presença de passeriformes foi notada a distâncias muito próximas das vias de tráfego, onde a percepção subjetiva humana denota predominância do ruído de tráfego.

Os sinais de vocalização das espécies estudadas apresentaram como característica comum a ocorrência de notas superiores a 1200Hz. No entanto, a faixa das frequências vocais foi bastante distinta entre os diferentes indivíduos e espécies, o que levou a construção de descritores acústicos específicos a cada grupo avaliado.

A tabela 5.21 apresenta comparativamente as faixas vocais e os descritores propostos. Na figura 5-58 pode ser observada a variação das faixas espectrais de vocalização. Os níveis sonoros obtidos para cada um dos descritores foram calculados a partir dos resultados apresentados na tabela 5.22.

**TABELA 5.21 Análise comparativas das vocalizações e dos descritores acústicos.**

Espécies	Faixas sonoras de vocalização		Filtros em faixas de 1/3 de oitavas		Descritores acústicos	
	Limite Inferior (Hz)	Limite Superior (Hz)	Faixa inferior (Hz)	Faixa Superior (Hz)	Nível de pressão sonora na faixa de vocalização	Nível médio de pressão sonora na faixa de vocalização
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Bem-te-vi)	1209	9904	1250	10000	$L_{Ps}$	$L_{eq(Ps)}$
<i>Troglodytes musculus</i> (Corruira - Dom Pedro I)	1500	11340	1600	12500	$L_{Tm1}$	$L_{eq(Tm1)}$
<i>Troglodytes musculus</i> (Corruira - Campos Sales)	1640	8430	1600	8000	$L_{Tm2}$	$L_{eq(Tm2)}$
<i>Gnorimopsar chopi</i> (Pássaro-preto)	1590	4960	1600	5000	$L_{Gc}$	$L_{eq(Gc)}$
<i>Turdus leucomelas</i> (Sabiá-barranco)	1580	3390	1600	3150	$L_{Tl}$	$L_{eq(Tl)}$
<i>Turdus rufiventris</i> (Sabiá-laranjeira)	1500	3058	1600	3150	$L_{Tr}$	$L_{eq(Tr)}$
<i>Icterus jamaicaii</i> (Sofrê)	1273	3421	1250	3150	$L_{Ij}$	$L_{eq(Ij)}$

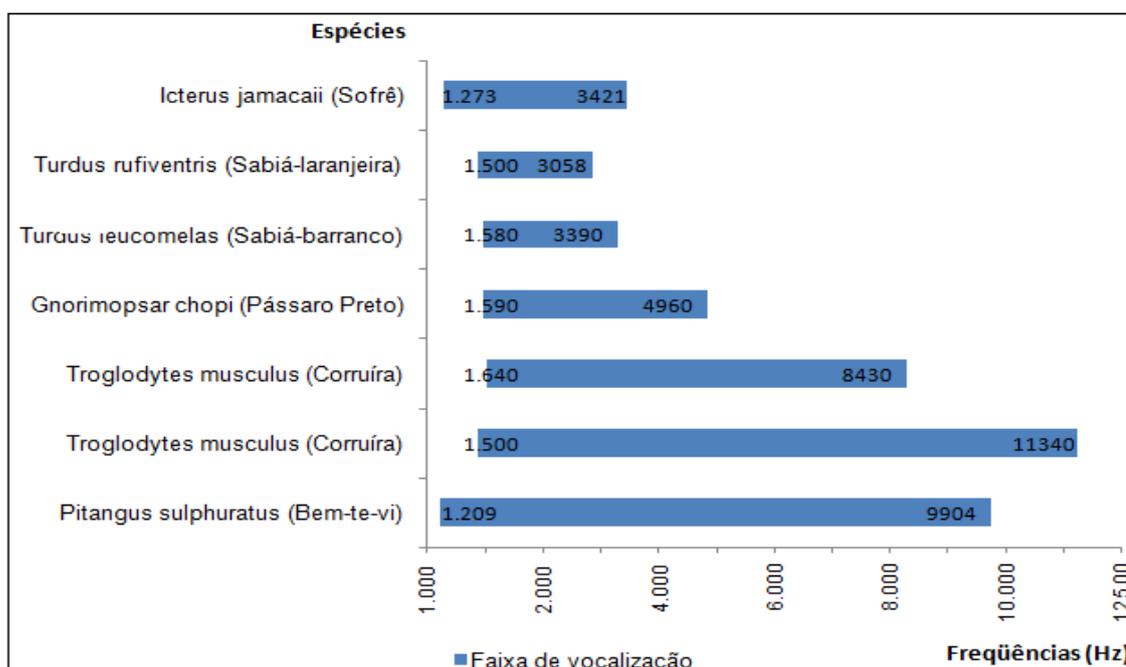


FIGURA 5-58 – Comparativo das faixas espectrais de vocalização.

TABELA 5.22 Análise comparativa dos níveis sonoros a cada faixa de 1/3 de oitava.

