



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA**  
**CENTRO DAS CIÊNCIAS EXATAS E DAS TECNOLOGIAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO PRODUZIDO PELO TRÁFEGO EM UM**  
**TRECHO DE VIA URBANA NA CIDADE DE BARREIRAS**

**FELIPE CARVALHO BOMFIM DE LIMA**

**BARREIRAS-BA**

**MAIO-2023**

**FELIPE CARVALHO BOMFIM DE LIMA**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO PRODUZIDO PELO TRÁFEGO EM UM  
TRECHO DE VIA DA CIDADE DE BARREIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal  
do Oeste da Bahia, como requisito à obtenção do grau  
de Engenheiro Civil.

Orientador(a): DSc. Oisy Hernández Menéndez

**BARREIRAS-BA**

**2023**

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

L732 Lima, Felipe Carvalho Bomfim de.

Avaliação do ruído produzido pelo tráfego em um trecho de via urbana na cidade de Barreiras. / Felipe Carvalho Bomfim de Lima. – 2023.

80f.

Orientador: Prof. Oisy Hernández Menéndez.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil.  
Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias.  
Barreiras, BA, 2023.

1. Nível de ruído. 2. Volume veicular. 3. Nível equivalente de pressão sonora. 4. Níveis estatísticos de ruído. I. Menéndez, Oisy Hernández. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia - Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. III. Título.

CDD 624

---


**FELIPE CARVALHO BOMFIM DE LIMA**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO PRODUZIDO PELO TRÁFEGO EM UM  
TRECHO DE VIA DA CIDADE DE BARREIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal  
do Oeste da Bahia, como requisito parcial à obtenção  
do grau de Engenheiro Civil.


Aprovada em 22 de maio de 2023

**Banca Examinadora**


Documento assinado digitalmente  
 OISY HERNANDEZ MENENDEZ  
Data: 14/06/2023 09:16:58-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador(a) : \_\_\_\_\_

DSc. Oisy Hernández Menéndez  
Universidade Federal do Oeste da Bahia

Documento assinado digitalmente  
 ELIER PAVON DE LA FE  
Data: 26/06/2023 22:01:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
Dr. Elier Pavon de La Fe  
Universidade Federal do Oeste da Bahia

Documento assinado digitalmente  
 NELSON PADRON SANCHEZ  
Data: 14/06/2023 09:48:43-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
D.Sc. Nelson Padrón Sánchez  
Progen Projetos Gerenciamento e Engenharia S.A

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, João e Viviane, que são tudo para mim.*

*Aos meu irmão, João Antônio, pelo apoio e amizade.*

*A minha noiva, Jaqueline, pelo companheirismo e amor.*

*Aos meus amigos de todas as horas, dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por sempre me manter de pé, com saúde e proteção

Aos meus pais, João e Viviane, por sempre me apoiarem nos meus sonhos e me proporcionar o suporte necessário para os meus estudos.

A minha noiva Jaqueline, por sempre me apoiar, me incentivar e nunca deixar eu desacreditar de mim mesmo; por todas as vezes que pensei em desistir, ela estava lá me dando suporte para que eu continuasse. Um dos motivos de eu estar terminando esse curso é graças a ela.

A todos os meus amigos, Pedro Augusto, Maciel, Matheus Urânio, João Victor Rego e Gabriel Afonso. Principalmente estes dois últimos que começaram o curso junto comigo. Sempre nos apoiamos, ajudando quando necessário nos conteúdos mais difíceis e horas de estudos na biblioteca que ficavam mais fáceis com eles ao meu lado.

A todos meus colegas de turma de engenharia de 2017.1, que de alguma forma me auxiliaram.

A minha orientadora Oisy Hernandez, por sempre me entender, me auxiliar com tudo que foi preciso para que eu conseguisse terminar esse TCC. Digo com toda certeza que foi graças a minha orientadora que consegui terminar esse trabalho com a maior tranquilidade e ver que, com paciência, aquilo que parecia impossível de ser feito, foi finalizado com sucesso.

Ao professor Elier, pelas ajudas para a conclusão deste trabalho, com suas dicas valiosas.

A todas aquelas pessoas, que de alguma forma me auxiliaram a terminar esse curso e me tornar quem eu sou hoje.

Ao Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias (CCET) da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), por ter proporcionado condições de desenvolver este trabalho.

## RESUMO

O crescimento exacerbado da frota de veículos, sem o devido desenvolvimento da infraestrutura viária na mesma proporção, fez com que surgissem problemas relacionados com acidentes de tráfego, mobilidade urbana e qualidade de vida das pessoas dentro dos centros urbanos, principalmente com altos níveis de ruído, os quais interferem na vida das pessoas que por ali passam ou moram. Diante disso, o presente trabalho avalia os volumes de tráfego e níveis de ruído gerados pela frota de veículos durante três horas consecutivas na interseção entre as ruas Av. Clériston Andrade e R. Dep. Vieira de Melo, situadas no município de Barreiras durante os horários de maior demanda. O nível de ruído foi medido em períodos de 5 segundos através de um aparelho medidor sonoro, afim de analisar os dados e verificar os níveis: equivalente de pressão sonora ( $L_{eq}$ ), estatísticos de ruído ( $L_{05}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  e  $L_{95}$ ) e os níveis máximos e mínimos obtidos durante o intervalo de 3h estudado. O levantamento do volume veicular foi realizado seguindo a metodologia do Manual de Estudos do Tráfego, em dois dias da semana. Observou-se um fluxo veicular composto majoritariamente por veículos leves e a respeito ao volume de Unidades de Carros de Passeio (UCP), o movimento 2 foi o que obteve o maior valor dentre os 3 movimentos. Foi possível verificar que o horário de máxima demanda foi das 07h:20min às 08h:20min e em relação aos níveis do ruído, percebeu-se que os maiores valores obtidos estão relacionados à falta de manutenção e idade dos veículos como também a média do ruído em ambos os dias são maiores que os permitidos pela lei na cidade de Barreiras-Bahia. Com isto, foram destacadas orientações quanto ao conforto acústico nas vias de transporte com níveis elevados de ruído.

**Palavras-chave:** Nível de ruído; Volume veicular; Nível equivalente de pressão sonora; Níveis estatísticos de ruído

## ABSTRACT

The exacerbated growth of the vehicles, without proper development of infrastructure in the same proportion, has led to problems related to traffic accidents, urban mobility and quality of life within urban centers, mainly because of high levels of noise, which interfere in the people's lives who pass by or live there. With that said, the present work evaluates the traffic volumes and noise levels generated by vehicles during three consecutive hours at the intersection between the streets Av. Clériston Andrade and R. Dep. Vieira de Melo, located in the municipality of Barreiras during peak hours. The noise level was measured in periods of 5 seconds through a sound measuring device, in order to analyze the data and verify the levels: sound pressure equivalent ( $L_{eq}$ ), noise statistics ( $L_{05}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  and  $L_{95}$ ) and the maximum and minimum levels obtained during the 3h range studied. The measurement of vehicle volume was also verified following the methodology of the Traffic Studies Manual, on two days of the week. There was a vehicular flow composed mostly of light vehicles and regarding the volume of Passenger Car Units (PCU), the second movement was the one that obtained the highest value among the 3 movements. It was possible to verify that the time of maximum demand was from 07:20 to 08:20 and in relation to noise levels, it was noticed that the highest values obtained are related to the lack of maintenance and age of the vehicles as well as the average noise on both days is greater than that allowed by law in the city of Barreiras - Bahia. Therefore, recommended actions were highlighted relating to acoustic comfort on transport routes with high levels of noise.

**Key-words:** Noise level; Vehicle volume; Sound pressure equivalent; Noise statistics.

## Lista de Figuras

Figura 1- Ruído Contínuo.....	7
Figura 2- Ruído intermitente .....	7
Figura 3-Ruído impulsivo.....	7
Figura 4-Escala Logarítmica .....	9
Figura 5-Fonte Linear.....	13
Figura 6- Barreira acústica com acrílico incolor .....	14
Figura 7- Barreira acústica com vegetação.....	14
Figura 8-Curvas isofônicas.....	15
Figura 9- Provas de ruído em aceleração.....	20
Figura 10- Procedimento de verificação do nível de ruído .....	20
Figura 11- Esquema de uma barreira acústica.....	24
Figura 12- Local de estudo com uma visão ampla da cidade.....	32
Figura 13-Local de estudo com uma visão mais restrita .....	32
Figura 14- Movimentos por acesso (croqui).....	34
Figura 15- Movimento por acesso (imagem no local).....	34
Figura 16-Levantamento de dados em campo (Esquema).....	35
Figura 17- Medidor sonoro Octava .....	36
Figura 18- Caixa, a qual contém o medidor sonoro, calibrador e o protetor de vento .....	37
Figura 19-Local da filmagem .....	38
Figura 20-Volumes horários do acesso 01 (Terça-Feira) .....	39
Figura 21-Volumes horários do acesso 01 (Quarta-Feira) .....	40
Figura 22– Dados dos ruídos da medição total na Terça-Feira .....	42
Figura 23– Dados dos ruídos da medição total na Quarta-Feira .....	43
Figura 24– Moto com problema na Descarga .....	43
Figura 25– Caminhão Antigo .....	43
Figura 26– Dados dos ruídos da hora pico na Terça-Feira.....	45
Figura 27– Dados dos ruídos da hora pico na Quarta-Feira.....	45
Figura 28– Nível de pressão sonora (Leq) – Terça Feira .....	46
Figura 29– Nível de pressão sonora (Leq) – Quarta Feira .....	47
Figura 30– Nível de pressão sonora (Leq) por dia de medição.....	47
Figura 31– Relação Leq Hora pico com o Limite diurno permitido (Terça-Feira).....	48
Figura 32– Relação Leq Hora pico com o Limite diurno permitido (Quarta-Feira).....	48
Figura 33- Relação Volume equivalente total e horário para o dia de terça-feira.....	49
Figura 34- Relação Volume equivalente total e horário para o dia de quarta-feira.....	49
Figura 35-Relação Volume equivalente por movimento –Terça-Feira .....	50
Figura 36- Relação Volume equivalente por movimento – Quarta-Feira .....	51
Figura 37- Porcentagem veicular (Terça-Feira) .....	52
Figura 38- Porcentagem veicular (Quarta-Feira).....	52
Figura 39– Relação Leq na Hora pico com Unidade de Carro de Passeio (Terça-Feira)....	53
Figura 40– Relação Leq na Hora pico com Unidade de Carro de Passeio (Quarta-Feira)..	54
Figura 41– Regressão Linear – Moto e Carro (Terça-Feira).....	54
Figura 42– Regressão Quadrática – Moto e Carro (Terça-Feira).....	55
Figura 43– Regressão Cúbica – Moto e Carro (Terça-Feira) .....	55
Figura 44– Regressão Linear – Moto e Carro (Quarta-Feira) .....	55
Figura 45– Regressão Quadrática – Moto e Carro (Quarta-Feira) .....	56
Figura 46– Regressão Cúbica – Moto e Carro (Quarta-Feira) .....	56

## Lista de Tabelas

Tabela 1- NBR 10.151 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB .....	19
Tabela 2- Nível de ruído para motocicletas e similares.....	21
Tabela 3- Limites de ruído para veículos novos.....	21
Tabela 4- Limites máximos de sons e ruídos persistidos .....	22
Tabela 5- Metodologias para medição de ruído ambiental.....	26
Tabela 6- Metodologias para medição do ruído ambiental .....	27
Tabela 7- Métodos manuais de contagem de volume.....	29
Tabela 8- Métodos automáticos de contagem de volume.....	30
Tabela 9- Características físicas e funcionais.....	33
Tabela 10- Interpolação para obtenção do fator equivalente para Van .....	40
Tabela 11- Comparação ruído via norma e via Software na Terça-Feira .....	44
Tabela 12- Comparação ruído via norma e via Software na Quarta-Feira .....	44
Tabela 13- Comparação ruído da medição total e Hora pico com base na Norma ISO 1996 na Terça-Feira.....	45
Tabela 14- Comparação ruído da medição total e Hora pico com base na Norma ISO 1996 na Quarta-Feira .....	46

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	5
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
<b>2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES.....</b>	<b>6</b>
2.1 RUÍDO.....	6
<b>2.1.1</b> DESCRITORES.....	8
<b>2.1.2</b> PROPAGAÇÃO DE ONDAS SONORAS .....	9
<b>2.1.3</b> CÁLCULO DO RUÍDO .....	11
<b>2.1.4</b> NÍVEIS DE RUÍDO.....	12
<b>2.1.5</b> NÍVEIS MÍNIMO E MÁXIMO DE RUÍDO.....	12
<b>2.1.6</b> NÍVEL SONORO DE PICO (LPEAK) .....	12
<b>2.1.7</b> A PROPAGAÇÃO DE RUÍDO EM RODOVIAS .....	13
2.2 AUDIÇÃO HUMANA.....	14
<b>2.2.1</b> EFEITOS DO RUÍDO SOBRE O HOMEM .....	15
2.3 LEGISLAÇÕES E NORMAS QUANTO À POLUIÇÃO SONORA .....	17
<b>2.3.1</b> NORMA ALEMÃ RLS-90.....	17
<b>2.3.2</b> LEGISLAÇÕES E NORMAS NO BRASIL .....	19
2.4 LEGISLAÇÕES DA CIDADE DE BARREIRAS .....	22
2.5 MEDIDAS DE CONTROLE DA EMISSÃO DE RUÍDOS .....	23
<b>2.5.1</b> BARREIRAS ACÚSTICAS .....	24
2.6 METODOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO DE RUÍDO AMBIENTAL .....	25
2.7 MÉTODOS PARA CONTAGEM MANUAL DE VEÍCULOS.....	28
<b>2.7.1</b> HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM 2000).....	28
<b>2.7.2</b> MANUAL DE SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIO (DNIT).....	29
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
3.1 LOCAL DE ESTUDO .....	31
3.2 SISTEMA DE LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO .....	35
<b>3.2.1</b> RUÍDO AMBIENTAL .....	35
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>42</b>
4.1 RUÍDO.....	42
<b>4.1.1</b> RUÍDO DO PERÍODO TOTAL DE MEDIÇÃO.....	42
<b>4.1.2</b> AVALIAÇÃO DO RUÍDO NA HORA PICO .....	44
<b>4.1.3</b> LIMITE ACEITADO EM NORMA .....	48
4.2 RESULTADOS DO VOLUME VEICULAR EQUIVALENTE TOTAL E DA HORA PICO .....	48
4.3 PORCENTAGEM VEICULAR .....	51
<b>4.3.1</b> CORRELAÇÃO RUÍDO E VOLUME DE VEÍCULOS .....	53
<b>4.3.2</b> ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS .....	54
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE A OU ANEXO.....</b>	<b>65</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição sonora é uma forma de poluição ambiental responsável por impactar negativamente tanto o meio ambiente quanto à qualidade de vida das pessoas (PAZ, 2004). A exposição ao ruído pode trazer como consequência problemas auditivos, entre eles, zumbido, perda de audição e sensibilidade aos sons intensos; como também problemas não auditivos, como: incômodo, irritabilidade, estresse, dificuldades de atenção e concentração e alterações do sono (SAMELI E FIORINI, 2011).

Durante a revolução industrial e o avanço das máquinas, as pessoas começaram a se aglomerar em cidades próximas das fábricas, as quais faziam muito barulho, bem como o ruído dos transportes que passavam ali próximo. O filósofo alemão Arthur Schopenhauer (1800) chamou essa união não harmônica de sons diversos de "tortura para intelectuais", defendendo que os pensadores precisavam de silêncio para realizar um trabalho adequado (MATTHEW JORDAN, 2018).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a poluição sonora é classificada em terceiro lugar como a poluição que mais impacta a população mundial, sendo considerada como um caso de saúde pública. Essa, além de prejudicar a saúde humana, também possui outros diversos tipos de impactos, como por exemplo a desvalorização de um imóvel, pois a busca por lugares com menor ruído está cada mais crescendo no mundo (PAZ, 2004).

Entretanto, outros tipos de poluição, como por exemplo a da água e do ar geralmente recebem mais atenção e cuidado do que a poluição, tendo em vista estas deixam traços de contaminação e seus efeitos são mais imediatos, entanto, a poluição sonora, os seus efeitos vão se implantando com o tempo (PIMENTEL-SOUZA, 1992).

Segundo PAZ (2004), o agente caracterizador da poluição sonora urbana é denominado ruído urbano ou ambiental, considerado um ruído complexo por ser composto por diversas parcelas de ruídos secundários, provenientes de fontes e atividades diferentes. Portanto, para eliminar ou reduzir o ruído é necessário intervir em cada parcela separadamente.

O tráfego veicular é a fonte de ruído que mais causa incômodos na maior parte dos países (Brüel & Kjør, 2001).

A grande concentração populacional e de produção exigiu meios de transportes mais rápidos e que conseguisse transportar maiores cargas e como consequência, originou-se ruídos com intensidades que são incompatíveis com a realização de tarefas de descanso e lazer (BRÜEL & KJÆR, 2001); (DEL CARLO, 1979).

Devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento dos centros urbanos, houve um considerável aumento da circulação de veículos automotores, os quais acarretaram em

diversos impactos nestes. Segundo Cruz (2006), estes impactos são: congestionamento, acidentes de trânsito, poluição sonora, poluição atmosférica, degradação da paisagem, degradação da qualidade de vida, degradação comunitária e rompimento nos relacionamentos sociais, utilização de espaços públicos prioritariamente por veículos, desconforto geral no uso dos espaços públicos pelo pedestre, gastos públicos: financeiro, humano, tecnológico e relativo ao espaço público.

A cidade de Barreiras é uma referência, consolidada como um importante centro de serviços no Oeste do estado da Bahia, aliados a uma produção e a uma industrialização crescentes, além de um comércio concentrado em torno do município (ILARIO, 2011). Diante disso, devido ao crescente número de habitantes e por consequência, o número de veículos, é notório o aumento dos diversos tipos de poluição, principalmente a poluição sonora, caracterizada pelo ruído urbano, como umas das principais poluições que mais impacta a vida urbana.

### **1.1 OBJETIVO GERAL**

O presente estudo visa avaliar a contaminação ambiental gerada pelo ruído de veículos em um trecho de via urbana na cidade de Barreiras-Ba.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar os níveis de ruído no trecho entre as ruas Av. Clériston Andrade e R. Dep. Vieira de Melo, situadas no município de Barreiras, e verificar se eles atendem ao nível de ruído máximo admitido para o conforto humano, utilizando o método de PALHARES, VECCI e PAVANELLO (1998);
- Determinar o fluxo veicular e o horário de máxima demanda no trecho em análise;

## 2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Para uma melhor compreensão dos temas a serem abordados neste trabalho, faz-se necessário apresentar as definições de ruído e suas especificações, propriedades acústicas das ondas sonoras e os seus efeitos sobre a saúde humana, bem como os métodos para reduzir o efeito das fontes de ruído do tráfego.

### 2.1 RUÍDO

O ruído é caracterizado tecnicamente pela ocorrência de várias amplitudes e frequências de forma não harmônica, ou de forma subjetiva como sendo qualquer distúrbio à tranquilidade, devido a efeitos auditivos (NEPOMUCENO,1968).

A propagação das ondas sonoras pode ser de forma harmoniosa ou incômoda. Através da propagação das ondas de forma harmoniosa, há a formação do som. Por outro lado, a propagação sonora de forma incômoda gera um ruído, ou seja, esses diversos movimentos oscilatórios se combinam e resulta em um movimento, cujas oscilações são desarmônicas. Entretanto, a concepção de ondas sonoras harmoniosas ou incômodas é subjetiva para cada indivíduo (GERGES, 2000; (KINSLER, 2007)).