Descritor	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Bem-te-vi)	<i>Troglodytes musculus</i> (Corruíra - D. Pedro I)	<i>Troglodytes musculus</i> (Corruíra - C. Sales)	<i>Gnorimopsar chopi</i> (Pássaro-preto)	<i>Turdus leucomelas</i> (Sabiá-barranco)	<i>Turdus rufiventris</i> (Sabiá-laranjeira)	<i>Icterus jamacaii</i> (Sofrê)
$L_{eq}$ (1kHz)	-	-	-	-	-	-	-
$L_{eq}$ (1.25kHz)	29,9	-	-	-	-	-	29,9
$L_{eq}$ (1.6kHz)	31,2	49,7	40,2	31,2	44,9	39,4	31,2
$L_{eq}$ (2kHz)	32,0	47,3	41,2	32,0	41,6	35,5	32,0
$L_{eq}$ (2.5kHz)	32,6	42,3	37,8	32,6	37,2	32,9	32,6
$L_{eq}$ (3.15kHz)	34,6	39,6	35,8	34,6	31,6	39,4	34,6
$L_{eq}$ (4kHz)	32,3	39,8	35,9	32,3	-	-	-
$L_{eq}$ (5kHz)	30,0	33,4	33,8	30,0	-	-	-
$L_{eq}$ (6,3kHz)	30,1	26,6	30,6	-	-	-	-
$L_{eq}$ (8kHz)	30,6	20,4	27,0	-	-	-	-
$L_{eq}$ (10kHz)	27,8	15,3	-	-	-	-	-
$L_{eq}$ (12,5kHz)	-	16,1	-	-	-	-	-
$L_{Xx}$	41,5	52,7	46,2	40,1	47,2	43,6	39,3
$L_{eq(Xx)}$	31,1	42,7	37,1	32,3	41,1	47,6	32,3
$L_{Leq}$	49,3	71,1	62,4	49,3	70,6	69,4	49,3

No hábitat situado a margem da Rodovia Dom Pedro I, os valores de pressão sonora considerados nesta análise comparativa foram aqueles medidos no ponto DPI-P03, próximo aos arbustos de onde as corruíras vocalizaram.

No IAC foi observado que durante a vocalização dos sabiás estes pássaros permaneceram quase a totalidade do tempo entre as árvores e arbustos distribuídos entre os pontos IAC-P04 e IAC-P06. Por ser o mais próximo da rodovia e portanto o mais vulnerável ao ruído de tráfego, os resultados dos níveis sonoros medidos no ponto IAC-P04 foram aplicados nesta análise.

No Parque Trianon o canto do sabiá-laranjeira foi gravado nas proximidades do ponto TSC-P05, situado entre as alamedas Santos e Jaú. Logo, nesta análise foram utilizados os resultados das medições em TSC-P05.

Dentre as medições realizadas nos diferentes horários nas proximidades da rua Campos Sales, optou-se por utilizar os resultados obtidos entre 8h e 9h da manhã, por ser o horário com maior fluxo de veículos e pela significativa ocorrência de vocalização do canto das corruíras.

Na tabela 5.22 é possível verificar os níveis sonoros medidos em cada um dos habitats, para as condições citadas acima. Também constam na tabela os níveis globais lineares de pressão sonora e os valores calculados para os descritores propostos.

Na tabela 5.23 é possível verificar: a tipologia do habitat, o local avaliado, os níveis de pressão sonora lineares globais ( $L_{Leq}$ ), os níveis equivalentes de pressão sonora ponderados em “A”, os níveis de pressão sonora na faixa de vocalização de cada uma das espécies ( $L_{Xx}$ ) e os níveis médios de pressão sonora obtidos à cada faixa de vocalização ( $L_{eq(Xx)}$ ).

**TABELA 5.23 Análise comparativa entre espécies, habitats e níveis sonoros.**

<b>Ambiente</b>	Periurbano (rodovias)		Urbano		Rural		
<b>Local</b>	IAC	D. Pedro I	Campos Sales	Trianon	Machacalis		
<b>L<sub>Leq</sub> (dB(L))</b>	71	71	62	69	49	49	49
<b>L<sub>Aeq</sub> (dB(A))</b>	55	61	53	52	43	43	43
<b>Espécies</b>	<i>Turdus leucomelas</i> (Sabiá-barranco)	<i>Troglodytes musculus</i> (Corruira)	<i>Troglodytes musculus</i> (Corruira)	<i>Turdus rufiventris</i> (Sabiá-laranjeira)	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Bem-te-vi)	<i>Gnorimops ar chopi</i> (Pássaro-preto)	<i>Icterus jamacaii</i> (Sofrê)
<b>L<sub>Xx</sub> (dB)</b>	47	53	46	44	42	40	39
<b>L<sub>eq(Xx)</sub> (dB)</b>	<b>41</b>	<b>43</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>32</b>

Apenas com base nestes resultados não é possível concluir sobre diferenças entre a natureza dos ambientes avaliados. Entretanto, percebe-se que os maiores níveis sonoros estão associados aos habitats expostos ao ruído de tráfego das rodovias, onde foi identificado um maior fluxo de veículos, seguido pelo ambiente urbano. Acredita-se que uma pesquisa de maior profundidade possibilitará concluir sobre a correlação entre as tipologias dos habitats.

Uma comparação entre as espécies estudadas quanto aos sinais de vocalização também não é prudente estabelecer, uma vez que diferentes indivíduos de uma mesma espécie apresentam características individuais de vocalização e estão sujeitos a adaptação em função das condições acústicas de um dado habitat (BRUMM, 2004).

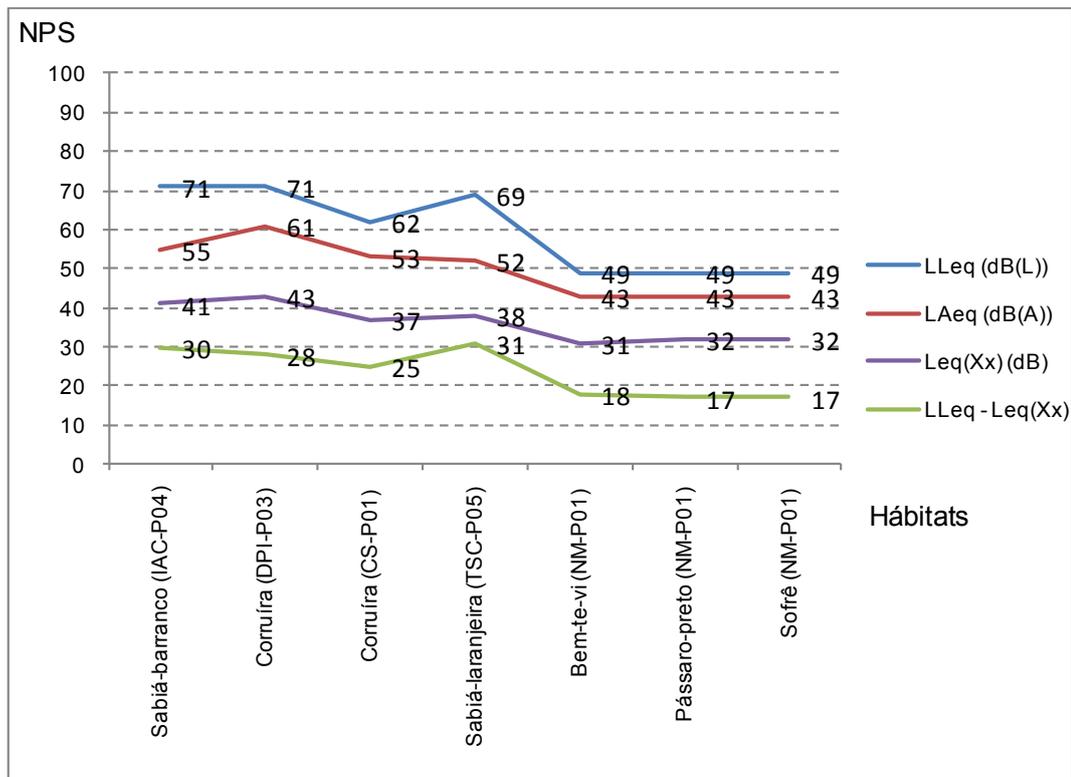
Esta consideração foi comprovada neste estudo no caso do *T. musculus*, em que os indivíduos avaliados à margem da Rodovia Dom Pedro I apresentaram maior largura espectral de vocalização que os indivíduos avaliados em uma área urbana de Belo Horizonte. Cabe destacar que em DPI-P03 os níveis sonoros, para todos os descritores aplicados, são significativamente superiores a CS-P01.

Quanto aos demais resultados verifica-se que os ambientes com maior nível de pressão sonora linear global (L<sub>Leq</sub>) também apresentaram maior nível médio de pressão sonora na faixa de vocalização (L<sub>eq(Xx)</sub>) porém, não há uma proporcionalidade entre tais descritores.

Verifica-se também que o nível equivalente global ponderado em “A” ( $L_{Aeq}$ ) não apresenta correlação direta com a variação dos níveis sonoros na faixa de vocalização ( $L_{eq(Xx)}$ ) e em faixa ampla linear ( $L_{Leq}$ ), como pode ser observado na tabela 5.24 e figura 5-59:

**TABELA 5.24 Análise comparativa do gradiente  $L_{Leq} - L_{eq(Xx)}$ .**

Espécies	<i>Turdus leucomelas</i> (Sabiá-barranco)	<i>Troglodytes musculus</i> (Corruíra)	<i>Troglodytes musculus</i> (Corruíra)	<i>Turdus rufiventris</i> (Sabiá-laranjeira)	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Bem-te-vi)	<i>Gnorimops ar chopi</i> (Pássaro-preto)	<i>Icterus jamacaii</i> (Sofrê)
Local	IAC	D. Pedro I	Campos Sales	Trianon	Machacalis		
$L_{Leq}$ (dB(L))	71	71	62	69	49	49	49
$L_{eq(Xx)}$ (dB)	41	43	37	38	31	32	32
$L_{Leq} - L_{eq(Xx)}$	30	28	25	31	18	17	17



**FIGURA 5-59** – Comparativo dos níveis de pressão sonora equivalentes.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante a realização desta pesquisa constatou-se a ausência de legislação e normalização que aborde metodologia, material e critérios de avaliação de impacto acústico ambiental sobre a fauna.

Para a avaliação dos níveis sonoros nos habitats selecionados optou-se por adotar as metodologias de engenharia acústica e de levantamento acústico recomendadas pela NBR 7731:1983 e pela ISO 2204:1979.

O método de levanto acústico consiste em realizar medições de nível de pressão sonora global (“*overall sound pressure level*”), ponderadas em “A”, “C” ou linear (“L”), em um número limitado de pontos, sendo registrada a variação do ruído em relação ao tempo. O método de engenharia acústica consiste em medir os níveis de pressão sonora em faixas de frequência (NBR 7731, 1983).