Segundo a norma ISO (1996), o ruído é classificado como ruído ambiental, inicial, contínuo, intermitente e impulsivo, sendo estes definidos como:

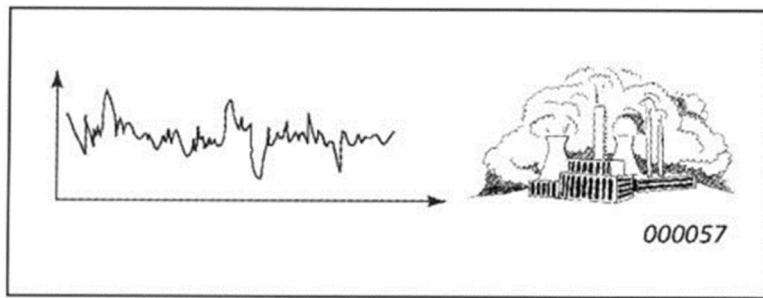
- **Ruído ambiental:** é o ruído de todas as fontes sonoras, situadas próximas ou afastadas, como o ruído de tráfego.

Segundo a WHO (2000), os principais exemplos de fontes de ruído ambiental incluem tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, indústrias, construções e a vizinhança. Destes, o ruído de tráfego representa a maior parcela da poluição sonora que afeta as pessoas nas cidades. Entretanto, existem outras fontes de ruídos que também incomodam bastante, como por exemplo a construção de edifícios, através dos equipamentos e automóveis utilizados na obra, podem gerar altas emissões de ruído, bem como dentro dos próprios edifícios, através de dispositivos mecânicos como elevadores, encanamentos hidráulicos, bombas, entre outros (MUZET, 2007).

- **Ruído inicial:** ruído existente antes da ocorrência de mudanças, como o estabelecimento de uma fábrica em uma determinada região ou a construção de uma barreira acústica

**Ruído contínuo:** ruído uniforme que varia menos de 5 dB ao longo do tempo, como ilustra a Figura 1.

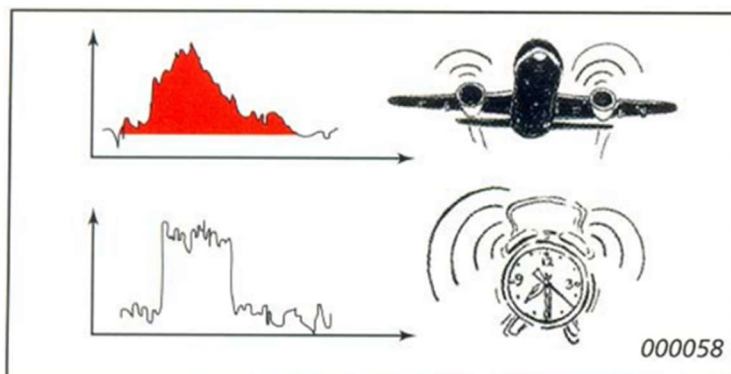
Figura 1- Ruído Contínuo



Fonte: Brüel & Kjær (2001)

• **Ruído intermitente:** ruído que persiste por mais de 1 segundo e é interrompido por mais de 1 segundo, como por exemplo o despertador ou as turbinas de um avião, como pode ser observado na Figura 2.

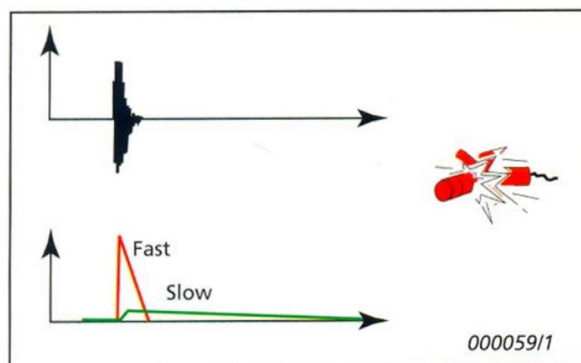
Figura 2- Ruído intermitente



Fonte: Brüel & Kjær (2001)

• **Ruído impulsivo:** ruído que sofre mudança de 40 dB ou mais em 0,5 segundos e persiste por menos de 1 segundo, como por exemplo o som de um tiro. A Figura 3 ilustra graficamente como este tipo de ruído se comporta.

Figura 3-Ruído impulsivo



Fonte: Brüel & Kjær (2001)

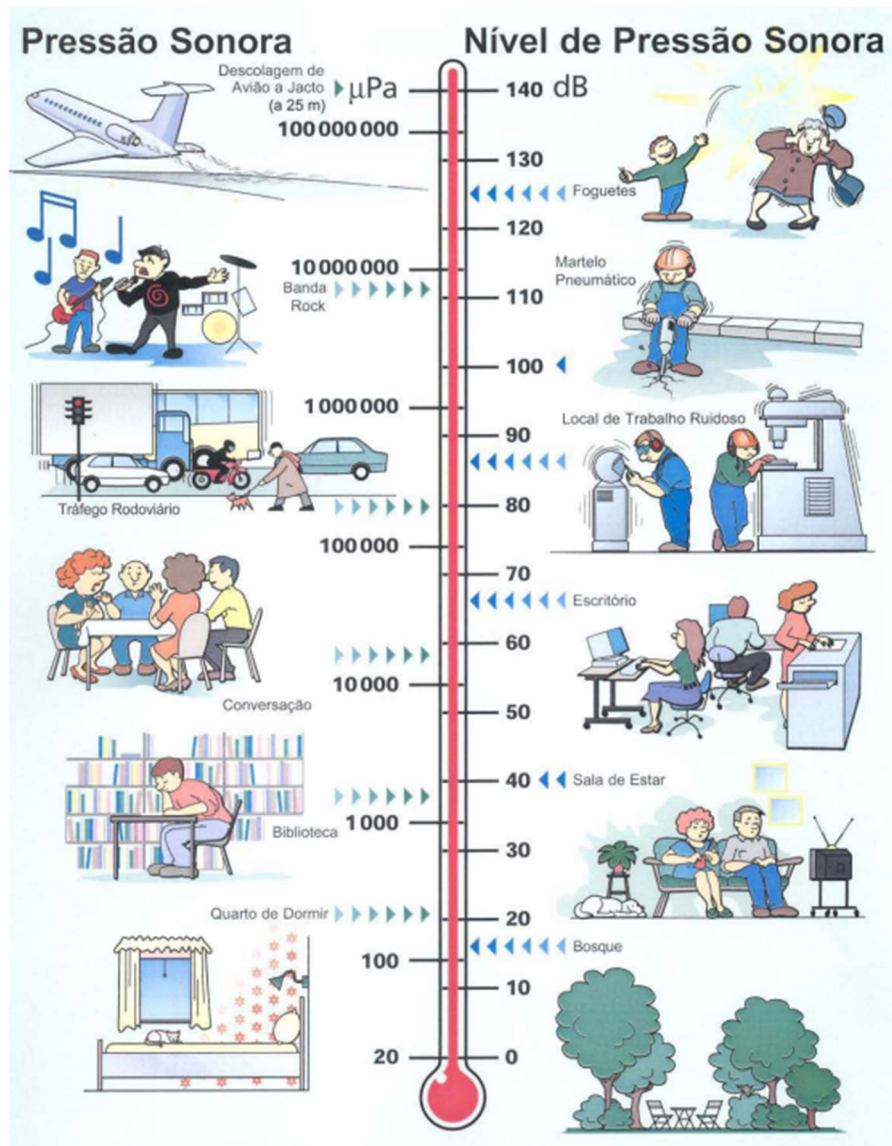
### 2.1.1 DESCRITORES

Segundo Casali (2000), “os descritores sonoros são utilizados para avaliar e regulamentar os vários efeitos do ruído, que compreendem não apenas o incômodo, mas o risco de dano à audição, interferência na fala e efeitos na saúde extra-auditivos”. Para a avaliação do ruído urbano, há normas e regulamentações, as quais se diferem de país para país, com o intuito de especificar quais parâmetros devem ser medidos e como configurar cada equipamento de medição, bem como a sua manipulação.

Um dos descritores sonoros utilizados é a escala logarítmica, a qual é utilizada para expressar os níveis sonoros, pois, devido ao ouvido humano responder à uma extensa faixa de níveis sonoros, desde o limite da audição até o limite da dor, torna-se, muitas vezes, difícil expressar ordens de grandeza em uma mesma escala linear. O limiar de audibilidade corresponde à pressão de  $0,00002 \text{ N/m}^2$  ou  $20 \mu\text{Pa}$  e o limiar da dor corresponde à uma pressão de  $200 \text{ Pa}$  (ROSSING et al., 2001).

Devido à grande variação, a pressão sonora é expressa através de grandezas logarítmicas. A escala logarítmica varia em um intervalo de zero a 200, e é representada pela unidade denominada de decibel (dB) (HASSAL & ZAVERI, 1979). Segundo o “Measuring Sound” de Brüel & Kjør (www.bksv.com), o decibel não é uma unidade absoluta de medida, mas sim a razão entre uma quantidade medida e um nível de referência aceito. A escala dB usa o limiar auditivo ( $20 \mu\text{Pa}$ ) como nível de referência, o qual é definido como **0 dB**. Um aspecto útil desta escala (Figura 4) é que esta demonstra uma melhor aproximação para a percepção humana da sonoridade relativa do que a escala Pascal, pois o ouvido reage de forma logarítmica à mudança de nível sonoro.

Figura 4-Escala Logarítmica



Fonte: Brüel & Kjær (2001)

Devido a escala logarítmica de decibéis, uma pequena variação dentro desta escala representa uma grande variação a escala que corresponde a unidade de pressão, sendo assim, as variações dentro dessa escala são bastante sensíveis.

### 2.1.2 PROPAGAÇÃO DE ONDAS SONORAS

Propagação é um movimento contínuo de partículas (vibração) que compõem um meio considerado ilimitado, o qual gera uma transmissão de energia. A forma que a transmissão assume é denominado de onda. Caso esta energia transmitida seja acústica, a

onda de propagação gerada é chamada de onda sonora, o qual dá origem a um determinado som ou ruído, de intensidade variável. (HARRIS, 1998).

O meio material necessário para a propagação dessas ondas sonoras geralmente é o ar, sendo, pois, classificado como uma massa vibrante (HARRIS, 1998; BIES & HANSEN, 2002). Portanto, pode-se afirmar que o som é produzido diretamente no ar (HASSALL & ZAVERI, 1979).

A velocidade de deslocamento das partículas está relacionada com a intensidade do som. Quanto mais intenso for o som, maior será esta velocidade. A velocidade de propagação da onda é denominada de velocidade do som (BIES & HANSEN, 2002).

Devido à influência das características da onda e do meio material onde ela se propaga, a propagação das ondas sonoras descreve certos fenômenos. Alguns destes fenômenos são: Difração, reflexão, transmissão, absorção, refração e Efeito Doppler (BERANEK, 1960).

O fenômeno de difração ocorre quando o comprimento da onda sonora em relação aos corpos presentes no meio de propagação é relativamente pequeno, sendo assim possível as ondas contornarem certos obstáculos. Ou seja, quando uma onda se choca com um obstáculo, o qual possui uma abertura, parte da onda que passa pelo espaço aberto alargam-se e atingem as regiões opostas ao obstáculo (HARRIS, 1998).

O fenômeno da reflexão ocorre quando uma onda sonora incide em uma superfície que separa dois meios distintos, ambos ilimitados e é retornado a energia ou parte da energia incidente ao meio de origem. Durante este fenômeno, há dois tipos de onda: uma onda transmitida e outra refletida. Caso toda a energia incidente for refletida, o processo é considerado equivalente, ou seja, as duas ondas terão a mesma frequência e amplitude, mas em sentidos contrários. Neste caso, as ondas são denominadas ondas estacionárias (BIES & HANSEN, 2002).

Quando parte da onda sonora incidente atravessa a superfície que separa dois meios distintos, tem-se o fenômeno denominado de transmissão. Entretanto, quando parte da onda sonora incidente é absorvida pelo material que constitui a parede do obstáculo, tem-se o fenômeno da absorção (BIES & HANSEN, 2002).

Refração é o fenômeno que ocorre quando a velocidade de propagação do som de um meio material varia devido à ação de um ou mais elementos que compõem o meio, como por exemplo, diante da ação do vento. Esta variação pode tanto crescer quanto diminuir a velocidade (NEPOMUCENO, 1968).

### 2.1.3 CÁLCULO DO RUÍDO

Para o cálculo do ruído, utilizam-se os conceitos de potência e pressão sonora. A potência sonora é a energia sonora aerotransportada total irradiada por uma fonte por unidade de tempo e a pressão sonora, por outro lado, é o resultado de fontes sonoras que irradiam energia sonora que é transferida para um ambiente acústico específico em um local específico. Podemos dizer que a potência sonora é a causa e a pressão sonora é o efeito (BRÜEL & KJÆR, 2001).

- **Nível de potência sonora ( $L_w$ )**

É a energia acústica emitida por uma fonte sonora, expressa em dB, independente das características do meio ambiente e definida por:

$$L_w = 10 \log_{10} \left( \frac{W}{W_0} \right) \quad (1)$$

Onde:

W= Potência acústica da fonte (W)

W<sub>0</sub>= Potência acústica de referência ( $10^{-12}$  W)

- **Nível de pressão sonora ( $L$ )**

É definido como:

$$L = 20 \log \left( \frac{P}{P_0} \right) \quad (2)$$

Onde:

P= Pressão acústica compreendida no intervalo das frequências audíveis sem nenhuma ponderação (N/m<sup>2</sup>)

P<sub>0</sub>=  $2 \times 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>

O nível de pressão sonora é a medida mensurada quando um microfone é colocado no campo sonoro (BRÜEL & KJAER, 1978).

- **Nível equivalente de pressão sonora ( $L_{eq}$ )**

O nível equivalente de pressão sonora é um nível constante médio que equivale, em termos de energia acústica, aos níveis variáveis do ruído durante o período de medição, expresso em decibel (dB) e dado por (SCHULTZ, 1972):

$$L_{eq} = 10 * \log \left\{ \left( \frac{1}{t} \right) * \left[ \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt \right] \right\} \quad (3)$$

Onde:

$L_{eq}$  = nível equivalente de pressão sonora [dB]

$t = (t_2 - t_1)$  = tempo total de duração [s]

$p(t)$  = pressão sonora instantânea

$p_0$  = pressão sonora de referência =  $2 \times 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>

#### 2.1.4 NÍVEIS DE RUÍDO

Os níveis estatísticos de ruído são níveis de pressão sonora que são ultrapassados durante uma determinada fração do tempo total de medição (BERANEK, 1993). A respeito dos estudos de ruído gerado pelo tráfego, os mais importantes são:

- 1)  $L_{10}$ , que representa o som que foi ultrapassado 10% do tempo total de medição, podendo ser considerado um som de curta duração ou de baixa intensidade, em relação a outros sons do ambiente;
- 2)  $L_{50}$ , que representa o som que foi ultrapassado 50% do tempo total de medição;
- 3)  $L_{90}$ , que representa o som que foi ultrapassado 90% da medição, podendo ser considerado um ruído de fundo do ambiente (SCHULTZ, 1972).

#### 2.1.5 NÍVEIS MÍNIMO E MÁXIMO DE RUÍDO

Em um dado ciclo de oscilações periódicas, o valor absoluto da pressão sonora instantânea pode assumir um valor mínimo ou máximo em relação aos outros eventos ocorridos durante este ciclo. Estes valores de pressão instantânea são denominados de pressão sonora máxima e pressão sonora mínima (HASSAL & ZAVERI, 1979).

Os níveis correspondentes a estas expressões são denominados de: 1) nível sonoro máximo ( $L_{máx}$ ), que seria o nível mais alto do ruído ambiental, ocorrido em uma dada posição, durante certo período de tempo, sendo utilizado junto com outros parâmetros para assegurar que um evento não excedeu um limite; e 2) nível sonoro mínimo ( $L_{mín}$ ), que seria o menor nível sonoro medido durante um intervalo de tempo (BRÜEL & KJAER, 2001).

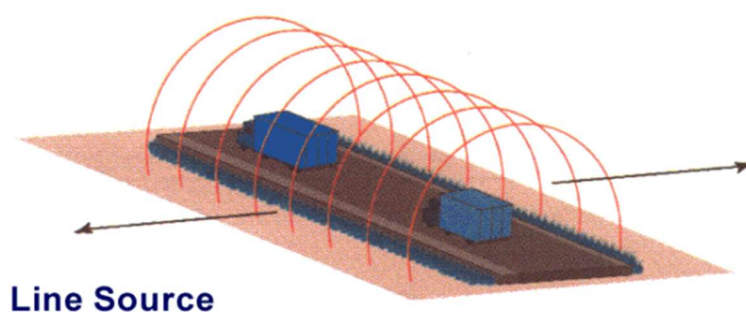
#### 2.1.6 NÍVEL SONORO DE PICO (LPEAK)

O nível sonoro de pico descreve o nível máximo absoluto registrado em uma posição durante um intervalo de tempo. É o pico absoluto do som contínuo (GERGES, 2000).

## 2.1.7 A PROPAGAÇÃO DE RUÍDO EM RODOVIAS

O tráfego de veículos em rodovias é considerado uma fonte linear, ou seja, uma fonte sonora estreita em uma direção e longa em outra, comparada à distância do ouvinte, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5-Fonte Linear



Fonte: IS 202 SECTION 300

O nível sonoro espalha-se de forma cilíndrica, de modo que o nível de pressão sonora seja o mesmo em todos os pontos na mesma distância da linha (BRÜEL & KJAER, 2001). Quando há mais de uma fonte de ruído, a soma de todos os níveis de ruído no ambiente é calculada de forma logarítmica (AVSAR e GONULLU, 2005). O ruído de tráfego, o qual é uma fonte linear, tem seu valor de ruído diminuído em 3 dB com o dobro da distância. A propagação do ruído de tráfego de forma cilíndrica pode ser calculada pela equação:

$$L_p = L_{p0} - 10 \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (4)$$

Onde:

$L_p$  = nível de ruído no receptor (dB)

$L_{p0}$  = nível de ruído na fonte (dB)

$d$  = distância entre a fonte e o receptor (m)

$d_0$  = distância do ponto medido à fonte (m)

As fontes de ruído de tráfego em rodovias são divididas em duas categorias: as que tem de origem do motor e do escapamento; e as que tem de origem do atrito entre os pneus e o pavimento (MURGEL, 1999; TARRIO, 1992). Destas categorias, os motores são os responsáveis pela maior parte do ruído emitido (BALBO, 1996).

Apesar da grande importância das rodovias, as preocupações com os impactos ambientais causados pelas mesmas e a devida incorporação nos projetos rodoviários, afim de reduzir

estes impactos, ocorreram somente no final da década de 1970 nos países desenvolvidos e no início da década de 1990 nos países da América Latina em geral (WAY, 1997; GIL, 1992). Segundo Balbo (1996), no passado, a ideia de considerar aspectos de controle de nível de ruído no projeto de rodovias nem passava pela cabeça das pessoas. Entretanto, nos dias atuais, estes aspectos são seriamente considerados em vários países desenvolvidos, através da utilização, por exemplo, de barreiras laterais (Figura 6 e 7) e pavimentos que absorvam parte do ruído.