Assim, todas as medições foram realizadas com registro dos níveis sonoros globais no tempo e/ou dos níveis sonoros em 1/3 de oitavas, possibilitando a análise e tratamento dos dados e a apresentação gráfica dos resultados.

Para gravação e análise dos cantos dos passeriformes selecionados seguiu-se os procedimentos comumente adotados e descritos em diferentes artigos científicos, mantendo uma equivalência deste trabalho com as práticas de pesquisa tradicionais da bioacústica.

Para a avaliação dos níveis sonoros na faixa de vocalização das espécies estudadas foi desenvolvido e proposto dois diferentes descritores, construídos a partir dos resultados das medições em 1/3 de oitavas realizadas nos habitats.

O primeiro descritor representa o nível de pressão sonora equivalente no espectro de vocalização e se mostrou válido à comparação entre grupos de passeriformes com mesma faixa espectral de vocalização bem como à comparação de resultados ao longo de períodos de avaliação.

O segundo representa o nível médio de pressão sonora equivalente no espectro de vocalização e permite a comparação de resultados entre diferentes grupos, de diferentes habitats, possibilitando estudos de maior amplitude geográfica nesta área.

Dentre os ambientes avaliados, os habitats situados em áreas periurbanas e expostos a ruído de tráfego rodoviário (IAC e Rod. D. Pedro I) apresentaram níveis médios de pressão sonora equivalentes ( $L_{eq(Xx)}$ ) na faixa de vocalização dos passeriformes da ordem de 5dB superiores aos níveis médios medidos em áreas urbanas com fluxo intenso de veículos (Parque Trianon e R. Campos Sales).

Os resultados dos níveis médios de pressão sonora equivalentes nas faixas de vocalização ( $L_{eq(Xx)}$ ) levam a crer que valores de até 43dB não são suficientes ao mascaramento espectral à comunicação sonora das corruíras e dos sabiás. Entretanto, tais indivíduos podem ter se adaptado à tais condições ambientais, bem como tais valores podem ser significativos a outras espécies impedindo sua presença nestes locais. Conclusões desta natureza poderão ser tomadas em novas pesquisas, a partir da aplicação destes descritores acústicos na avaliação do campo acústico de habitats de passeriformes e comparados a análise dos sinais de vocalização.

A partir dos resultados das avaliações realizadas nestes cinco habitats conclui-se que a utilização da ponderação “A” não é apropriada à avaliação de impacto acústico ambiental sobre a avifauna, tornando imprescindível o conhecimento dos níveis sonoros equivalentes e lineares em faixas de 1/3 de oitavas.

Também se verificou que o descritor do nível equivalente global e linear de pressão sonora ( $L_{Leq}$ ) não apresentou correlação direta com os níveis sonoros na faixa de vocalização (fig. 5-59), tornando fundamental a análise dos resultados a partir dos descritores propostos neste trabalho.

Quanto às discussões sobre material para a gravação e análise dos cantos, as indicações de microfones unidirecionais ou cardióides com parábola remetem à escolha da curva de resposta em frequência, que devem apresentar-se planas nas frequências superiores a 500Hz.

O microfone unidirecional Sennheiser ME 66 utilizado neste trabalho apresenta esta condição para a faixa de 400Hz a 4000Hz (fig. 4-19). Considerando que pássaros como a corruíra e o bem-te-vi apresentaram vocalização em até 11340Hz e 9904Hz (fig. 5-58) respectivamente, deve-se ponderar que as amplitudes dos sinais registrados estão sujeitas às variações associadas à distorção deste microfone para as frequências superiores a 4kHz. Diante desta

constatação não é recomendável, com este material, a análise dos sinais em função da amplitude do sinal, limitando-se apenas à análise do espectro sonoro.

O uso da gravadora digital MARANTZ modelo PMD-660 possibilitou a gravação diretamente em formato digital, do tipo *wave* (“*wav*”), no padrão PCM-48kHz-16 bits com *bitrate* de 768kbps, equivalente ao padrão de áudio CD. Esta gravadora possui também faixa dinâmica de 80dB e baixa distorção harmônica total (THD), apenas 0,15% para a entrada de microfone XLR. Outra grande vantagem em relação a outros modelos pesquisados foi a presença de uma fonte interna para alimentação de microfone, no padrão *Phanton Power* (+48V, 5mA) e entrada no padrão XLR de 3 pinos para conexão direta de microfones. No entanto, para uma melhor qualidade de conversão analógico digital, identificou-se como o estado-da-arte gravadoras portáteis de estado sólido que possuem conversores A/D de 24bits e taxas de 96kHz, também com entradas XLR *Phanton Power*, cabendo recomendação de tais equipamentos para novas pesquisas.

Para a análise dos cantos dos pássaros tentou-se inicialmente o uso de *softwares* comumente adotados em estúdios musicais. Entretanto, diante da disponibilidade do *Avisoft* optou-se pelo uso apenas deste programa desenvolvido por pesquisadores científicos para o uso em estudos de vocalização de aves. Tal decisão se revelou mais apropriada diante dos recursos disponíveis de análise e identificação dos sinais vocais baseados em FFT, além da boa interface e flexibilidade de configuração pelo usuário.

Para a avaliação dos níveis de pressão sonora foi utilizado um medidor integrador B&K modelo 2238E, dotado de microfone capacitivo de campo livre modelo 4188 cuja faixa de resposta em frequência é de 8Hz a 16kHz e faixa dinâmica de 15,8dB a 146dB. Este medidor possui também filtros seriais para a análise e medição dos sinais sonoros em faixas de 1/1 oitavas e de 1/3 de oitavas.

Conclui-se que em pesquisas desta natureza o uso de analisadores de 1/3 de oitavas compõe o requisito mínimo, não cabendo apenas a realização de medições em faixa ampla, muito menos o emprego da ponderação “A”.

Apesar deste medidor ter se mostrado eficiente ao objetivo proposto, cabe recomendar preferencialmente o emprego de analisadores de 1/3 de oitavas de tempo real, de modo a quantificar simultaneamente os sinais sonoros ambientais em todas as faixas. Destaca-se que o

estado-da-arte em medidores de nível sonoro possuem também recurso de gravação do áudio medido em formato PCM-48kHz-16 bits, mesmo padrão da gravadora utilizada nesta pesquisa. Este recurso, aliado ao analisador em FFT os tornam capazes de quantificar o nível de pressão sonora da vocalização, possibilitando a análise desta variável em estudos desta natureza, desde que corretamente tomada a distância entre o pássaro e o microfone.

Logo, recomenda-se que preferencialmente sejam utilizados medidores de nível sonoro com tais características. Outra importante característica do estado-da-arte em medidores de nível sonoro é a sensibilidade às frequências compreendidas entre 3Hz a 20kHz e escala dinâmica de 120dB.

Quanto aos resultados obtidos, os diferentes passeriformes avaliados neste estudo apresentaram diferentes faixas espectrais de vocalização, sempre superiores a 1200Hz e inferiores a 12000Hz. Esta faixa de vocalização coincide com o espectro sonoro de maior sensibilidade do ouvido humano, o que permite compreender o quão importante é o canto para a percepção subjetiva humana, onde a presença destes animais remete à sensação de um ambiente natural e agradável, conforme constatado por SZEREMETA (2007) ao entrevistar usuários de parques públicos de Curitiba.

Além das discussões sobre material e métodos realizadas neste trabalho, que resultaram na proposição de dois novos descritores acústicos, indica-se a possibilidade de criação de “guildas acústicas” para a classificação e estudo de passeriformes quanto às similaridades das faixas espectrais de vocalização. A exemplo de SICK (1997) que classificou as diferentes aves em “guildas alimentares”: onívoras, piscívoras, insetívoras, necrófagas, planctívoras, carnívoras, frugívoras, granívoras e nectarívoras, podendo uma mesma espécie pertencer a mais de uma guilda.

Assim, uma proposição a ser pesquisada e apresentada ao campo da bioacústica seria a classificação das diferentes espécies de aves em “guildas acústicas”, ou “guildas vocais”, que seriam delimitadas a partir das faixas espectrais de vocalização, onde cada “guilda vocal” poderia ter um descritor acústico específico dos níveis de pressão sonora equivalentes na faixa de vocalização das espécies que a compõe.

Juntamente com os descritores propostos neste trabalho, esses descritores seriam referências em estudos de impacto acústico ambiental e permitiriam a comparação de diferentes habitats

ou a avaliação de um mesmo habitat ao longo dos anos, a fim de buscar correlação entre a presença destes animais em função das alterações do campo acústico.

Quanto a possibilidade de se estabelecer valores de critérios de avaliação de impacto acústico sobre a avifauna, cabe recomendar a realização de estudos biológicos que identifiquem o espectro e a sensibilidade auditiva dos diferentes passeriformes, bem como a suscetibilidade a limites de pressão sonora capazes de produzir efeitos fisiológicos aos organismos destes animais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10151 Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento*. Rio de Janeiro, 2000. 4p.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7731 Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem*. Rio de Janeiro, 1983. 11p.
- BABISCH, W., ISING, H., GALLACHER, J.E.J. Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischaemic heart disease, *Occupational and Environmental Medicine*. v. 60, p. 739-745, 2003.
- BARBOSA, A.S.M. *Ruído Urbano e perda auditiva: O caso da exposição ocupacional em atividades ligadas à coordenação do tráfego de veículos no Município de São Paulo*. 2001. Dissertação (Mestrado em Epidemiologia) – Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 2001.
- BAROT, T. Songbirds forget their tunes in cacophony of road noise. *The Sunday Times*, January 10<sup>th</sup>, 1999.
- BELO HORIZONTE. Lei nº7166, 27 ago. 1996. Normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.pbh.gov.br/mapas/leiuso/index.htm>. Acessado em 1 de agosto de 2009.
- BELOJOVIC, G., JAKOVLEVIC, B., ALEKSICIC, O. Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits. *Environment International*, v.23, p.221-226, 1997.
- BISTAFA, S.R. *Acústica aplicada ao controle do ruído*. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 368 p.
- BRASIL. Decreto-lei n.3688 - 3 out. 1941. Institui a Lei das contravenções penais. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Decreto-Lei/Del3688.htm>. Acessado em 1 de agosto de 2009.
- BREWER, D. *Wrens, dippers, and thrashers: a guide to the wrens, dippers, and thrashers of the world*. New Haven: Yale University Press, 2001. 256 p.
- BROTONS, L., HERRANDO, S. Reduced bird occurrence in pine forest fragments associated with road proximity in a Mediterranean agricultural area. *Landscape and Urban Planning* n. 57, p. 77-89, 2001.
- BRUMFIELD, R.T., CAPPARELLA, A.P. Genetic differentiation and taxonomy in the House Wren species group. *The Condor* n. 98 p. 547-556, 1996.
- BRUMM, H. The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. *Journal of Animal Ecology* n. 73, p. 434-440, 2004.
- BRUMM, H., SLABBEKOORN, H. Acoustic Communication in Noise. *Advances in the Study of Behavior*, v. 35, p. 151-209, 2005.
- CARVALHO, L.N., VILARINHO, K.R., FRANCHIN, A.G. Impacto predatório do Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) (Aves, Tyrannidae) na produção de juvenis do Bagre Africano (*Clarias gariepinus*) (Pisces, Clariidae). *Boletim Técnico do CEPTA*, Pirassununga, v. 16, p. 57-64, 2003.