Figura 6- Barreira acústica com acrílico incolor



Fonte: Portal Acústica, 2019

Figura 7- Barreira acústica com vegetação



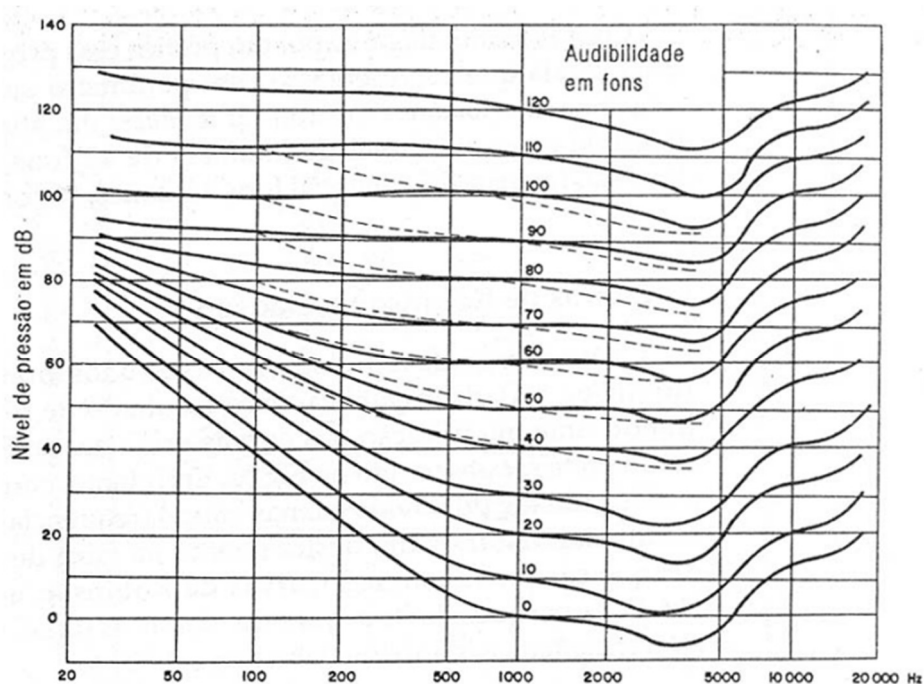
Fonte: Portal Acústica, 2019

## 2.2 AUDIÇÃO HUMANA

Estudos foram realizados para analisar a resposta do ouvido humano a sons puros de diferentes frequências, inicialmente propostos por Fletcher e Munson em 1993 e

posteriormente por Del Carlo (1979). Estes estudos geraram curvas chamadas de curvas isofônicas (Figura 8), as quais são frutos da média estatística de diversas experiências psicoacústicas realizadas. No eixo das abscissas estão representadas as frequências e no eixo das ordenadas, os níveis de pressão sonora. Segundo Nepomuceno (1994), estas curvas são contornos de igual audibilidade e expressam como a sensação subjetiva da intensidade de um tom puro varia com a frequência. De acordo com Del Carlo (1979), estas curvas tem um valor em fons que corresponde aos valores de níveis de pressão sonora em 1000 Hz ou  $2 \times 10^{-5}$  Pa. Este valor é adotado como valor de referência para 0 dB, o qual representa o limiar da percepção auditiva.

Figura 8-Curvas isofônicas



Fonte: Nepomuceno (1994)

Ao analisar as curvas, é possível perceber que o ouvido humano é mais sensível às frequências próximo de 4000 Hz.

### 2.2.1 EFEITOS DO RUÍDO SOBRE O HOMEM

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, cuja a sigla em inglês é WHO (2000), os efeitos na saúde que devem ser considerados em relação ao ruído ambiental são: interferência com a comunicação, perda auditiva induzida pelo ruído, efeitos de distúrbio do sono, efeitos cardiovasculares e psico-fisiológicos, efeitos de redução de desempenho e efeitos no comportamento social.

- **Fadiga Auditiva**

A fadiga auditiva ocorre quando há um estímulo sonoro, especialmente em alto nível de intensidade, que causa um deslocamento do limiar da audição, podendo ser temporário (Temporary Threshold Shift – T.T.S) ou permanente (Permanent Threshold Shift – P.T.S), resultando em lesão cóclea e, conseqüentemente, surdez (NEPOMUCENO, 1994).

Segundo a WHO (2000), além dos fatores que prejudicam a saúde das pessoas, há o fator social, o qual é afetado, devido ao ruído, que é a incapacidade de se entender a fala no cotidiano, fato que é considerado uma deficiência social grave.

- **Qualidade do sono**

Segundo Del Carlo (1979), as pessoas, as quais foram submetidas ao ruído do tráfego, têm perda na qualidade do seu sono, pois demoram mais para passar de um estágio do sono para outro. Os estágios do sono podem ser classificados como:

- I. Semi-acordado;
- II. Sono leve, sono profundo;
- III. Sono profundo pré-REM;
- IV. REM e diminuição
- V. Parada do REM (Rapid Eye Movement).

Conforme WHO (2000), um sono ininterrupto é um pré-requisito para um bom funcionamento fisiológico e mental das pessoas. Os primeiros efeitos da perturbação no sono são: dificuldade em adormecer e alterações nos estágios e profundidade de sono, principalmente na proporção de sono REM, o qual é a fase do sono na qual ocorrem os sonhos mais vividos. Del Carlo (1979) afirma que quando uma pessoa é acordada devido ao ruído, ocorre uma queda de qualidade no trabalho no dia seguinte devido à perda deste sono. Ruídos descontínuos, como freadas repentinas e buzinas, diminuem consideravelmente o nível de ruído que acorda o homem.

Segundo Pimentel-Souza (1992), o ruído com valores de até 50 dB (Leq) pode perturbar, mas é possível de se adaptar. A partir de 55 dB, o ruído provoca estresse leve, causando um desconforto. O estresse prejudicial ao organismo começa por volta de 65 dB, com desequilíbrio bioquímico, acarretando um aumento do risco de infarto, derrame cerebral infecções. Por volta de 100 dB, pode haver perda permanente da audição.

- **Interferência com a comunicação**

De acordo com Burgos (2016) com o aumento do ruído, isto passa a prejudicar o desempenho cognitivo e com isso, o processo de ensino-aprendizagem. Segundo a WHO

(2000), a compreensibilidade da fala, a qual é influenciada pela pronúncia, distância entre o locutor e o ouvinte, nível sonoro, a percepção auditiva e o nível de atenção, também sofrem devido à interferência do ruído. Para a fala ser compreendida com clareza, o nível de ruído de fundo não deveria exceder 35 dB.

De acordo com a WHO (2000), a interferência na comunicação devido ao ruído resulta em problemas de concentração, cansaço, falta de autoconfiança, diminuição da capacidade de trabalho, problemas em relação às relações pessoais, entre outros. As pessoas que são mais afetadas devido ao ruído são aquelas que já possuem alguma deficiência auditiva, os idosos, as crianças, as quais se encontram na fase de desenvolvimento da língua e as pessoas, cuja a língua materna é diferente do local que vivem.

Além disso, ainda segundo WHO (2000), o ruído ambiental pode abafar outros sinais acústicos importantes no cotidiano das pessoas, como por exemplo, o som da campainha, toque de celular, despertador, alarme de incêndio, entre outros.

### **2.3 LEGISLAÇÕES E NORMAS QUANTO À POLUIÇÃO SONORA**

Neste item, são descritos as principais legislações e normas utilizadas como embasamento para este trabalho.

#### **2.3.1 NORMA ALEMÃ RLS-90**

*Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen* – RLS (Diretrizes para o controle do Ruído em Rodovias) é uma norma oficial utilizada para predição do ruído em rodovias na Alemanha. Esta norma considera dados projetados para o tráfego, caso os dados reais não se conheçam, incluindo também o cálculo do ruído em estacionamento (DBV, 1990).

O algoritmo da RLS-90 estima que o nível de pressão sonora gerado pelo tráfego em uma rodovia longa, plana e com tráfego contínuo, em cada pista, é dado pela Equação 5 (DBV, 1990):

$$L_m = L_{m,e} + D_s + D_{bm} + D_b \quad (5)$$

Onde:

$L_{m,e}$  = nível equivalente médio de emissão

$D_s$  = atenuação devida à distância e absorção do ar

$D_{bm}$  = atenuação devida aos efeitos atmosféricos e do solo

$D_b$  = atenuação devida à topografia e às dimensões dos edifícios

Alguns estudos realizados no Brasil verificaram a aplicabilidade da norma alemã nas rodovias brasileiras, como por exemplo o estudo de Biasi *et al.* (2018) que concluíram que esta norma pode ser aplicada em estudos do ruído gerado pelo tráfego de veículos nas rodovias situadas dentro do perímetro urbano.

CALIXTO *et al.*, 2003).

Comentaram que os softwares desenvolvidos baseados nesta norma podem ser utilizados para o cálculo de níveis de emissão e imissão do ruído de tráfego de veículos em rodovias brasileiras. (Critério do U.S Department of Housing in Urban Development – HUD (Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano dos Estados Unidos).

O Departamento de Habitação e desenvolvimento Urbano é o órgão responsável pela coordenação nacional do planejamento urbano e pelo financiamento de projetos habitacionais nos EUA que classifica a qualidade acústica de uma área residencial em função de níveis de ruído (Quadros, 2004)

Segundo dados do Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano dos Estados Unidos (HUD, 2002), as faixas de níveis sonoros podem ser fixadas de acordo com o  $Leq$  da seguinte forma:

1.  $Leq \leq 49$  (claramente aceitável)
2.  $49 < Leq \leq 62$  (normalmente aceitável)
3.  $62 < Leq \leq 76$  (normalmente inaceitável)
4.  $Leq > 76$  (claramente inaceitável)

### **Norma ISO 1996**

A norma ISO 1996, “Acoustics: Description and measurements of environmental noise”, descrevem aspectos relacionados ao procedimento de cálculo e medição do nível de pressão sonora em ambientes externos e são tomadas pela Diretiva Europeia de Ruído como referência para a elaboração de mapas de ruído (González *et al.*, 2017)

A norma ISO 1996 propõe algumas correções que devem ser feitas nos valores dos níveis sonoros medidos, a fim de levar em conta os efeitos da reflexão em relação ao campo sonoro incidente na fachada. A regra faz uma distinção entre três casos (González *et al.*, 2017):

- Posição do microfone montado rente à superfície refletora: 6 dB
- Posição com o microfone localizado entre 0,5 e 2,0 m à frente da superfície refletora: 3 dB
- Posição de campo livre (condição de referência): 0 dB

### 2.3.2 LEGISLAÇÕES E NORMAS NO BRASIL

A NBR-10.151/2000, “ Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade”, fixa as condições exigidas para avaliar o ruído em comunidades, especificando um método para a medição do ruído (ABNT, 2000). Esta norma leva em consideração o local e o período do dia. A Tabela 1 mostra os níveis de avaliação para ambientes externos.

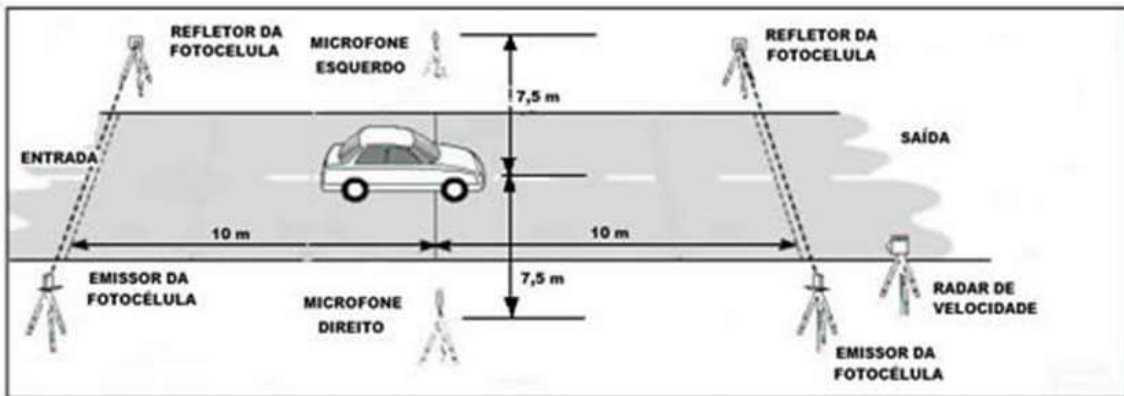
Tabela 1- NBR 10.151 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB

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

Fonte: NBR 10.151. (2000)

A NBR ISSO 362/2004 – Acústica: medição de ruído emitido por veículos rodoviários automotores em aceleração determina que, o controle de ruído de veículos novos seja realizado a partir da análise dos relatórios dos testes de ruído pelo IBAMA, agência ambiental do governo brasileiro, o qual é responsável pelo licenciamento de veículos. Caso esta análise esteja abaixo dos limites definidos, o órgão autoriza sua comercialização. A Figura 9 demonstra o esquema e os equipamentos utilizados na pista de prova de ruído em aceleração, de acordo com NBR ISSO 362. Segundo o teste “Pass-By Noise”, os fabricantes de automóveis certificam-se que seus veículos estão seguindo as normas de emissão de ruído.

Figura 9- Provas de ruído em aceleração



Fonte: CETESB (online)

A NBR 9714/2000, ‘‘Veículo rodoviário automotor: Ruído emitido na condição parado’’, define o ensaio, o qual é realizado afim de verificar o ruído emitido por veículos que não sejam novos. É admitido como limite o valor que consta no manual do proprietário, o qual é declarado pelo fabricante. De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo CETESB ([cetesb.sp.gov.br](http://cetesb.sp.gov.br)), caso o veículo seja inspecionado, o valor de ruído obtido não poderá ultrapassar o valor limitado do manual. Este procedimento faz com que o proprietário se certifique que seu veículo, especialmente o sistema de escapamento, mantenha-se nas condições semelhantes aos originais de fabricação.

Na Figura 10, é possível verificar o modelo do gabarito que é recomendado pela NBR 9714/2000, para o correto posicionamento do microfone e uma motocicleta sendo avaliada conforme o procedimento.

Figura 10- Procedimento de verificação do nível de ruído



Fonte: CETESB

A Tabela 2 demonstra os limites de ruído para motocicletas e similares, de acordo com sua categoria:

Tabela 2- Nível de ruído para motocicletas e similares

<b>Categoria</b>	<b>Nível de ruído – dB(A)</b>
Até 80 cm <sup>3</sup>	75
81 cm <sup>3</sup> a 125 cm <sup>3</sup>	77
126 cm <sup>3</sup> a 175 cm <sup>3</sup>	77
176 cm <sup>3</sup> a 350 cm <sup>3</sup>	80
Acima de 350 cm <sup>3</sup>	80

Fonte: CETESB (online)

A Tabela 3 mostra os limites de ruído em aceleração para veículos novos que estão atualmente em vigor:

Tabela 3- Limites de ruído para veículos novos

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>		<b>Nível de Ruído - dB(A)</b>		
			<b>Motor Ciclo Otto</b>	<b>Motor Ciclo Diesel</b>	
				<b>Inj. Direta</b>	<b>Inj. Indireta</b>
a	Veículo passageiro até 9 lugares		74	75	74
b	Veículo de passageiro com mais de 9 lugares; de carga; de tração ou de uso misto	PBT até 2000 kg	76	77	76
		PBT entre 2000 kg e 3500 kg	77	78	77
c	Veículo de passageiro ou de uso misto com PBT maior que 3500 kg	Potência máxima menor que 150 kW	78	78	78
		Potência máxima igual ou superior a 150 kW	80	80	80
d	Veículo de carga ou tração em PBT maior que 3500 kW	Potência máxima menor que 75 kW	77	77	77
		Potência máxima entre 75 Kw e 150 kW	78	78	78
		Potência máxima igual ou superior a 150 kW	80	80	80

Fonte: CETESB

## 2.4 LEGISLAÇÕES DA CIDADE DE BARREIRAS

A lei municipal Nº. 480, de 12 de abril de 1999, promulgada pela prefeitura de Barreiras, Bahia, que legisla sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora, como também impõe penalidades e dá outras providências, fixa os seguintes limites de emissão sonora:

- 1) De Segunda a Sábado, das 09 às 20 horas, em níveis que não ultrapassem a 60dB(A), medidos no interior do recinto onde se dá o suposto incômodo.
- 2) Aos domingos e feriados, em casos excepcionais, analisados pela SDE, das 10 às 14 horas, em níveis que não ultrapassem a 55dB(A) medidos no interior do recinto onde se dá o suposto incômodo
- 3) A Prefeitura Municipal concederá licença de funcionamento a indústrias de fabricação de morteiros, bombas, rojões, foguetes ou fogos de artifícios em geral, desde que os estampidos não ultrapassem o nível máximo de noventa decibéis (90 db), medidos na curva "C" do Medidor de Nível Sonoro, à distância de sete metros (7m) da origem do estampido ao ar livre, observando as disposições de policiais e regulamentares a respeito.
- 4) Apresentações musicais em geral, devidamente autorizados, em convenções, feiras e exposições, desde que, no período matutino, não ultrapassem os limites de 70dB (A), no período vespertino não ultrapassem os limites de 65dB (A) e, no período noturno, os limites de 60 dB (A). (Redação dada pela Lei nº [933/2011](#))
- 5) Sem prejuízo da aplicação cumulativa de outras penalidades impostas por lei e independentemente da exigência de qualquer situação atenuante, considera-se infração grave a emissão de sons e ruídos de 10 a 25dB (A) acima dos limites permitidos na Tabela 4 do Anexo I da legislação e infração gravíssima a emissão de sons e ruídos acima de 25 dB (A) dos limites permitidos na mesma tabela.

Tabela 4- Limites máximos de sons e ruídos persistidos

<b>LOCAL</b>	<b>MATUTINO</b>	<b>VESPERTINO</b>	<b>NOTURNO</b>
RESIDENCIAL	55 dB	55 dB	50 dB
DIVERSIFICADO	70 dB	65 dB	60 dB

Fonte: Prefeitura Municipal de Barreiras, Bahia (modificado)

É possível perceber que a Legislação Municipal de Barreiras apresenta um limite para **Leq** mais rigoroso do que o HUD, devido as seguintes condições locais: 1) más condições das vias urbanas; 2) baixa manutenção dos veículos; 3) circulação de veículos antigos; e 4) maus hábitos dos motoristas.

Caso haja mudanças favoráveis nas condições citadas a cima, poderia ocorrer uma modificação da legislação para um valor de limite Leq menos rigoroso.

## **2.5 MEDIDAS DE CONTROLE DA EMISSÃO DE RUÍDOS**

Existem diversas medidas de prevenção e advertência que podem ser aplicadas no controle da emissão de ruídos, a escolha delas está baseada na eficiência, no fator econômico e na popularização dentro da sociedade (HOBBS, 1998).

Segundo Murgel (1998), as medidas de controle de ruído de tráfego podem ocorrer de duas formas: 1) redução da fonte de ruído, através do controle da emissão sonora veicular; utilizar pavimentos com baixa rugosidade e absorventes e controle da velocidade do tráfego; e 2) limitação da transmissão sonora, por meios naturais, utilizando de fatores topográficos e da vegetação existentes, e por meios artificiais, através do uso de barreiras acústicas, por exemplo.

Valadares e Vecchi (2001), em um estudo conduzido na Estação Venda Nova em Belo Horizonte-MG, sugeriram que, para áreas que apresentam terminais de ônibus, a execução de medidas de controle através de meios artificiais, com intervenções somente na área que está gerando o ruído, neste caso, a estação estudada, apresentam uma melhor eficiência e uma melhor relação custo-benefício.

Zannin et al. (2003), em um estudo preliminar de impacto ambiental, referentes à implantação de um eixo de integração de transportes, algumas medidas amenizadoras, que poderiam ser aplicadas, são: instalação de redutores de velocidade, instalação de radares, aquisição de veículos para o transporte público que apresentem baixos valores de emissão de potência sonora, controle de qualidade da pista, manutenção da pista, controle da qualidade veicular e construção de barreiras acústicas.

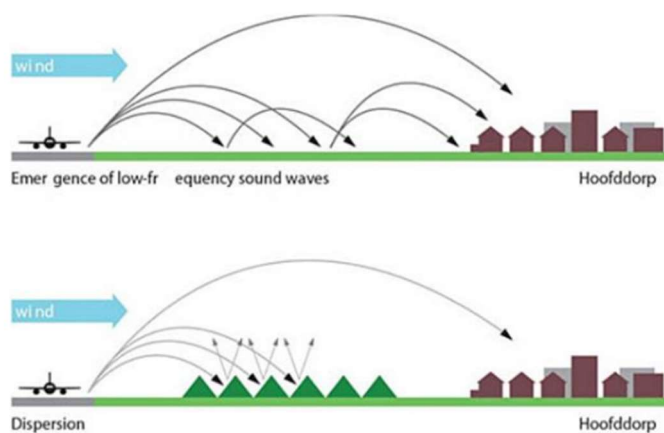
Manning e Harris (2003) sugerem a execução de barreiras acústicas com materiais absorventes, afim de obter um melhor desempenho em relação à medida de controle para grandes corredores viários. Entretanto, Hede (1998), acredita que o desenvolvimento de políticas públicas em relação ao ruído seria o primordial instrumento para o controle da poluição sonora em centros urbanos. Já para Sandberg (1987) e Golebiewski et al. (2003),

a medida ideal para a redução dos níveis de ruídos excessivos é a intervenção no pavimento.

### 2.5.1 BARREIRAS ACÚSTICAS

As barreiras acústicas são dispositivos artificiais, que tem a função de isolar o ruído provenientes do meio externo. Elas são instaladas em ambientes abertos, podendo reduzir o ruído que chega até as fechadas das edificações, como é possível observar na Figura 11. No Brasil, as barreiras acústicas ainda são pouco usadas e poucos estudos estão sendo feitos a respeito deste método de limitação da transmissão sonora (FERREIRA NETO e BERTOLI, 2002). Entretanto, na Europa, este método já está mais difundido, sendo utilizado inclusive com a combinação tratamento acústico e design visual. (KOTZEN e ENGLISH, 1999).

Figura 11- Esquema de uma barreira acústica



Fonte: Carneiro (2018)

As barreiras acústicas impedem a livre propagação do som, levando ao seu decaimento com mais intensidade do que ocorreria, caso não houvesse a sua utilização. As ondas sonoras, quando há contato com um obstáculo, parte de sua energia é refletida, parte transmitida e parte difratada (KOTZEN e ENGLISH, 1999).

Portanto, a barreira, a qual está situada entre a fonte e um receptor, torna-se uma resistência à propagação das ondas sonoras, e conseqüentemente, ao ruído. Além disso, há estudos que comprovam que o impedimento visual da fonte, a qual está gerando o ruído, pela barreira, causa efeitos psicológicos no receptor, trazendo uma sensação de redução de ruído, mesmo que não esteja realmente isolando o ruído (WATTS e MORGAN, 1996).

O grau de redução sonora de uma barreira depende de diversos fatores, como a sua localização, geometria e o material empregado (SAMUEL & ANCICH, 2002):

As barreiras acústicas além de ter o papel de isolar o ruído externo, também tem o fator visual que deve ser levado em consideração, pois, ao ser introduzido na paisagem urbana, deve-se atentar à poluição visual. Diante disso, o design das barreiras acústicas pode não ser voltado totalmente para ganho de eficiência, mas sim, uma busca por amenizar o impacto da poluição visual gerada (KOTZEN & ENGLISH, 1999).

Ferreira neto e Bertoli (2002), ao realizar análises experimentais com modelos de barreiras acústicas, verificaram que as barreiras de concreto e acrílico apresentaram o melhor desempenho em relação a perda e obstrução da fonte sonora. Além disso, por ser uma barreira maciça, mesmo sendo transparente, também contribui para a sensação de atenuação do sinal sonoro.

## **2.6 METODOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO DE RUÍDO AMBIENTAL**

Existem diversas metodologias para a medição do ruído ambiental, que variam com a escolha dos dias, horários e duração das medições de acordo com o objetivo de cada mapeamento. A Tabela 5 e a Tabela 6 apresentam as principais metodologias utilizadas para o mapeamento de ruído ambiental:

Tabela 5-Metodologias para medição de ruído ambiental

Número de Pontos	Dias de medição	Horários de medição	Duração das Medições	Fonte Bibliográfica
5 grupos com 10 pontos em cada	Medição constante durante 2 semanas.	24 horas por dia	Dados de hora em hora	ALBEROLA, FLINDELL e BULLMORE, 2005.
Malha triangular Distância entre os nós: 450m 28 pontos	Terças, quartas e quintas, exceto feriados	7:00 às 19:00	Medição contínua de 12h	NAGEM, 2004
* 5 pontos com monitores acústicos fixos	Medição constante durante todos os dias dos anos de 1998, 1999 e 2000.	24 horas por dia	Dados de hora em hora	BORTOLI e KRÜGER, 2003
* 17 pontos	Terças, quartas e quintas Dias típicos	14:00 às 16:00	4 medidas de 12 minutos para cada ponto	LOURA e VALADARES, 2003
* 14 pontos distribuídos em diferentes bairros	Dia de semana típico Terça, quarta e quinta-feira	24 horas de medição	Dados horários e de 15 em 15 minutos	MAIA e SATTLER, 2003
* Quadrícula de 400x400m		7:00 às 22:00 7:00 às 11:00 11:00 às 15:00 15:00 às 19:00 19:00 às 22:00	15 minutos de medição a cada hora	MORAES e LARA, 2003
* 9 pontos 250m um do outro	Dias úteis. Segunda à sexta-feira	Horário comercial 8:00 às 18:30 manhã 8:00-11:00 intermediário 12:00-15:00 tarde 16:00-18:00	30 minutos a cada hora	MORAES et al, 2003
* 22 no período diurno e 5 no período noturno	Dias úteis	11:40 às 13:40 21:00 às 23:00	10 em 10 segundos durante 2 horas calculados depois, de hora em hora	SOUZA, ANDRADE e CRUZ, 2003

Tabela 6- Metodologias para medição do ruído ambiental

Número de Pontos	Dias de medição	Horários de medição	Duração das Medições	Fonte Bibliográfica
	Todos os dias da semana	24 horas de medição	Intervalos de 1 minuto	RODRIGUES e CARVALHO, 2002
*		6:00 às 8:00 18:00 às 19:00 19:00 às 20:00 21:00 às 23:00	Amostra a cada 10 minutos 6 horas diárias	VALADARES e PAULA, 2000
*		8:00 às 9:00 11:00 às 12:00 19:00 às 20:00 22:00 às 23:00	Em cada hora 20 minutos de gravação 5,10 e 15 minutos	GAVINOWICH e RUFFA, 2000.
* Desvio de 6dB: 300m entre os pontos >6dB: pontos mais próximos <6dB: pontos mais dispersos	Dias com e sem movimento	Horário de pico em sua totalidade Medidas representativas dos períodos diurno e noturno	15 em 15s leitura instantânea durante 15 minutos 60 leituras por medida	MENDEZ e BASSO, 1998
* Lugares sensíveis		7:00 às 10:00 18:00 às 22:00 1:00 às 5:00	10 a 15 minutos de medição	BUCHI e NUÑES, 1998
* Malha triangular	Terças, quartas e quintas	7:00 às 9:00 17:00 às 19:00 Horário de pico	5 minutos	PALHARES, VECCI e PAVANELLO, 1998
*		7:00 às 11:00 manhã 18:00 às 21:00 tarde 00:00 às 3:00 noite	10 a 15 minutos	SUÁREZ e PÉREZ, 1998
*	Dias com e sem movimento	8:00 às 14:30 17:00 às 21:00 00:00 às 04:00	10 minutos durante todas as horas	DIAZ et al, 1998
*	Sábado-diurno Sábado-noturno Terça / quinta-noturno	3 horários em cada ponto	3 medidas de 5 a 15 minutos em cada ponto	SATTLER, 1998
* Malha triangular: 10 a 1000m entre os nós	Terça, quarta e quinta sem feriados	Horário de pico		PALHARES et al, 1996
* Malha triangular: 500 a 2000m dependendo da densidade da população	Dias úteis	Durante o período diurno	Medições de curta duração	COELHO, VALADAS e GUEDES, 1996

Fonte: (NAGEM, 2004)

O planejamento da pesquisa baseado nos princípios estatísticos garante ao pesquisador extrair do sistema em estudo o máximo de informações úteis, fazendo uma quantidade mínima de experimentos (NETO, SCARMINIO E BRUNS, 2001). A amostra deve ser

escolhida, conciliando a disponibilidade de tempo, dinheiro. A escolha dos dias da semana para a medição depende do objetivo do mapeamento, pois, algumas vezes é analisado os dias com e sem movimento ou somente dias úteis. Realiza-se também, por vezes, medições em dias típicos, como por exemplo apenas nas terças, quartas e quintas-feiras sem feriado (NAGEM, 2004).

Em relação aos horários de medição, estes são escolhidos de acordo com a característica do ambiente e das fontes sonoras em estudo. Algumas vezes, escolhe-se realizar as medições nos horários de pico. Ao depender da finalidade e da disponibilidade de tempo e equipamentos, algumas medições são realizadas em períodos maiores de tempo que correspondem à maior parte do dia (NAGEM, 2004).

## **2.7 MÉTODOS PARA CONTAGEM MANUAL DE VEÍCULOS**

O tráfego veicular, por ser a fonte de ruído que mais causa incômodos na maior parte dos países, saber a quantidade de veículos, que no trecho em análise passaram, é de grande importância para determinar o ruído do local. Diante disso, diversas metodologias são abordadas para a contagem manual de veículos, afim de calcular o fluxo veicular do trecho analisado. Entre elas, serão abordados dois manuais, sendo eles:

- Highway Capacity Manual (HCM 2000)
- Manual de Sinalização Rodoviária (DNIT)

### **2.7.1 HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM 2000)**

Segundo Cal, Spíndola e Grisales (1994), os critérios do HCM para a contagem do fluxo veicular é usualmente expressa em unidades de Carro de Passeio (UCP) por hora, através de conversões dos diversos veículos que compõem a frota em unidades equivalentes de carros de passeio. Através do volume veicular com suas devidas composições (Bicicleta, moto, carro, caminhão, ônibus e carreta), e com o auxílio dos fatores equivalentes é possível transformar toda a composição da frota em UCP, de acordo com (Transportation Research Board, 2000), através do produto entre cada tipo de veículo pelo seu respectivo fator equivalente. O volume veicular final é resultado do somatório de todas as composições equivalentes. Margon e Basílio (2010), por exemplo, utilizam na sua pesquisa esse método de contagem para determinar o fluxo veicular na rodovia BR 153, na cidade de Goiânia.

## 2.7.2 MANUAL DE SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIO (DNIT)

A avaliação do volume do fluxo de tráfego por meio deste método é realizada através de volumes médios de um dia representativo da semana que se escoam pela interseção em um período de oito (8) horas, no qual esta consideração é ajustada tanto para rodovia como para as vias secundárias (DNIT, 2006).

Segundo DNIT (2006), há ainda outros métodos para contagem de volume, tanto manuais quanto automáticos. A Tabela 7 e Tabela 8 apresentam os principais métodos e o seus respectivos níveis de precisão.

Tabela 7-Métodos manuais de contagem de volume

I – Usando Contadores Manuais			
Método	Nível de Precisão	Variações aceitáveis	Observações
(1) - Contagem durante 1 hora, em um dia de semana, entre 9 a.m. e 6 p.m.	D	A contagem pode ser estendida	
(2) - Contagem em um dia de semana, de 6 a.m. até 10 p.m.	C ou D		
(3) - Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. de 5ª Feira até Domingo	C	Pode ser estendida para dias incluindo 2ª Feira	Para a semana use 5 x 5ª + Sábado + Domingo
(4) - Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. em 7 dias consecutivos	C		
(5) - Métodos (1) a (4) em 4 vezes (6) - em intervalos de 3 meses (7) - (usando para (1) e (2) diferentes horas (8) - e dias)	C C B B	O número de vezes pode ser 2,3 ou 6 em vez de 4, alterando de forma semelhante o espaçamento	Calcule os totais de cada semana e então a média das 4 semanas
(9) - Contagem das 6 am às 10 pm de 52 em 52 dias durante 1 ano (7 contagens)	B		Estes métodos são de grande utilidade quando se tem que contar em vários pontos de uma mesma área. Podem ser feitas variações para atender a condições especiais
(10) - Contagem das 6 am às 10 pm de 26 em 26 dias durante 1 ano (14 contagens)	A ou B		
(11) - Contagem das 6 am às 10 pm de 13 em 13 dias durante 1 ano (28 contagens)	A		
(12) - Como em (9), mas divida o trecho do dia de interesse em 7 partes iguais (p. ex 2 horas. Em cada uma das 7 contagens conte uma parte, na ordem 1,4,7,3,6,2,5	C	Pode variar a parte em que inicia a contagem, mantendo a ordem, como 4,7,3,6,6,5,1, ou 3,6,2,5,1,4,7	
(13) - Como em (10) mas divida o trecho do dia de interesse em 14 partes iguais (por ex. 14 partes de 1 hora) e conte sucessivamente as partes 1,4,7,10,13,2,5,8,11,14,3,6,9,12	C		
(14) - Como em (11) divida o trecho do dia de interesse em 14 partes iguais e conte sucessivamente as partes 1,6,11,2,7,12,3,8,13,4,9,14, e então repita este ciclo	B		

Fonte: DNIT

Tabela 8-Métodos automáticos de contagem de volume

<b>II – Usando Contadores Automáticas</b>			
Método	Nível de Precisão	Variações aceitáveis	Observações
(1) - Contagem contínua durante uma semana	C		
(2) - 4 contagens contínuas de uma semana em intervalos de 3 meses	B	Substitua 4 contagens por 2, 3, ou 6, em intervalos adequados	
(3) - Contagem contínua durante um ano	A		

Fonte: DNIT 2006

No caso de estudo de capacidade, devem ser obtidos os volumes de pico que caracterizam o local. A amostra mínima desejável é aquela que representa o fluxo de um dia útil, no pico da manhã e da tarde, obtida por contagem de 2 a 4 horas em cada um dos períodos. Esta amostragem já é suficiente, pois o fluxo médio não costuma variar muito de um dia para outro. Caso deseje uma maior precisão, pode-se obter o fluxo através da contagem de vários dias úteis, extraindo-se o valor médio do período (DNIT, 2006).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Neste capítulo são apresentados os materiais e métodos utilizados para o levantamento de dados, tanto para determinar o fluxo veicular, através do método de contagem manual de veículos, bem como avaliar os níveis de ruídos do trecho em análise, por meio do aparelho medidor sonoro. Em adição, são feitos alguns comentários acerca do motivo da escolha dos mesmos, bem como das limitações encontradas.

#### **3.1 LOCAL DE ESTUDO**

O local de estudo da pesquisa (Figura 12 e na Figura 13) encontra-se na esquina entre as ruas Av. Clériston Andrade e R. Dep. Vieira de Melo, situada no município de Barreiras, sendo este considerado o mais populoso da região oeste da Bahia.

A escolha deste local de estudo foi motivada:

- Pela concentração da quantidade de veículos neste trecho durante diversos horários do dia, principalmente nas horas de pico;
- Pelo tamanho satisfatório da via, sendo possível posicionar o tripé a uma certa distância, afim de realizar a contagem manual dos veículos;
- Pelo pavimento da via estar em boas condições e haver desvio neste trecho com acesso à BR 242, pois, devido ao desvio, há uma redução da velocidade, sendo possível mensurar o ruído com mais facilidade, além de ajudar na contagem manual dos veículos;
- Haver uma quantidade considerável de pessoas passando a pé por ele, sendo possível medir o impacto real na população devido ao ruído dos veículos que ali passaram.

Figura 12- Local de estudo com uma visão ampla da cidade.



Fonte: Autor

Figura 13-Local de estudo com uma visão mais restrita



Fonte: Autor

De acordo com o Plano diretor Urbano de Barreiras (Prefeitura Municipal de Barreiras, 2004), a Avenida Clériston Andrade e a BR 242 são classificadas como via arterial e os demais acessos próximos são considerados como sistema secundário. As características físicas e funcionais da via arterial e secundária são apresentadas na Tabela 9, onde é possível identificar, para o trecho em estudo, parâmetros como velocidades diretrizes

mínimas, de acordo com a classificação; número mínimo de faixas por sentido; largura mínima de faixa de estacionamento, entre outros.

Tabela 9- Características físicas e funcionais

	UNIDADE	ARTERIAL (1)	SECUNDÁRIA (COLETORA)
Velocidade Diretriz Mínima	km/h	80	60
Número mínimo de Faixas por sentido	un	2	2 ou 1
Faixa externa de segurança	m	0,40	-
Faixa interna de segurança	m	0,40	-
Largura mínima do canteiro central	m	5	2
Largura mínima da faixa de rolamento	m	3,5	3,5
Faixa total de domínio	m	40/41	15/18
Ralo mínimo de curva	m	150	90
Largura mínima do passeio	m	3,0	2,5
Parada de ônibus		Com baía	Com baía
Estacionamento		Não admitido	Sob controle
Acesso às propriedades adjacentes		Através da VM	Direto e através da VM
Largura mínima de faixa de estacionamento	m	2,5	2,5
Travessa de pedestre		Passagem em desnível ou travessia em nível	Travessia em nível
Controle de tráfego nas interseções		Passagem em desnível ou cruzamento regulamentado	Cruzamento regulamentado
Via Marginal (VM)		Obrigatória	Obrigatória nos trechos onde as condições geomorfológicas permitirem.

Fonte: Prefeitura Municipal de Barreiras (2004)

Na Figura 14 se apresenta um croqui, com os possíveis movimentos a serem realizados pelos veículos ao passar pelo trecho em estudo e a Figura 15 mostra os possíveis movimentos utilizando a imagem do local.

Figura 14- Movimentos por acesso (croqui)



Fonte: Autor

Figura 15- Movimento por acesso (imagem no local)

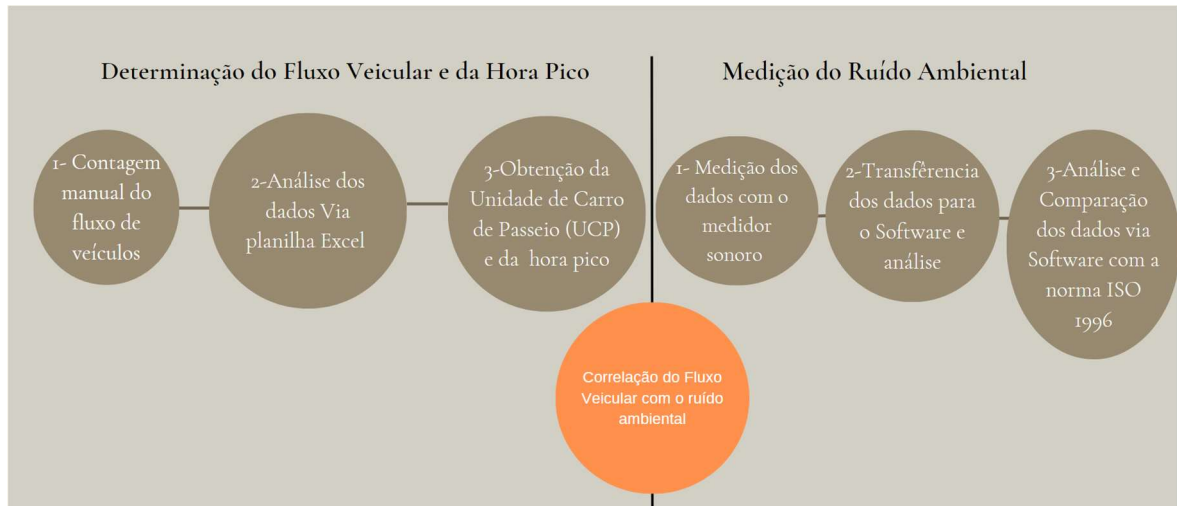


Fonte: Autor

## 3.2 SISTEMA DE LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO

Após a escolha do local, procedeu-se a determinação do ruído ambiental e do fluxo de veículos no trecho em estudo. Para isso, foi feito um croqui para um melhor entendimento de como ocorreu os levantamentos de dados (Figura 16)

Figura 16-Levantamento de dados em campo (Esquema)



Fonte: Autor

### 3.2.1 RUÍDO AMBIENTAL

Inicialmente determinou-se os dias, horários e a duração das mesmas. Esta escolha levou em conta o tempo, equipamento e a disponibilidade de pessoal.

Como mostra a Tabela 5 e a Tabela 6, existem diferentes metodologias para a medição do ruído ambiental, que variam a escolha dos dias, horários e duração das medições de acordo com os propósitos de cada mapeamento.

Como um dos objetivos desta pesquisa foi analisar o nível de ruído ao longo do trecho em análise, foram feitas as medições do ruído ambiental, baseado no método de PALHARES (1996), o qual sugere que as medições sejam feitas na terça, quarta e quinta-feira, sem considerar os dias com feriado, realizadas em horários de pico. Entretanto, foram feitas adaptações neste método, sendo que, nesta pesquisa, foram realizadas medições em dois dias úteis (terça-feira e quarta-feira), nos horários das 06:20 às 09:20, pois estes configuram as situações de maior fluxo veicular na cidade de barreiras (Silva Oliveira, 2018).