CBRO – COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. *Lista das Aves do Brasil*. Versão 5/10/2008. Disponível em <http://www.cbro.org.br>. Acessado em 11 de junho de 2009.

CBRO – COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. *Nattereria*, nº1, p.1-3; 34, 2000.

CBRO – COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. *Nattereria*, nº2, p.63, 2001.

CBRO – COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. *Nattereria*, nº6, p.1, 2002.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Norma Técnica L 11.031 Ruído – Determinação do nível de ruído de fundo – Método de ensaio. *São Paulo: CETESB.1986. 8 p.*

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Norma Técnica L 11.032 Ruído – Determinação do nível de ruído em ambientes internos e externos de áreas habitadas – Método de ensaio. *São Paulo: CETESB.1992. 8 p.*

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Norma Técnica L 11.033 Ruído – Processo prático para calcular o nível de ruído equivalente contínuo – Procedimento. *São Paulo: CETESB.1992. 5 p.*

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 001/90. Dispõe sobre avaliação e controle da poluição sonora, 08 mar. 1990. *D.O.U.*, Brasília s.1, p.6408. 02 abr. 1990<sup>1</sup>.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 002/90 Dispõe sobre o programa nacional de educação e controle da poluição sonora (Programa “Silêncio”). 08 mar. 1990. *D.O.U.*, Brasília, s.1, p.6408. 02 abr. 1990<sup>2</sup>.

CRISTOFOLI, S.I., SANDER, M. Composição do ninho da Corruíra: *Troglodytes musculus* Naumann, 1823 (Passeriformes: *Troglodytidae*). *Biodiversidade Panpeana*, v.5, n.2, p.6-8, 2007.

D'ANGELO NETO, S., VENTURIN, N., OLIVEIRA FILHO, A.T., COSTA, F.A.F. Avifauna de quatro fisionomias florestais de pequeno tamanho (5-8 ha) no campus da UFPA. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, v. 58, n. 3, p. 463, 1998.

DAVIS, H., SILVERMAN, S.R. *Hearing and Deafness*. New York: Holt Rinehart & Winston, 3ª ed. 1970.

DAWKINS, M.S. *Explicando o comportamento animal*. São Paulo: Ed. Manole, 1989, 159p.

DERSA Desenvolvimento Rodoviário S.A., Secretaria dos Transportes do Estado de São Paulo, disponível no endereço eletrônico: <http://www.dersa.com.br/rodovias/dompedro.asp>. Acessado em 20 de março de 2009.

DEVELEY, P.F., ENDRIGO, E. *Aves da grande São Paulo: guia de campo*. São Paulo: Aves e Foto Editora, 2004.

DISTRITO FEDERAL, Lei 1065, de 6 de maio de 1996. Disponível no endereço eletrônico: [http://www.lagosul.df.gov.br/005/00502001.asp?ttCD\\_CHAVE=6586](http://www.lagosul.df.gov.br/005/00502001.asp?ttCD_CHAVE=6586). Acessado em 1 de agosto de 2009

FAPESP – FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Sítio eletrônico institucional. Disponível no endereço eletrônico: <http://>