#### 3.2.1.1 PROCEDIMENTOS

A seguir são apresentados os procedimentos utilizados para realização das medidas das grandezas acústicas.

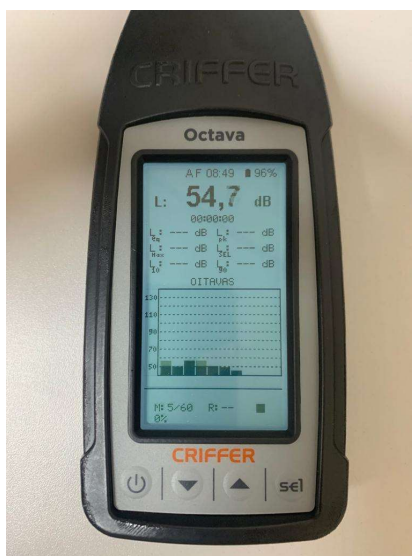
- **Medições de grandezas acústicas**

As medições foram feitas baseadas nas recomendações NBR 10151 (Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento):

- Todos os valores medidos em nível de pressão sonora foram aproximados ao valor inteiro mais próximo
- As medições foram efetuadas em pontos afastados próximo de 1,20 m do piso e no mínimo 2 m de quaisquer outras superfícies refletoras como por exemplo muros e paredes.

As medições sonoras foram realizadas com a utilização do medidor sonoro modelo Octava da marca Criffer, conforme é apresentado na Figura 17.dro

Figura 17- Medidor sonoro Octava



Fonte: Autor

O medidor sonoro utilizado possui medições sonoras abrangentes, detalhadas em bandas de oitava ou terças. Dentre os parâmetros que este aparelho possui como opção de configuração, como também os dados fornecidos através do seu do *Software* CrifferSuite, temos: nível de pressão sonora, nível contínuo equivalente, nível de pico, níveis percentuais, nível de exposição sonora, ponderações em frequências (A, C e L) e tempo de resposta (lento, rápido e impulsivo).

Segundo Scholes et al (1971), para medir-se uma boa correlação entre os efeitos subjetivos do ruído de tráfego e a insatisfação das pessoas, é necessário considerar tanto os níveis de ruídos contínuos como os níveis de pico. Neste sentido, preferiu-se por medir o nível contínuo de pressão sonora equivalente, ponderado em A, os níveis de pressão sonora,

máximo e mínimo, e os níveis estatísticos L05, L10, L50, L90 e L95. O tempo de medição foi fixado em 3 horas (nos horários das 06:20 às 09:20) e foram realizadas no modo de resposta rápido. A faixa de tempo para as tomadas de medição foram a cada 5 segundos.

O medidor de ruído foi calibrado antes do início e no final do período de cada medição, para assim reduzir o máximo de interferências externas, pois, segundo Brüel e Kjær (2001), a calibração deve ser sempre feita em campo, pois fazê-la bem antes das medições não faz sentido. Utilizou-se o calibrador que acompanha o medidor sonoro na caixa.

E por fim, através do *Software* CrifferSuite, foi possível transferir os dados armazenados pelo medidor sonoro para o notebook, para assim analisar todos os dados dos ruídos captados pelo aparelho e realizar uma comparação direta dos resultados com a norma ISO 1996).

Figura 18- Caixa, a qual contém o medidor sonoro, calibrador e o protetor de vento



Fonte: Autor

Todas as medições foram realizadas em boas condições meteorológicas, ou seja, sem chuva e vento forte, para assim medir o real ruído provocado pelo fluxo veicular, sem interferências climáticas.

Em adição, foram calculados o  $Leq$  através da norma ISO 1996 e os índices estatísticos através da Equação 6:

$$Li = L \left[ 100 - \left( \frac{m-1}{N} \right) * 100 \right] \quad (6)$$

- **Contagem manual dos veículos**

Para a contagem manual dos veículos, a metodologia utilizada foi a descrita no Manual de Estudos do Tráfego (DNIT, 2006). Aderindo ao método de gravação por uma câmera, que posteriormente, com o auxílio de um notebook, foi efetuado uma contagem mais precisa do número de veículos durante o intervalo de tempo pré-determinado.

Através dos volumes de veículos com suas devidas composições, foi possível transformar toda a composição de veículos em Unidade de Carro de Passeio (UCP), de acordo com *Transportation Research Board* (2000), através do produto entre cada tipo de veículo e seu respectivo fator equivalente, sendo o volume veicular final a somatória de todas as composições equivalentes.

O procedimento de filmagem foi realizado por meio de uma câmera, de acordo com a metodologia de DNIT (2006) fixado em um tripé na esquina entre a rua Dep. Vieira de Melo e a Avenida Clériston Andrade, conforme o esquema da Figura 19.

Figura 19-Local da filmagem



Fonte: Autor

As filmagens foram realizadas nos mesmos dias e horários das medições do ruído ambiental, ou seja, terça-feira e quarta-feira, das 06:20h até 9:20, totalizando um período de três horas por dia de medição, segmentados em intervalos de 5 minutos, com o intuito

de avaliar também a correlação que existe entre a quantidade de veículos e o nível de ruído médio do local.

Após a filmagem dos dois dias de medição, com o auxílio do notebook e a utilização de uma planilha do Excel, determinar determinou-se o horário de pico, o qual corresponde ao horário de maior volume de veículos no período de uma (1) hora e o seu respectivo volume veicular final.

A determinação da hora pico ocorreu através da divisão por tipo de veículo, apresentando um total do número de veículos, como também a quantidade de veículos leves e pesados em um intervalo de 5 minutos. As Figuras 19 e 20 exemplificam as planilhas do Excel que foram utilizadas para determinar os volumes dos veículos por acesso.

Figura 20-Volumes horários do acesso 01 (Terça-Feira)

		CONTAGEM DE VEÍCULOS																														DATA DE CONTAGEM: 12 / 07 / 2022 (MANHÃ)					
		Esquina entre as ruas Av. Clériston Andrade e R. Dep. Vieira de Melo																																			
		Nº DO MOVIMENTO: 01																																			
		ASSINATURA DO OPERADOR(A): _____																																			
TIPO DE VEÍCULO		06 : 20 às 07 : 20 Hrs												07 : 20 às 08 : 20 Hrs												08 : 20 às 09 : 20 Hrs											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
CARRO		3	7	5	5	7	10	9	22	26	33	27	41	53	40	58	41	45	50	52	32	24	35	33	31	29	32	18	28	25	27	25	32	24	19	18	12
CAMINHÃO						1		2	1		4					1	2	1		1	2	2		5		3	1		1	1	1	2	1		1	1	1
CARRETA														2	2			1					1												1		
ÔNIBUS		1		1		2		1	1	3		2				1						1	1				1	2							1		1
BICICLETA		3		1	7	2	4	4		1	1	1		1	1	2	1	2			1				1	4		3	1	1	1						
VAN			1		1		1			1	1	3	1	1		1			1	3	2		3	2	1				3	1	1		1	2			1
TOTAL		13	12	8	20	22	29	28	33	42	52	49	58	80	62	92	69	93	87	93	61	44	56	55	51	50	48	35	41	39	41	33	44	41	36	27	31
T.LEVES		13	11	8	19	22	26	28	30	40	49	45	56	78	62	90	67	91	86	92	60	41	53	54	46	50	44	34	39	38	39	32	42	40	34	26	29
T.PESADOS		0	1	0	1	0	3	0	3	2	3	4	2	2	0	2	2	2	1	1	1	3	3	1	5	0	4	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Fonte: Autor

Figura 21-Volumes horários do acesso 01 (Quarta-Feira)

		CONTAGEM DE VEÍCULOS																		DATA DE CONTAGEM: 13 / 07 / 2022 (MANHÃ)																	
		Esquina entre as ruas Av. Clériston Andrade e R. Dep. Vieira de Melo																																			
		Nº DO MOVIMENTO: 01																		ASSINATURA DO OPERADOR(A): _____																	
TIPO DE VEÍCULO		06 : 20 às 07 : 20 Hrs												07 : 20 às 08 : 20 Hrs												08 : 20 às 09 : 20 Hrs											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
CARRO		14	8	12	10	3	13	13	24	24	43	31	44	46	36	46	33	43	33	46	33	36	21	34	23	22	23	13	23	34	36	22	20	21	13	32	
CAMINHÃO		1			1			1	1	1		1					2		1	1		5	2	1	1	2		3	1		1	2	1	1	1		
CARRETA										1										1						1	1				1						
ÔNIBUS					1		1	1				1	1	1			1						1			1		1	1							1	
BICICLETA		2		1	2	5	1	2	2	4		4	6	1	1	2	3	1	1							2	1		2	3	1						
VAN		2			1	1				1	1	1		3		1	2		1		1	1	1	1		3	1			1	2	1		2		1	
TOTAL		24	12	17	26	24	26	29	42	46	57	42	71	59	83	75	62	87	88	99	101	57	60	44	50	45	43	46	33	48	56	47	41	33	33	31	40
T.LEVES		23	12	17	24	24	25	27	41	44	56	41	70	58	83	75	62	84	88	98	99	57	55	41	49	43	40	45	30	46	55	46	38	32	32	31	38
T.PESADOS		1	0	0	2	0	1	2	1	2	1	1	1	1	0	0	0	3	0	1	2	0	5	3	1	2	3	1	3	2	1	1	3	1	1	0	2

Fonte: Autor

Após a determinação do volume veicular, transformou-se em Unidade de Carro de Passeio (UCP), de acordo com Transportation Research Board (2000), multiplicando cada tipo de veículo pelo seu respectivo fator equivalente. Entretanto, dentre estes fatores, não há a tipologia “Van” e é sabido que a Van possui um tamanho e um peso diferente da tipologia “Carro”, e como consequência, irá interferir no valor final da UCP. Neste sentido, realizou-se uma interpolação, conforme é apresentado na Tabela 10, obtendo um fator de equivalente para a Van de 1,43.

Tabela 10- Interpolação para obtenção do fator equivalente para Van

Veículo	Peso (Kg)	Fator
Carro	1450	1
Van	5000	1,43
Carreta	9750	2

Fonte: Autor

- **Correlação ruído e volume de veículos**

Para a correlação entre o nível de ruído médio do local e o volume de veículos equivalentes, dividiu-se a análise em três intervalos de tempo:

- 6h:20min-7h:20min
- 7h:20min-8h:20min (Hora Pico)
- 8h:20min-9h:20min

Em seguida, utilizando a norma ISO 1996 como base, calculou-se o Leq (dB) de cada um destes intervalos de tempo e posteriormente, verificou-se se com o aumento do volume de veículos equivalentes, há realmente um aumento do nível de ruído médio do local.

Por fim, realizou-se uma análise estatística dos dados do ruído com o volume de veículos, por meio de uma regressão, com o auxílio do Minitab Statistical Software, afim de verificar uma combinação com o melhor  $R^2$ .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos a partir do desenvolvimento das etapas descritas no capítulo 3. Inicialmente são apresentados os resultados obtidos dos níveis de ruído tanto do período total de medição, como também da hora pico e sua comparação com o máximo exigido pela norma. Em seguida, são apresentados os resultados obtidos do fluxo veículos em Unidade de Carro de Passeio (UCP) no tempo total de medição, da hora pico e por tipo de movimento, como também a porcentagem de veículos, de acordo com a sua tipologia, que no trecho passaram. Por fim, são apresentados os resultados da análise da correlação entre o ruído e o volume de veículos.

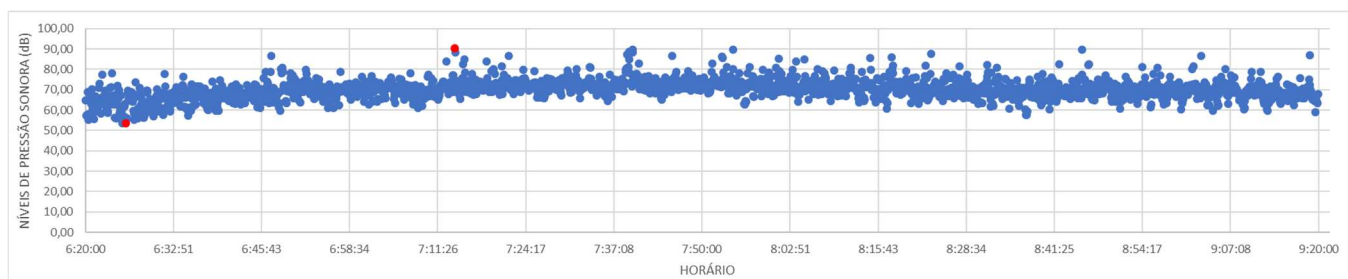
### 4.1 RUÍDO

#### 4.1.1 RUÍDO DO PERÍODO TOTAL DE MEDIÇÃO

Cada medição foi realizada e submetida à análise no software *CRIFFER*. Os dados acerca dos níveis de pressão sonora como: ruído  $Leq$  e os índices estatísticos ( $L_i$  na equação 6)  $L_{05}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  e  $L_{95}$  foram tabulados em função do horário medido. Em adição, foram calculados o  $Leq$  através da norma ISO 1996 e os índices estatísticos através da Equação 6.

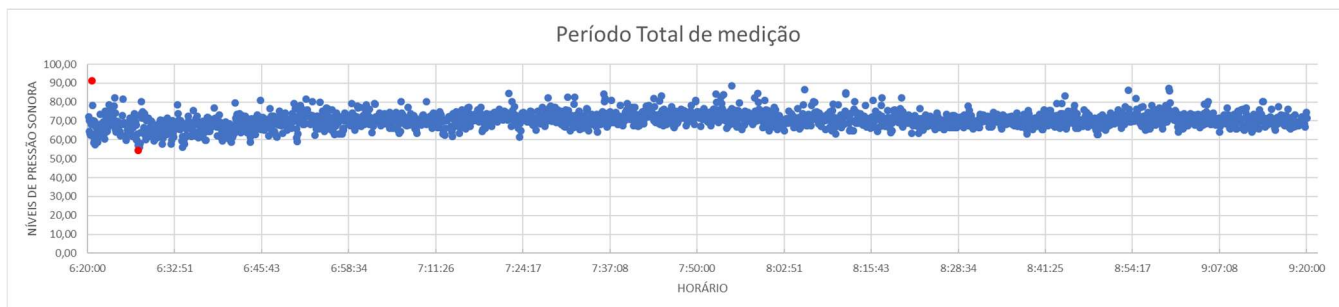
As Figuras 22 e 23 mostram as medidas do ruído realizadas de acordo com o procedimento descrito no capítulo 3, realizada nos mesmos dias da contagem de veículos. Verificou-se que no período total de medição, os valores de ruído para a terça-feira variaram de 53,31 dB(A) até 90,26 dB(A) e para quarta-feira de 54,09 dB(A) até 91,18 dB(A). Ambos os valores mínimos e máximos dos dois dias estão destacados nas figuras com a cor vermelha. A respeito do maior valor obtido, na terça-feira foi provocado devido à um caminhão antigo que passava no local e na quarta-feira foi ocasionado por uma moto com problema na descarga, acarretando em um ruído maior (Figuras 24 e 25).

Figura 22– Dados dos ruídos da medição total na Terça-Feira



Fonte: Autor

Figura 23– Dados dos ruídos da medição total na Quarta-Feira



Fonte: Autor

Figura 24– Moto com problema na Descarga



Fonte: Autor

Figura 25– Caminhão Antigo



Fonte: Autor

A comparação entre os valores do Leq e dos índices estatísticos fornecidos pelo Software e o calculado manualmente via norma são apresentadas nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11– Comparação ruído via norma e via Software na Terça-Feira

<b>Ruído</b>	<b>Criffer (dB)</b>	<b>ISO 1996 (dB)</b>	<b>Diferença (%)</b>
<b>Leq</b>	73,34	73,34	0%
<b>L05</b>	78,42	77,76	0,84%
<b>L10</b>	75,24	75,35	0,15%
<b>L50</b>	69,33	70,10	1,10%
<b>L90</b>	62,23	64,36	3,31%
<b>L95</b>	60,51	62,14	2,62%

Fonte: Autor

Tabela 12– Comparação ruído via norma e via Software na Quarta-Feira

<b>Ruído</b>	<b>Criffer (dB)</b>	<b>ISO 1996 (dB)</b>	<b>Diferença (%)</b>
<b>Leq</b>	72,74	72,74	0%
<b>L05</b>	78,11	76,90	1,55%
<b>L10</b>	74,98	74,99	0,01%
<b>L50</b>	69,66	70,47	1,15%
<b>L90</b>	64,39	65,80	2,14%
<b>L95</b>	61,79	63,77	3,10%

Fonte: Autor

Observa-se que não houve diferença entre os Leq calculado pela norma ISO 1996 (na tabela identificado como ISO 1996) e o obtido pelo software (na tabela identificado como Criffer). Entretanto, para os índices estatísticos, houve uma pequena diferença, pois, o software utiliza um método diferente da norma. Todavia, esta diferença está dentro do esperado e estatisticamente aceitável.

#### 4.1.2 Avaliação do Ruído na hora Pico

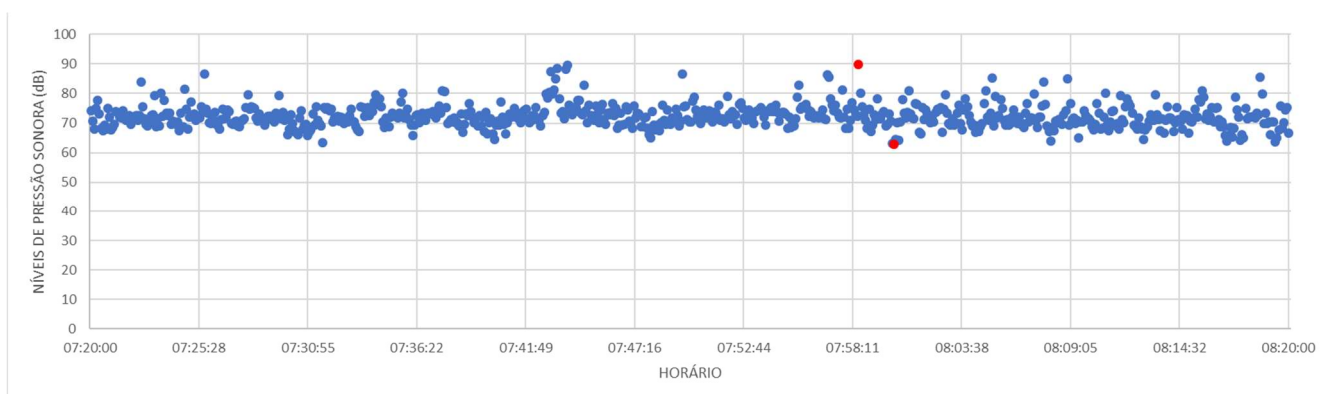
Semelhante à análise realizada no período total de medição, realizou-se a mesma verificação das medidas do ruído realizadas de acordo com o procedimento descrito no capítulo 3 para a hora pico. Observa-se nas Figuras 26 e 27, que os valores de ruído na hora pico variaram de 62,64 dB(A) e 89,77 dB(A) na terça-feira e na quarta-feira a variação foi de 61,43 dB(A) até 88,53 dB(A). Ambos os valores mínimos e máximos dos dois dias estão destacados na figura com a cor vermelha.

Verificou-se que na hora pico, apesar dos valores mínimos e máximo serem distantes um dos outros, os dados do ruído apresentaram uma dispersão mais homogênea, quando comparada com os outros horários da medição.

Vale ressaltar que o Software Criffer apenas fornece informações a respeito do período total de medição, portanto a fim de realizar a comparação entre o Leq e os índices estatísticos do período total de medição com o ruído da hora pico, utilizou-se a norma ISO 1996 e a Equação 6 como base.

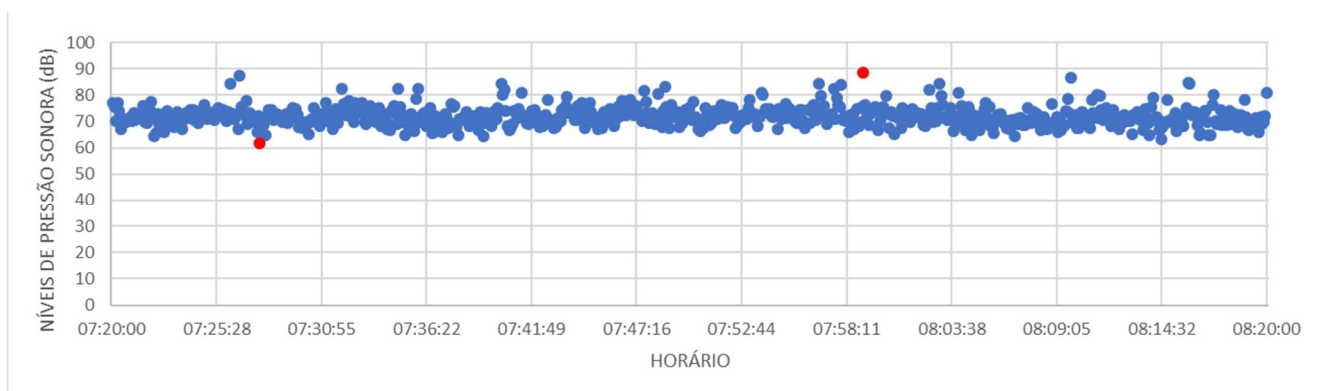
As Tabelas 13 e 14 apresentam a comparação entre a hora pico e o período total de medição.

Figura 26– Dados dos ruídos da hora pico na Terça-Feira



Fonte: Autor

Figura 27– Dados dos ruídos da hora pico na Quarta-Feira



Fonte: Autor

Tabela 13– Comparação ruído da medição total e Hora pico com base na Norma ISO 1996 na Terça-Feira

Ruído	Medição Total (dB)	Hora pico (dB)	diferença (%)
Leq	73,34	75,03	2,25%
L05:	78,42	79,54	1,41%

<b>L10:</b>	75,24	76,61	1,79%
<b>L50:</b>	69,33	71,90	3,57%
<b>L90:</b>	62,23	68,24	8,81%
<b>L95</b>	60,51	67,01	9,70%

Fonte: Autor

Tabela 14– Comparação ruído da medição total e Hora pico com base na Norma ISO 1996 na Quarta-Feira

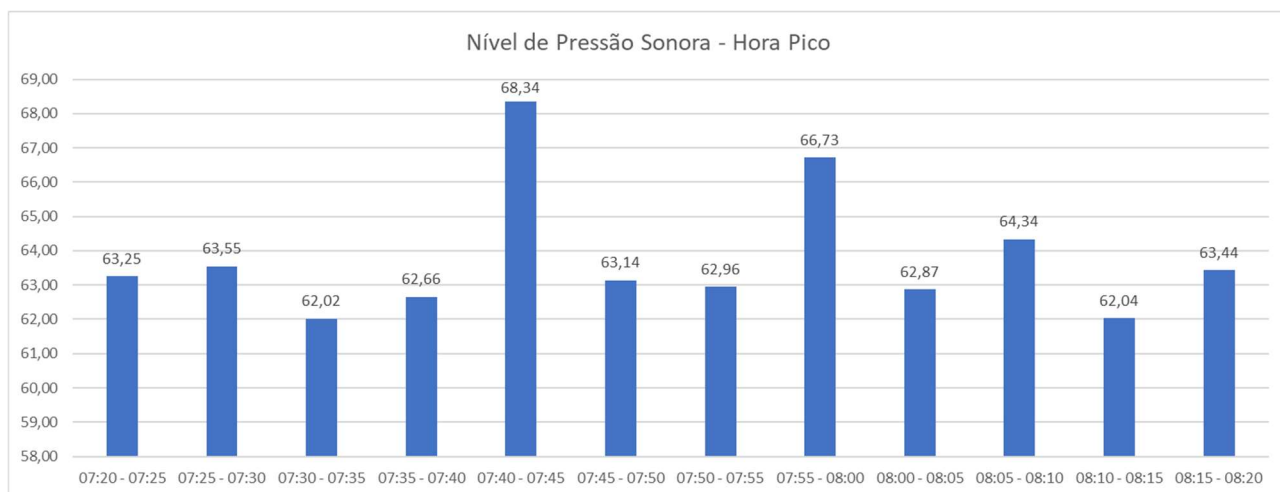
<b>Ruído</b>	<b>Medição Total (dB)</b>	<b>Hora pico (dB)</b>	<b>diferença (%)</b>
<b>Leq</b>	72,74	74,12	1,86%
<b>L05:</b>	78,11	78,38	0,34%
<b>L10:</b>	74,98	76,08	1,45%
<b>L50:</b>	69,66	71,74	2,90%
<b>L90:</b>	64,39	67,63	4,79%
<b>L95</b>	61,79	66,74	7,42%

Fonte: Autor

Observa-se que a hora pico possui maiores valores de Leq e de índices estatísticos, quando comparada com toda a medição, comprovando que a Hora pico possui alta influência no ruído médio do local.

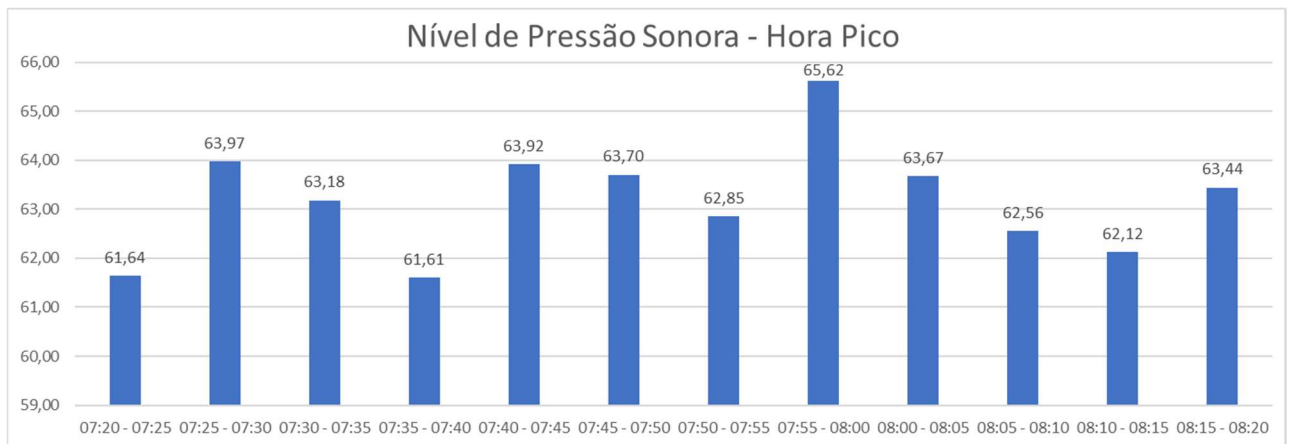
Em relação à hora pico, também se verificou a variação do nível de pressão sonora dentro dessa hora. Para isso calculou-se a média do ruído (Leq), a cada 5 minutos, tendo a norma ISO 1996 como base. Logo, calculou-se um desvio padrão dos dados calculados de 1,81 na Terça-Feira e 1,08 na Quarta-feira (Figuras 28 e 29).

Figura 28– Nível de pressão sonora (Leq) – Terça Feira



Fonte: Autor

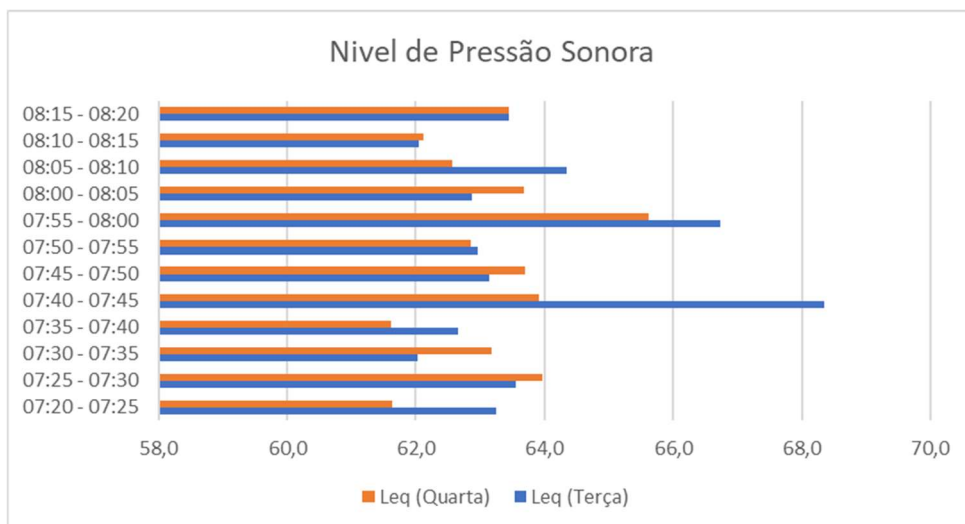
Figura 29– Nível de pressão sonora (Leq) – Quarta Feira



Fonte: Autor

Outro parâmetro analisado foi com relação às diferenças dos ruídos no mesmo horário entre os dois dias. Foi verificado um desvio padrão de 1,52 entre os dois dias de medição, ocorrendo na terça-feira as maiores variações dos dados medidos. Essa variação mostra a importância de se realizar mais de uma medição nos dias selecionados (Figura 30)

Figura 30– Nível de pressão sonora (Leq) por dia de medição



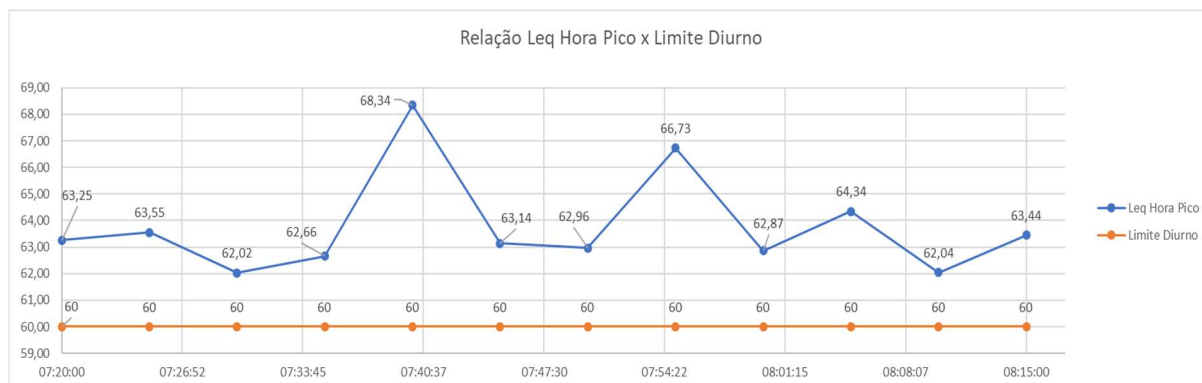
Fonte: Autor

Quando comparado o nível de pressão sonora a cada 5 minutos em ambos os dias, percebe-se que na quarta-feira apresenta ruídos mais constantes. Todavia, a terça-feira apresenta picos de ruído em partes do dia, o que justifica o seu maior desvio padrão.

### 4.1.3 Limite aceitado em norma

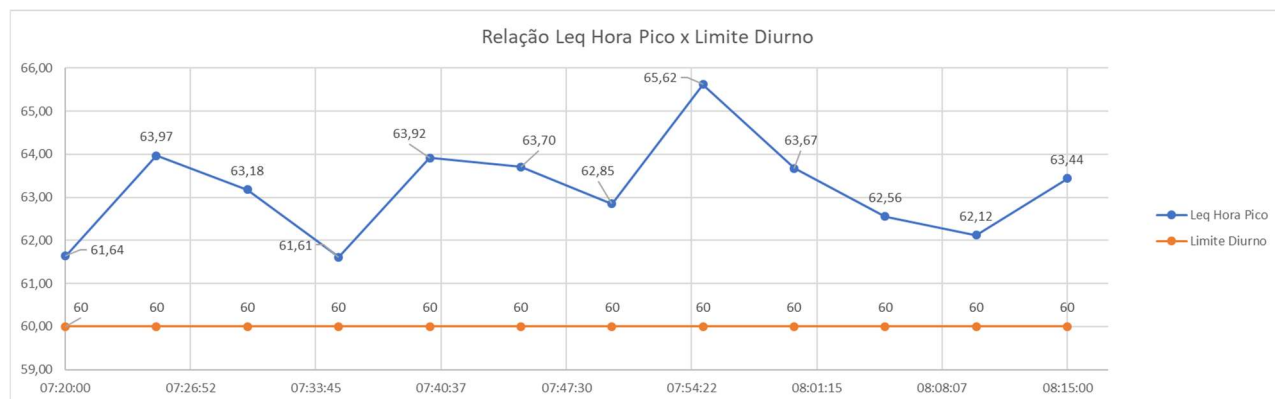
De acordo com a NBR 10151 (ABNT, 2000), a cidade de Barreiras possui limite máximo permitido de 60dB (A) no período diurno. Considerando a média dos dados coletados (Leq) a cada 5 minutos dentro da hora pico, observa-se que todos os pontos medidos nas vias locais apresentaram níveis fora dos recomendados pela referida norma, como é demonstrado nas Figuras 31 e 32.

Figura 31– Relação Leq Hora pico com o Limite diurno permitido (Terça-Feira)



Fonte: Autor

Figura 32– Relação Leq Hora pico com o Limite diurno permitido (Quarta-Feira)



Fonte: Autor

Observa-se que, na hora pico para a terça-feira, as medidas de pressão sonora ultrapassaram mais de 8dB do valor permitido pela norma e para quarta-feira o valor é menor, neste caso, próximo de 6dB.

## 4.2 Resultados do Volume veicular equivalente total e da Hora Pico

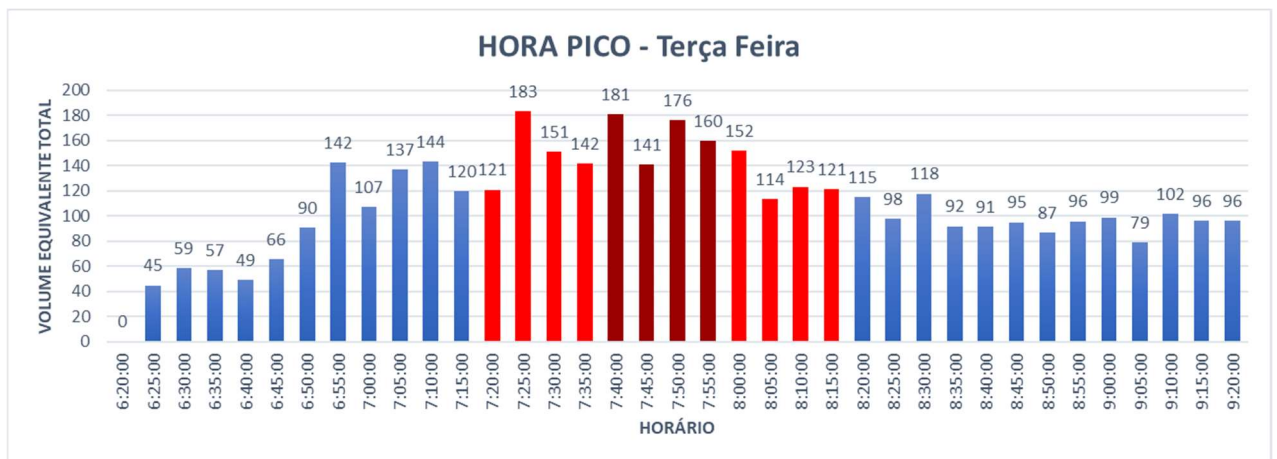
O total de veículos equivalente foi determinado conforme o procedimento detalhado no capítulo 3 para as 3h de contagem na terça e quarta-feira. Os resultados obtidos são

apresentados nas Figuras 33 e 34. Observa-se que, a partir das 6:50 houve um aumento significativo do volume de veículos e especificamente as barras vermelhas indicam o horário de máxima demanda (hora pico) de veículos dentre as três horas de contagem. O horário de máxima demanda para ambos os dias foi das 07h:20min às 08h:20min contabilizando 1764 veículos equivalentes para terça e 1832 para quarta-feira.

Entretanto, as barras vermelhas escuras que particularmente indicam os 15 minutos pico dentro da hora pico, apresentaram horários diferentes para os dois dias. Identifica-se também que para terça-feira, os 15 minutos correspondem ao horário das 07h:40min às 07h:55min, contabilizando 657 veículos equivalentes e para quarta-feira, o horário das 07h:45min às 08h:00min com 667 veículos equivalentes.

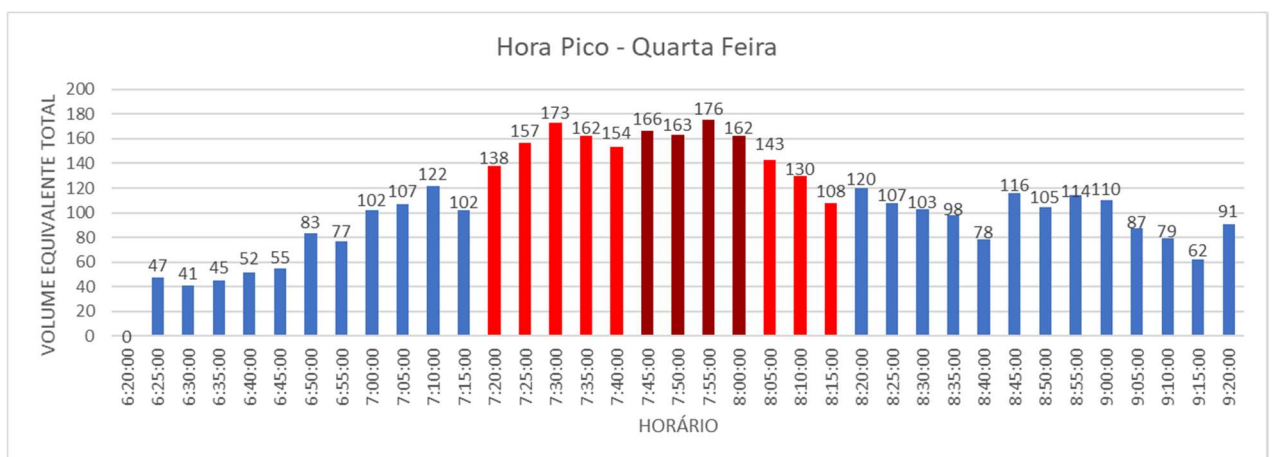
É importante destacar que para ambos os dias de contagem, o comportamento do fluxo durante a hora pico foi semelhante e a variação dos volumes contabilizados de 5 em 5 min não apresenta muita variação nos dois dias de contagem.