- [www.fapesp.br/materia/2199/links/iac-instituto-agronomico-de-campinas.htm](http://www.fapesp.br/materia/2199/links/iac-instituto-agronomico-de-campinas.htm). Acessado em 1 de agosto de 2009.
- FEOMG – FEDERAÇÃO ORNITOLÓGICA DE MINAS GERAIS. Disponível no endereço eletrônico: [http://www.feomg.com.br/pass\\_pret.htm](http://www.feomg.com.br/pass_pret.htm). Acessado em 11 de junho de 2009<sup>1</sup>.
- FEOMG – FEDERAÇÃO ORNITOLÓGICA DE MINAS GERAIS. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.feomg.com.br/sofre.htm>. Acessado em 11 de junho de 2009<sup>2</sup>.
- FLETCHER, H. *Speech and Hearing*. New York: D. Van Nostrand Company, Inc., 1929. 336p.
- FLETCHER, H., MUNSON, W.A., Loudness – its definition, measurement and calculation, *Journal Acoustic Society American*, n. 5, p. 82-108, 1933.
- FRANCISCO, M.R., GALETTI, M. Aves como potenciais dispersoras de sementes de *Ocotea pulchella* Mart. (Lauraceae) numa área de vegetação de serrado do sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 25, n. 1, p. 11-17, 2002.
- FRISCH, J.D., FRISCH, C.D. *Aves brasileiras e plantas que a atraem*, São Paulo: Dalgas Ecoltec, 2005.
- FUNDEVAP – FUNDAÇÃO ECOLÓGICA VALE DO PARAÍBA. Disponível no endereço eletrônico: [http://www.fundevap.org.br/Downloads/Ornitologia/Pitangus-sulphuratus\\_Bem-te-vi.pdf](http://www.fundevap.org.br/Downloads/Ornitologia/Pitangus-sulphuratus_Bem-te-vi.pdf). Acessado em 11 de junho de 2009.
- GOOGLE EARTH. Software livre desenvolvido e distribuído pela Google Inc. para visualização de imagens aéreas e por satélites. Disponível no endereço eletrônico: <http://earth.google.com.br/>. Acessado em 5 de maio de 2009.
- GOOGLE MAPS. Página eletrônica da Google Inc. para visualização de imagens satélites e mapas. Disponível no endereço eletrônico: <http://maps.google.com.br/>. Acessado em 5 de maio de 2009.
- HELLMAYR, C.E. Catalogue of birds of the Americas and the adjacent islands. *Field Mus. Nat. Hist. Zool. Ser.* 13, p. 1-531, 1934.
- HÖFLING, E., CAMARGO, H.F.A. *Aves no campus da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira*, São Paulo: Instituto de Biociências da USP, 1993. 126p.
- IAC – INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.iac.sp.gov.br/QuemsomosIAC/Quemsomos.asp>. Acessado em 1 de agosto de 2009.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acessado em 11 de junho de 2009.
- IEC 60651, *Sound level meter*, 1979.
- IEC 61672-1, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*, 2002.
- IEEE Xplore Digital Library. Disponível no endereço eletrônico: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=4139338](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4139338). Acessado em 11 de maio de 2009.
- ISO 1683. *Acoustics – Preferred reference quantities for acoustic levels*, 1983.
- ISO 1999. *Acoustics – Assessment of occupational noise exposure for hearing conservation purposes*, 1975.

- ISO 1999. *Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment*. 1990.
- ISO 2204. *Acoustics – Guide to International Standards on the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of its effects on human beings*, 1979.
- ISO 226. *Normal equal-loudness contours for pure tones and normal threshold of hearing under free field listening conditions*, 1961.
- ISO 226. *Acoustics – Normal equal-loudness level contours*, 2003.
- ISO 3352. *Acoustics – Assessment of noise with respect to its effects on the intelligibility of speech*, 1974.
- ISO 389. *Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment*, 1975.
- ISO 389-3. *Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment -- Part 3: Reference equivalent threshold force levels for pure tones and bone vibrators*, 1994.
- ISO 6189. *Acoustics – Pure tone air conduction threshold audiometry for hearing conservation purposes*, 1983.
- ISO 7029. *Acoustics – Threshold of hearing by air conduction as a function of age and sex for otologically normal persons*, 1984.
- ISO 7029. *Acoustics – Statistical distribution of hearing thresholds as a function of age*, 2000.
- ISO 8253-1. *Acoustics – Audiometric test methods -- Part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry*, 1989.
- ISO 9613. *Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere*, 1993.
- ISO Technical Report 3352. *Acoustics – Assessment of noise with respects to its effect on the intelligibility of speech*, 1974.
- ITIS – INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.itis.gov/>. Acessado em 12 de junho de 2009.
- JOHNSON, L.S., KERMOTT, L.H., LEIN, M.R. The Cost of polygyny in the house wren *Troglodytes aedon*. *Journal of Animal Ecology*, n. 62, p. 669-682, 1993.
- KINGSBURY B.A., A direct comparison of the loudness of pure tones. *Physical Review* v. 29, p. 588-600, 1927.
- KRAUS, J.E. HÖFLING, E., RODRIGUES M.T., SAMPAIO, M.R.A. *Fauna e flora no campus da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira*. São Paulo: EdUSP, 2005. 311p.
- KRAUSE, B.L. The Niche Hypothesis: A hidden symphony of animal sounds, the origins of musical expression and the health of habitats. *The Explorers Journal*, Winter, p. 156-160, 1993.
- LEEUWEN, H., KOK, A., REUBSAET, J. *The uncertainty of acoustical measurements on road surfaces using the CPX-method*. INTERNOISE, Istanbul, Turkey, 2007.
- LLAMBÍAS, P.E., FERNÁNDEZ, G.J. Effects of nestboxes on the breeding biology of Southern House Wrens *Troglodytes aedon bonariae* in the southern temperate zone. *Ibis*, v. 151, n. 1, p. 113-121, 2009.