Figura 33- Relação Volume equivalente total e horário para o dia de terça-feira



Fonte: Autor

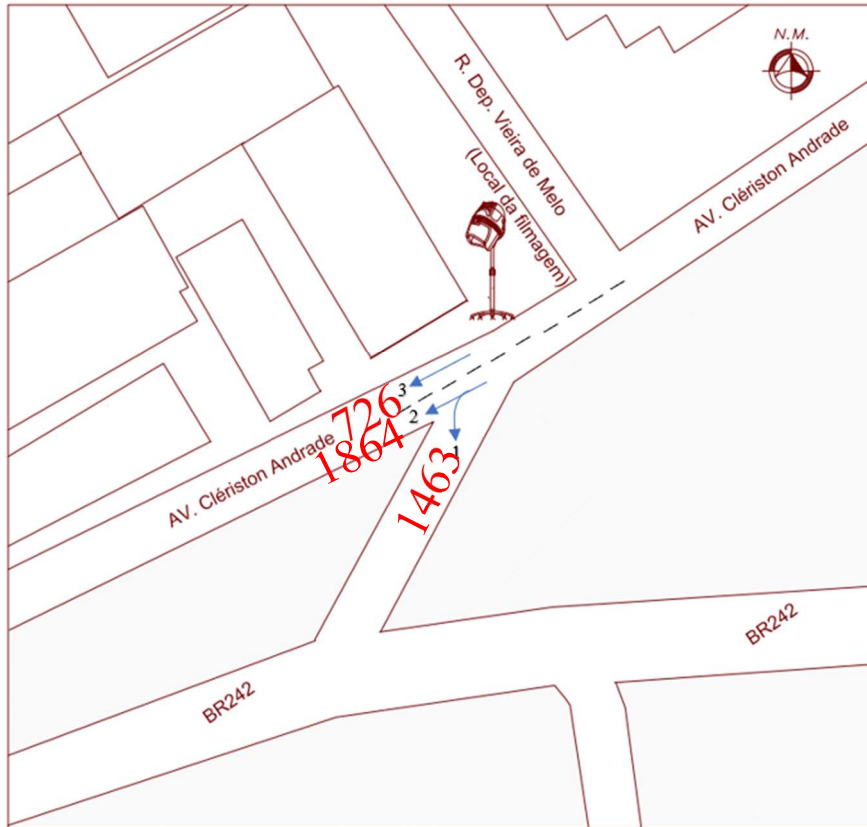
Figura 34- Relação Volume equivalente total e horário para o dia de quarta-feira



Fonte: Autor

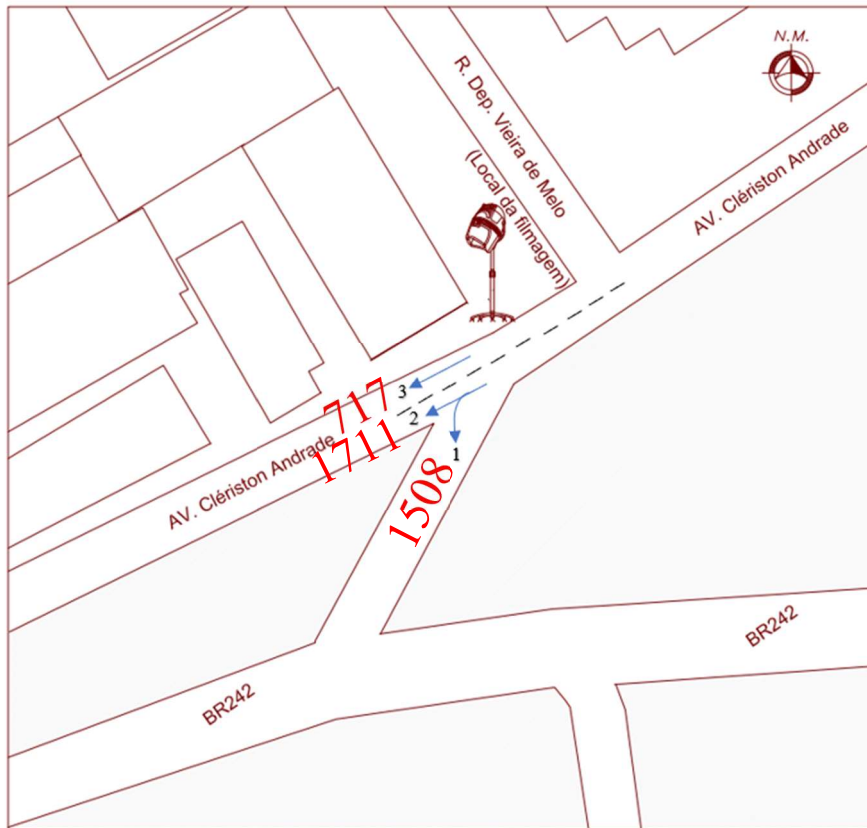
Em relação ao volume veicular equivalente distribuído por movimento (Figuras 35 e 36), nota-se que, o movimento 2 foi o de maior quantidade de Unidade de Carro de Passeio (UCP) com 1864 e 1711 na terça e quarta-feira respectivamente.

Figura 35-Relação Volume equivalente por movimento –Terça-Feira



Fonte: Autor

Figura 36- Relação Volume equivalente por movimento – Quarta-Feira

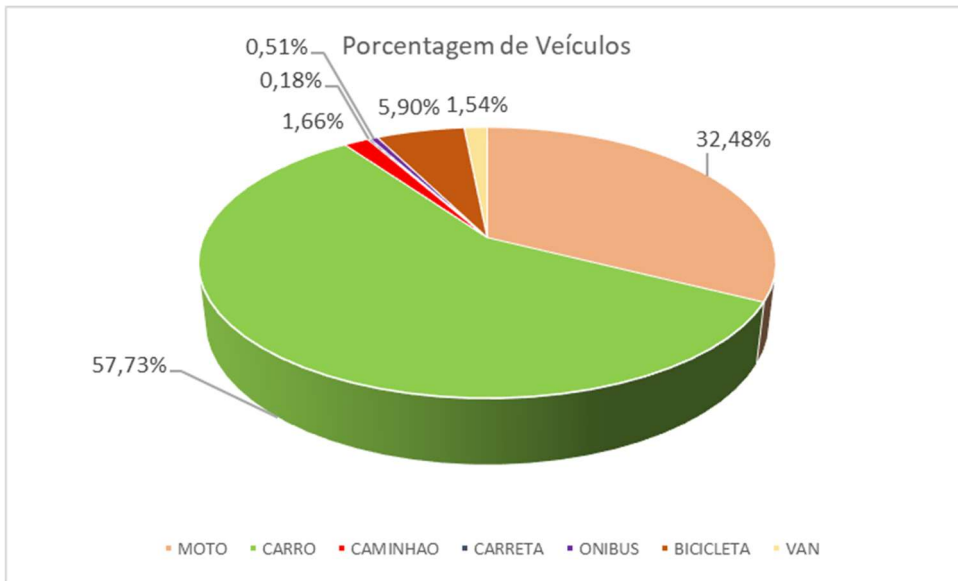


Fonte: Autor

### 4.3 PORCENTAGEM VEICULAR

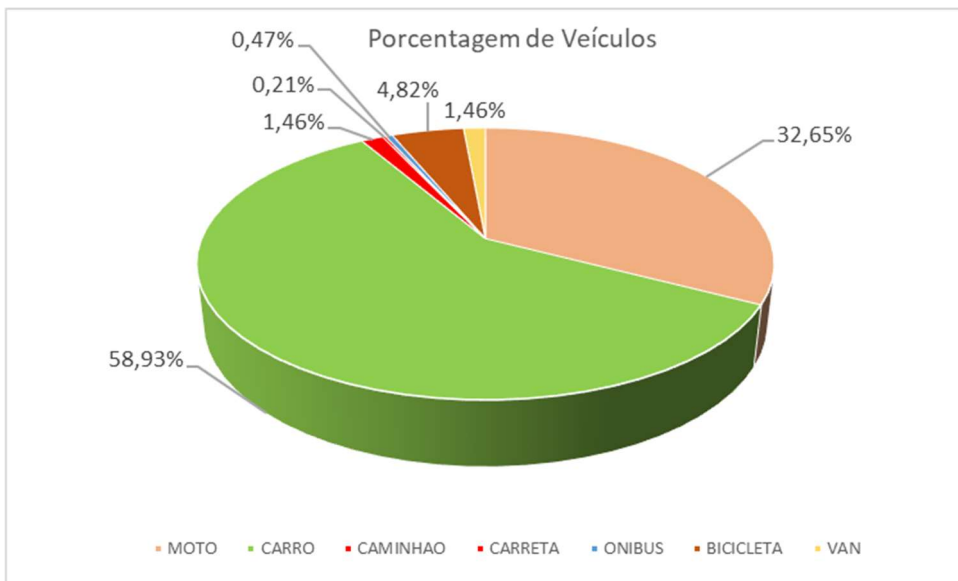
Através do método classificatório empregado no levantamento dos dados, foi possível caracterizar a participação dos tipos de veículo que compõe o tráfego no trecho entre as ruas Av. Clériston Andrade e R. Dep. Vieira de Melo e a porcentagem que representa cada um dos tipos de veículos (Figuras 37 e 38). Nota-se que mais de 80% dos veículos que trafegam pelas ruas são classificados como leves (carros, motos, vans e bicicletas), havendo uma maior porcentagem de carros. (totalizando 57,73% carros na terça e 58,93% na quarta feira). Já os veículos pesados representam a menor porcentagem de veículos no trecho em análise, sendo eles: Carreta (0,18% e 0,21%) e Ônibus (0,51% e 0,47%).

Figura 37- Porcentagem veicular (Terça-Feira)



Fonte: Autor

Figura 38- Porcentagem veicular (Quarta-Feira)



Fonte: Autor

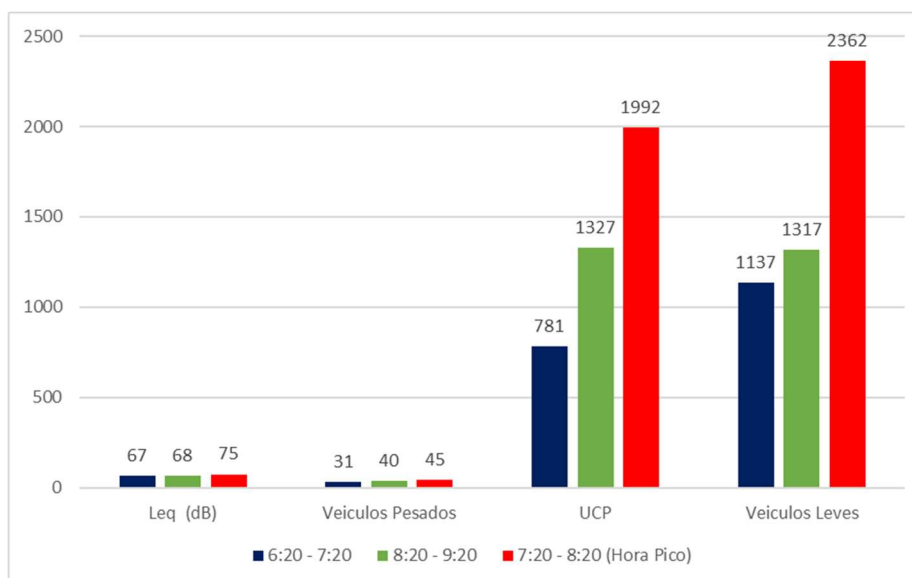
De acordo com as figuras apresentadas, os carros compõem em média 58,33% e as motos de 32,57% da frota que passaram no trecho. É notório a baixa porcentagem de veículos pesados, e isto está relacionado com a construção do anel viário na cidade de Barreiras, que desviou boa parte da frota de veículos pesados para fora da cidade.

### 4.3.1 Correlação Ruído e Volume de veículos

Quando analisado a relação do ruído com a quantidade de veículos, é possível verificar a relação direta entre o nível de pressão sonora medido em dB com o volume de tráfego. Nota-se também que os veículos leves possuem grande influência no nível de ruído do local, pois estes representam uma média de 97% do total de veículos.

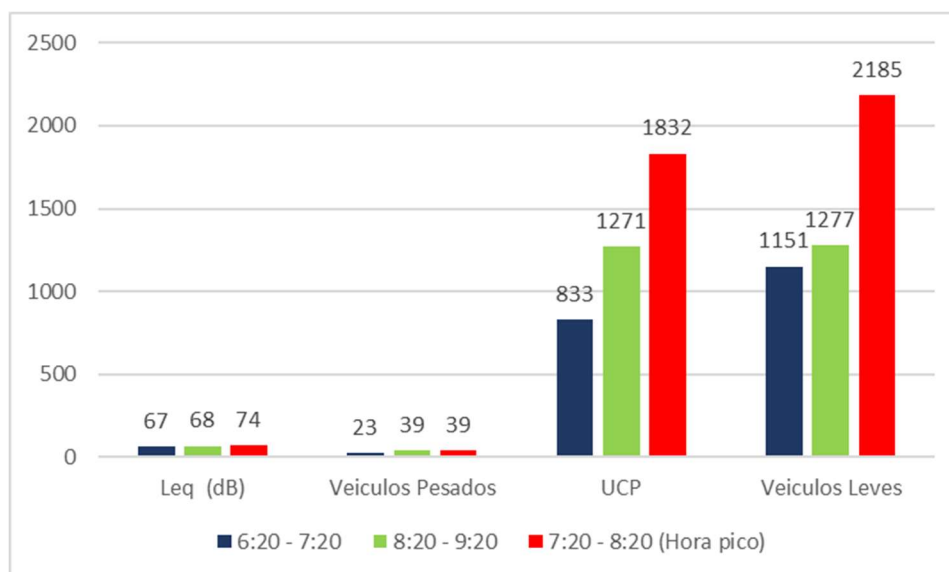
Para o caso dos veículos pesados, mesmo com um aumento considerável de 31 veículos para 40 e de 23 para 39 na terça e quarta-feira respectivamente, houve o aumento de apenas um dB para ambos os dias, demonstrando que estes possuem pouca influência no ruído médio do local (Figura 38 e Figura 39). Vale ressaltar que a existência de poucos veículos pesados neste local se deve a que a maior parte deste tipo de tráfego é desviada da cidade para o anel viário.

Figura 39– Relação Leq na Hora pico com Unidade de Carro de Passeio (Terça-Feira)



Fonte: Autor

Figura 40– Relação Leq na Hora pico com Unidade de Carro de Passeio (Quarta-Feira)



Fonte: Autor

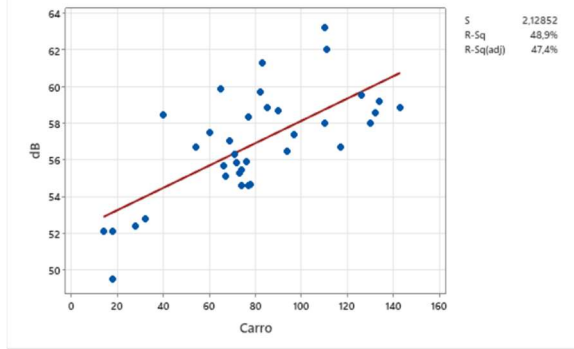
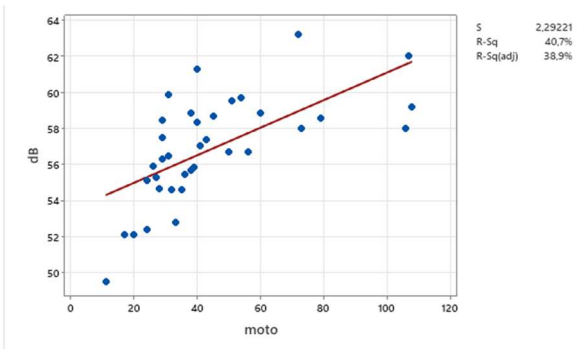
Percebe-se também que, com aumento expressivo do número de UCP, o qual está intimamente ligado ao aumento do número de veículos leves, há um salto considerável do ruído médio (Leq) e quando ocorre a diminuição do UCP e por consequência dos veículos leves, há uma diminuição no ruído médio (Leq), comprovando a relação direta entre as duas variáveis analisadas.

Pode-se comentar ainda que nas duas figuras, a quantidade de veículos leves é superior que o total de veículos convertidos em UCP. Esse comportamento se deve ao fato que o tráfego está composto fundamentalmente por veículos leves, os quais possuem fatores predominantemente menores ou iguais a 1.

#### 4.3.2 Análise estatística dos dados

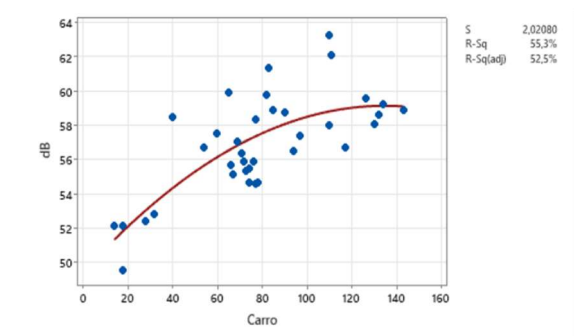
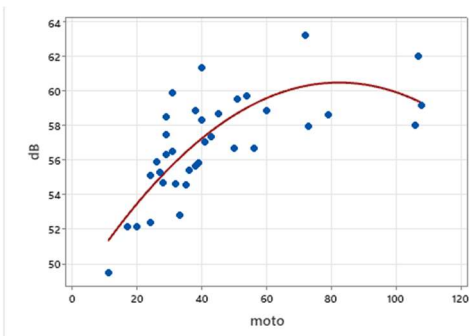
Também foi realizado uma análise estatística dos dados por meio da utilização do Software Minitab, através de uma análise de regressão. Como pode ser visto nas Figuras 40 e 41 (Regressão Linear), 42 e 43 (Regressão Quadrática) e 44 e 45 (Regressão Cúbica), o  $R^2$  da moto foi maior que o do carro para ambos os dias, entretanto, o  $R^2$  de terça-feira foi consideravelmente superior ao de quarta-feira.

Figura 41– Regressão Linear – Moto e Carro (Terça-Feira)



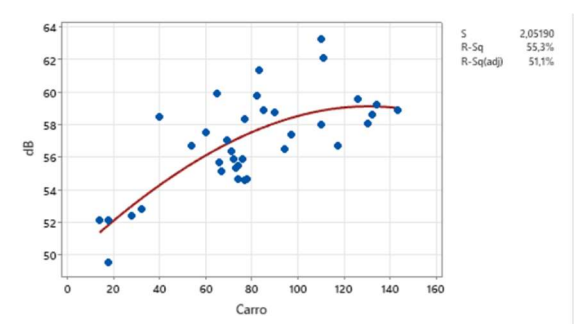
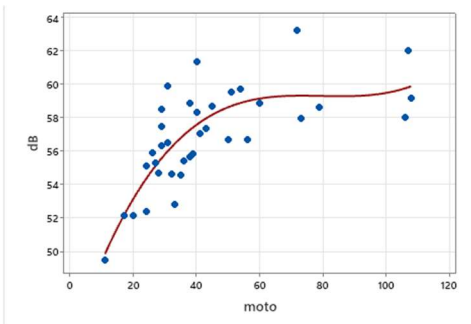
Fonte: Autor

Figura 42– Regressão Quadrática – Moto e Carro (Terça-Feira)



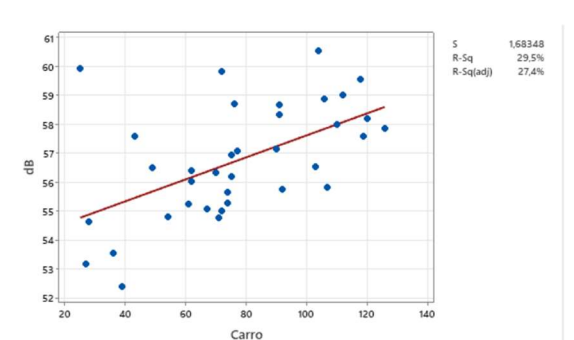
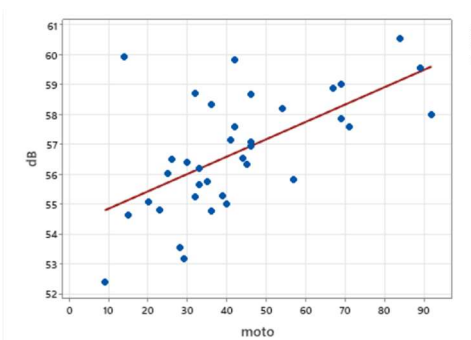
Fonte: Autor

Figura 43– Regressão Cúbica – Moto e Carro (Terça-Feira)



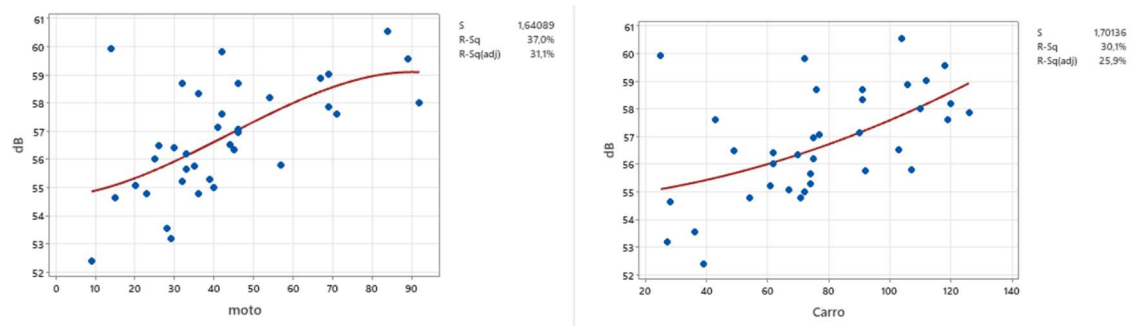
Fonte: Autor

Figura 44– Regressão Linear – Moto e Carro (Quarta-Feira)



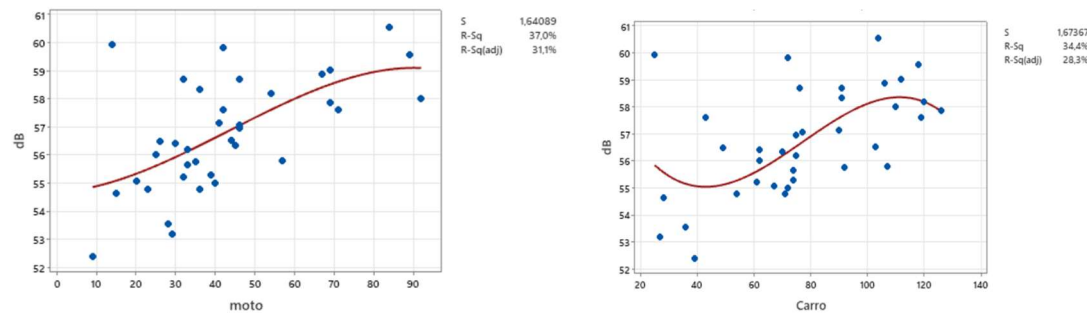
Fonte: Autor

Figura 45– Regressão Quadrática – Moto e Carro (Quarta-Feira)



Fonte: Autor

Figura 46– Regressão Cúbica – Moto e Carro (Quarta-Feira)



Fonte: Autor

Dentre os três tipos de regressão: linear, quadrática e cúbica, esta última foi a que obteve um  $R^2$  melhor em ambos os dias. Vale destacar também que se optou por realizar a regressão cúbica somente com os principais veículos leves (carro e moto), pois são aqueles que possuem maior volume e por consequência, maior interferência no ruído do local.