- MACEDO, D.J., PAULA, H.M.; CORREA, A.G. et al. Guildas alimentares de aves em ambientes de floresta estacional semidecídua e cerrado. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2007, Anápolis. *Seminário de Iniciação Científica* p. 1-6., 2007.
- MASCHKE, C. Preventive medical limits for chronic traffic noise exposure. *Acoustic*, v. 85, p. 448, 1999.
- MINAS GERAIS, Lei estadual nº7302 - 21 jul. 1978. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.almg.gov.br>. Acessado em 7 de agosto de 2009.
- MOTTA-JUNIOR, J.C. Estrutura trófica e composição das avifaunas de três hábitats na região central do Estado de São Paulo. *ARARAJUBA*, v. 1, p. 65-71, 1990.
- MTE – MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma regulamentadora nº15 – Atividades e operações insalubres. Portaria GM nº3214, 8 jun. 1978.
- NOBELPRIZE, 2009. Disponível no endereço eletrônico: [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1904/strutt-bio.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1904/strutt-bio.html). Acessado em 11 de maio de 2009.
- OBERHOLSER, H.C. A review of the genus *Troglodytes*. *Proc. U.S. Natl. Mus.* n. 27, p. 197-211, 1904.
- PAYNTER, R.A. Taxonomic notes on the new world forms of *Troglodytes*. *Breviora* n. 71, p. 1-15, 1957.
- PERIS, S.J., PESCADOR, M. Effects of traffic noise on passerine populations in Mediterranean wooden pastures. *Applied Acoustics*, v. 65, p. 357-366, 2004.
- PIMENTEL-SOUZA, Fernando. Effects of Noise Pollution on Sleep and Health Status-Urban Emphasis. *Proceedings of the IVth International Seminar on Noise Control*. Rio de Janeiro, May 5-8: p 81-84. 1992.
- PIZO, M.A. Seed dispersal and predation in two populations of *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* n. 13, p. 559-578, 1997.
- RAYLEIGH, J.W.S. *The theory of sound*. New York: Dover Publications. Second edition, Vol. 1, 1945. 480 p.
- RAYLEIGH, J.W.S. *The theory of sound*. New York: Dover Publications. Second edition, Vol. 2, 1945. 504 p.
- RIBEIRO, L.B., SILVA, M.G. Comportamento alimentar das aves *Pitangus sulphuratus*, *Coereba flaveola* e *Thraupis sayaca* em palmeiras frutificadas em área urbana. *Revista de Etologia*, v. 7, n. 1, p. 39-42, 2005.
- RIDGWAY, R. The birds of North and Middle America. *Bull U.S. Natl. Mus.* n. 3, p. 1-801, 1904.
- RIO DE JANEIRO. Lei Estadual nº126, 1977. *Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora*.
- RIO DE JANEIRO. Lei Estadual nº3827, 2002. *Da nova redação à Lei nº126 de 1977*.
- ROBINSON, D., DADSON, R.S. A re-determination of the equal-loudness relations for pure tones, *British Journal of Appl. Psychology*, n. 7, p. 166-181, 1956.
- RUSSO, I.C.P. *Acústica e psicoacústica aplicadas à fonoaudiologia*. São Paulo: Ed. Lovise, 2ª ed., 1999. 263p.

SÃO PAULO, PREFEITURA MUNICIPAL. Disponível no endereço eletrônico: [http://www9.prefeitura.sp.gov.br/sitesvma/100\\_parques/regiao/centrooeste/index.php?p=107](http://www9.prefeitura.sp.gov.br/sitesvma/100_parques/regiao/centrooeste/index.php?p=107). Acessado em 20 de janeiro de 2009.

SENNHEISER, *Instructions for use ME 66*, 2004.

SICK H., *Ornotologia Brasileira*. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1997. 912p.

SILVA, M.L. Estereotipia e versatilidade nos cantos das aves: os padrões de canto em sabiá e outras aves. *Anais de Etologia* v. 13, p. 133-147, 1995.

SOUSA, Denise da Silva de. *Instrumentos de gestão da poluição sonora para a sustentabilidade das cidades brasileiras*. 2004. 643 p. Tese (Doutorado em ciências em planejamento energético) - COPPE Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

SUZUKI, Y., et. al., *Precise and full-range determination of two-dimensional equal loudness contours*, IS-01, 2003.

SZEREMETA, Bani *Avaliação e percepção da paisagem sonora de parques públicos de Curitiba-Paraná*, (Mestrado em Engenharia Mecânica), UFPR, Curitiba, 2007.

VIEILLOT L.P. *Histoire naturelle des oiseaux de l'Amérique septentrionale.*, v. 2, p. 52, 1809. Transcrito da "Official lists and indexes of names in zoology", v. 43 (1986) a v. 63 (2006) of the Bulletin of Zoological Nomenclature.

VIELLIARD, J.M.E. *O registro dos sinais de comunicação sonora em aves: parâmetros etológicos e testes de play-back*. *Anais de Etologia* (7): p.134-149, 1989.

VIELLIARD, J.M.E. *Uso da bioacústica na observação de aves*. In Coelho, E. P. (Ed.), *Anais do II Encontro Nacional de Anilhadores de Aves*, UFRJ, Rio de Janeiro: p.98-121, 1987.

WHO. *Community noise*, Geneva, 1995.

WHO. *Guidelines for community noise*. Geneva, 1999

ZANDE, A.N. van der, KEURS, J. ter, WEIJDEN, W.J. van der. The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat-evidence for a long distance effect. *Biol. Conserv.*, v. 18 p. 299-321, 1980.

ZANNIN, P.H.T., DINIZ, F.B. Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. *Applied Acoustics*, v. 63, p. 351-358, 2002.

ZANNIN, P.H.T., FERREIRA, A.M.C., SZEREMETA, B. Evaluation of noise pollution in urban parks. *Environmental monitoring and assessment*, v. 118, p. 423-433, 2006.