Entretanto, vale mencionar que, devido ao grande número de variáveis, como exemplo, modelo do veículo, ano de fabricação e condição de funcionamento de veículo, há uma maior dispersão dos dados, fazendo com que o  $R^2$  seja menor. Porém, diante dessas inúmeras variáveis, o valor do  $R^2$  obtido é considerado satisfatório estatisticamente.

## 5. CONCLUSÃO

A realização desta pesquisa permite concluir que:

Dos dois dias de contagem a quarta feira teve maior fluxo de veículos e o horário de máxima demanda, o qual foi o mesmo para ambos os dias foi das 07h:20min até 08h:20min contabilizando 1764 veículos equivalentes para terça e 1832 para quarta-feira.

Foi observado também que mais de 80% dos veículos que trafegam pelas ruas são classificados como leves, havendo uma maior porcentagem de carros. (totalizando 57,73% carros na terça e 58,93% na quarta feira). Já os veículos pesados representam a menor porcentagem de veículos no trecho em análise, o qual está relacionado com a construção do anel viário na cidade de Barreiras, que desviou boa parte da frota de veículos pesados para fora da cidade.

Em relação ao nível de ruído, verificou-se que no período total de medição, os valores de ruído para a terça feira variaram de 53,31 dB(A) até 90,26 dB(A) e para quarta-feira de 54,09 dB(A) até 91,18 dB(A). Percebeu-se que os maiores valores obtidos estão relacionados à falta de manutenção e idade dos veículos, como por exemplo um caminhão antigo ou uma moto com problema na descarga.

A análise dos ruídos e os índices estatísticos tanto pela norma (ISO 1996) quanto pelo Software (CRIFFER) demonstrou que ambos possuem resultados semelhantes, havendo uma diferença que se encontra dentro do esperado e estatisticamente aceitável.

A comparação entre o nível de ruído médio e os índices estatísticos do período total de medição e da hora pico, permite concluir que a hora pico possui maiores Leq e índices estatísticos, quando comparada com toda a medição, comprovando que a Hora pico possui alta influência no ruído médio do local.

A variação do nível de pressão sonora dentro da hora apresenta um desvio padrão de 1,81 na terça-feira e 1,08 na quarta-feira e um desvio padrão total entre os dois dias de 1,52, sendo a terça-feira o dia com as maiores variações dos dados medidos.

A respeito do limite de ruído aceitado em norma, conclui-se que todos os pontos medidos nas vias locais apresentaram níveis fora dos recomendados pela referida norma, sendo que a pressão sonora ultrapassa mais de 8dB do valor permitido pela norma na terça e um pouco menor, neste caso, próximo de 6dB na quarta-feira.

Por fim, verificou-se uma relação direta entre o nível de ruído e volume de veículos. Nota-se que os veículos leves possuem grande influência no nível de ruído do local, com uma representatividade de 97% do total de veículos. Entretanto, para os veículos pesados, mesmo com um aumento considerável da quantidade de veículos de um intervalo de tempo

para outro, houve o aumento de apenas um dB para ambos os dias, demonstrando que estes possuem pouca influência no ruído médio desse local.

## REFERÊNCIAS

- PAZ, E. C. DA. Estudo de um modelo de avaliação e predição acústica para o ruído de tráfego. p. 55, 2004.
- SAMELI A; FIORINI, A. Saúde Coletiva e do Trabalhador. v. 1, n. Editora Santos, p. 455, 2011.
- MATTHEW JORDAN. Our centuries-long quest for “a quiet place”. **The Conversation**, p. 1–5, 2018.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO (UK). Résumé d’Orientation des Directives de l’OMS Relatives au Bruit dans l’Environnement. Disponível em: <<http://www.who.int/home.pag/>> Acesso em: 05 de maio de 2022.
- PIMENTEL-SOUZA, F. A poluição sonora ataca traiçoeiramente o corpo. **Associação Mineira de Defesa do Meio Ambiente (AMDA). Apostila “Meio ambiente em diversos enfoques”, “Projeto Tamburo”. AMDA, Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Secretaria Municipal da Educação, BH**, p. 24–26, 1992.
- BRÜEL & KJÆR. **Brüel & Kjær**. Disponível em: <<https://www.bksv.com/pt?gclid=CjwKCAiA6Y2QBhAtEiwA>>. Acesso em: 9 fev. 2022.
- DEL CARLO, U. Ruído urbano. 1979. 1 v. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979
- CRUZ, M. M. L. Avaliação dos impactos de restrições ao trânsito de veículos. 2006.
- ILARIO, C. G. Aiba | Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia - A Aiba - Aiba | Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia. p. 1–12, 2011.
- PALHARES, D. A. G.; VECCI, M. A. M; PAVANELLO, L. G. Ruído em ambiente urbano do tráfego veicular: resultados iniciais da aplicação de uma metodologia de mapeamento sonoro para áreas urbanas e industriais. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 459-462.
- NEPOMUCENO, L. X. Acústica Técnica. 1 ed. São Paulo: Editora Técnico-Científica Industrial Ltd. – ETEGIL, 579 p., 1968.
- GERGES, S. N. Y. Ruído: Fundamentos e Controle. 2 ed. Florianópolis: NR Editora, 676 p., 2000.
- KINSLER, L. E.; FREY, A. R.; COPPENS, A. B.; SNADERS, J. V. Fundamentals of Acoustics. 3 ed New York: Wiley Interscience Publication, 560 p., 1982

ISO, I. O. S.-. ISO 9614-2: Acoustics- Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity. v. 2020, 1996.

MUZET, A. Environmental noise, sleep and health. *Sleep Medicine Reviews*, v. 11, n. 2, p. 135–142, 2007.

CASALI, J. G. Acoustical litigation issues in community noise annoyance. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte.

ROSSING T. D; MOORE, F. R.; WHEELER, P. A. *The science of Sound*. 3 ed. Los Angeles: Pearson Addison Wesley, 680 p., 2001.

HASSALL, J. R.; ZAVERI, K.; *Acoustic Noise Measurement*. 4 ed. Dinamarca: Brüel & Kjaer Magazine, 280 p.; 1979.

HARRIS, C. M. *Handbok of acoustical Measurements and Noise Control*. 3 ed. New York: McGraw Hill, 1646 p., 1998

BIES, D. A.; HANSEN, C. H. *Engineering Noise Control: Theory and Practice*. 2 ed. New York: Spon Press – Taylor & Francis Group, 736 p., 2002.

BERANEK, L. L. *Acoustical Measurements*. 3 ed. Massachusetts: Acoustical Society of America and American Institute of Physics, 855 p., 1993.

SCHULTZ, T. J. *Community Noise Rating*. 2 ed. New York: Elsevier Applied Science, 415 p., 1972. AVSAR, Y.; GONULLU, M. T. Determination of safe distance between roadway and school buildings to get acceptable school outdoor noise level by using noise barriers. *Building and Environment*, Oxford, v. 40, p. 1255-1260, 2005.

AVSAR, Y.; GONULLU, M. T. Determination of safe distance between roadway and school buildings to get acceptable school outdoor noise level by using noise barriers. *Building and Environment*, Oxford, v. 40, p. 1255-1260, 2005.

MURGEL, E. Acústica rodoviária – Fundamentos e medidas de controle. *Revista Infraestrutura*, São Paulo, n. 2, 1999

TARRIO, F. R. Ruído: medidas correctoras: experiencias. In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE, 2., 1992, Las Palmas de Gran Canaria, Madrid. Madrid: Asociacion Tecnica de Carreteras, 1993. p. 97-109

BALBO, J. T. 1996. Rodovias e meio-ambiente: alternativas de matéria prima físico-ambiental. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados – USP, 1996, 13 p. (Coleção Documentos. Série Ciências Ambientais, n. 24).

WAY, J. M. Roadside verges and conservation in Britain. *Review. Biological Conservation*, v. 12, p. 65- 74, 1977.

GIL, F. V. Las carreteras: sus efectos sobre las aguas. In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE, 2., 1992, Las Palmas de Gran Canaria, Madrid. Madrid: Asociacion Tecnica de Carreteras, 1993. p. 197-213

PORTAL ACÚSTICA. BARREIRAS ACÚSTICAS – O QUE SÃO? COMO FUNCIONAM? Disponível em:< <https://portalacustica.info/barreiras-acusticas-o-que-sao-como-funcionam/> > Acesso em: 05 de maio de 2022.

DER BUNDERSMINISTER FÜR VERKEHR – DBV. RLS/90: RICHTLINIEN FÜR DEN LÄRMSCHUTZ AN STRAßEN (Diretrizes para o Controle de Ruído em Rodovias). Norma Alemã, Bonn, 1990.

CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; ZANNIN, P. H. T. Modelamento matemático da emissão sonora em rodovias federais que adentram áreas urbanas. Revista di Acustica, Brazil, v. 34, n. 1 e 2,p. 22-30, 2003.

QUADROS, F. DE S. Avaliação do Ruído ambiental gerado por veículo de utilidade pública - Estudo de caso: Caminhão de coleta de resíduos domiciliar. n. 82, p. 1–21, 2004.

DEPARTMENT OF HOUSING AND URBAN DEVELOPMENT- HUD. The noise guide book, 2 ed., Washington: HUD, 256 P., 2002.

GONZÁLEZ, D. M.; MORILLAS, J. M. B.; MORANGA, P. A.; GOZALO, G. R.; SANZ, R. M.; GÓMEZ, R. V.; SIERRA, J. A. M.; CARMONA, J. T.; GODINHO, L. M. LA APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 1996-2. ESTUDIO DE CASO. 2017.

NBR 10151. NBR 10151 (Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. NBR 10.151 Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunifade - Procedimentos, p. 4 pg, 2000.

CETESB. EMISSÃO VEICULAR - RUÍDO Disponível em:< <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/ruído/> > Acesso em: 05 de maio de 2022.

PREFEITURA MUNINCIPAL DE BARREIRAS. Plano diretor urbano de Barreiras. 2004.

HOBBS, R. J. Quality, noise and the environment. The 1988 International Corrugated Containers Conference & Trade Fair, USA, p. 5-7, 1998.

VALADARES, V. M.; VECCI, M. A. M. Alternativas de Controle de Ruído para estação Venda Nova – BH, MG. VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Brasil, p. 1-7, 2001.

SANDBERG, U. Road Traffic Noise – The Influence of the Road Surface and its Characterization. Applied Acoustics, Sweden, v. 20, p. 97-118, 1987.

HEDE, A. Towards a normative model of public policy for environmental noise. Acoustical Australian, Australia, v. 26, n 3, p. 95-100, 1998.

- GOLEBIEWSKI, R.; MAKAREWICK, R.; NOWAK, M.; PREIS, A. Traffic Noise Reduction due the porous Road Surface. *Applied Acoustics, Poland*, v. 64, p. 481-494, 2003.
- FERREIRA NETO, M. F.; BERTOLI, S. R.; Desempenho de Barreiras Acústicas ao ar livre: comparação entre os aspectos objetivos e subjetivos. IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, Foz do Iguaçu, p.135-142, 2002.
- KOTZEN, B.; ENGLISH, C. *Environmental Noise Barriers: a guide to their acoustic and visual design*. 1 ed. Longon & New York: E & FN Spon, 165 p., 1999.
- CARNEIRO, A. B. C. R. *Barreiras Acústicas e Visuais no Jardim Botânico do Porto – Projeto de Execução*. 2018.
- WATTS, G. R.; MORGAN, P. A. Acoustic Performance of an Interference-Type Noise Barrier Profile. *Applied Acoustics, UK*, v. 49, n. 1, p. 1-16, 1996.
- SAMUEL, S.; ANCICH, E. Recent developments in the design and performance of road traffic noise barriers. *Noise & Vibration Worldwide, Australia*, v.33, n 3, p. 73-78, 2002.
- NAGEM, M. P. Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia. Unicamp, p. 133, 2004.
- NETO, B. DE B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. *Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria*.
- DNIT. *Manual de estudos de tráfego*. Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, p. 384, 2006.
- CAL, R.; SPÍNDOLA, M. R.; GRISALES, J. C. *Ingeniería de Transito - Fundamentos y Aplicaciones*, 1994.
- BIASI, J. A.; NERCOLINI, R. V.; BUSS, M. V.; SUCKOW, J. E. RUÍDO CAUSADO PELO TRÁFEGO VEICULAR : QUAL É A APLICABILIDADE E EFICIÊNCIA DA NBR 10151 / 2000. **Unoesc & Ciência**, 2018.
- BRÜEL & KJÆR. **Brüel & Kjær**. Disponível em: <<https://www.bksv.com/pt?gclid=CjwKCAiA6Y2QBhAtEiwA>>. Acesso em: 9 fev. 2022.
- BURGOS, E. G. Ruído Externo às salas de aula e sua relação com o desempenho cognitivo, rendimento escolar e indicadores de saúde de adolescentes: Estudo de caso. 2016.
- CAL, R.; SPÍNDOLA, M. R.; GRISALES, J. C. **Ingeniería de Transito - Fundamentos y Aplicaciones**, 1994.
- CARNEIRO, A. B. C. R. *Barreiras Acústicas e Visuais no Jardim Botânico do Porto – Projeto de Execução*. 2018.
- CRUZ, M. M. L. *Avaliação dos impactos de restrições ao trânsito de veículos*. 2006.
- DNIT. *Manual de estudos de tráfego*. **Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR**, p. 384,

2006.

GONZÁLEZ, D. M.; MORILLAS, J. M. B.; MORANGA, P. A.; GOZALO, G. R.; SANZ, R. M.; GÓMEZ, R. V.; SIERRA, J. A. M.; CARMONA, J. T.; GODINHO, L. M. LA APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 1996-2. ESTUDIO DE CASO. 2017.

ILARIO, C. G. Aiba | Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia - A Aiba - Aiba | Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia. p. 1–12, 2011.

ISO, I. O. S.-. ISO 9614-2: Acoustics- Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity. v. 2020, 1996.

KINSLER, L. E. **Fundamentals of Acoustics**. [s.l: s.n.].

MARGON, P. V.; BASÍLIO, R. A importância das pesquisas de fluxos de tráfego na tomada de decisão em projetos de infraestrutura viária urbana. n. 1, p. 11, 2010.

MATTHEW JORDAN. Our centuries-long quest for “a quiet place”. **The Conversation**, p. 1–5, 2018.

MUZET, A. Environmental noise, sleep and health. **Sleep Medicine Reviews**, v. 11, n. 2, p. 135–142, 2007.

NAGEM, M. P. Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia. **Unicamp**, p. 133, 2004.

NBR 10151. NBR 10151 (Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. **NBR 10.151 Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimentos**, p. 4 pg, 2000.

NETO, B. DE B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. [s.l: s.n.].

PAZ, E. C. DA. Estudo de um modelo de avaliação e predição acústica para o ruído de tráfego. p. 55, 2004.

PIMENTEL-SOUZA, F. A poluição sonora ataca traiçoeiramente o corpo. **Associação Mineira de Defesa do Meio Ambiente (AMDA). Apostila “Meio ambiente em diversos enfoques”, “Projeto Tamburo”**. AMDA, Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Secretaria Municipal da Educação, BH, p. 24–26, 1992.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BARREIRAS. Plano diretor urbano de Barreiras. 2004.

QUADROS, F. DE S. Avaliação do Ruído ambiental gerado por veículo de utilidade pública - Estudo de caso: Caminhão de coleta de resíduos domiciliar. n. 82, p. 1–21, 2004.

SAMELI A; FIORINI, A. Saúde Coletiva e do Trabalhador. v. 1, n. Editora Santos, p. 455, 2011.

SILVA OLIVEIRA, B. Estudo De Trânsito Da Interseção Rua Floriano Peixoto X Avenida Severino Vieira/Br 242 Na Cidade De Barreiras/Ba. 2018.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Highway Capacity manual**. [s.l: s.n.].

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway Capacity manual.



## APÊNDICE A ou ANEXO

ANEXO A – RELATÓRIO PARA CONTAGEM DE VEÍCULOS NA TERÇA  
FEIRA – MOVIMENTOS 1, 2 E 3.

		CONTAGEM DE VEÍCULOS																																			
		Esquina entre as ruas Av. Clériston Andrade e R. Dep. Vieira de Melo																		DATA DE CONTAGEM: 12 / 07 / 2022 (MANHÃ)																	
TIPO DE VEÍCULO		06 : 20 às 07 : 20 Hrs												07 : 20 às 08 : 20 Hrs												08 : 20 às 09 : 20 Hrs											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
MOTO		7	3	2	6	13	11	15	8	12	14	14	14	23	21	29	25	44	35	37	25	17	15	21	12	16	12	13	10	9	10	6	10	15	13	8	16
CARRO		3	7	5	5	7	10	9	22	26	33	27	41	53	40	58	41	45	50	52	32	24	35	33	31	29	32	18	28	25	27	25	32	24	19	18	12
CAMINHÃO						1		2	1		4					1	2	1		1	2	2		5		3	1		1	1	1	2	1		1	1	
CARRETA														2		2			1				1								1				1		
ÔNIBUS		1		1		2		1	1	3		2				1					1	1				1		2							1	1	
BICICLETA		3		1	7	2	4	4		1	1	1		1	1	2	1	2			1			1	4		3	1	1	1							
VAN		1		1		1			1	1	3	1	1		1			1	3	2		3		2	1					3	1	1		1	2	1	
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>33</b>	<b>42</b>	<b>52</b>	<b>49</b>	<b>58</b>	<b>80</b>	<b>62</b>	<b>92</b>	<b>69</b>	<b>93</b>	<b>87</b>	<b>93</b>	<b>61</b>	<b>44</b>	<b>56</b>	<b>55</b>	<b>51</b>	<b>50</b>	<b>48</b>	<b>35</b>	<b>41</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>33</b>	<b>44</b>	<b>41</b>	<b>36</b>	<b>27</b>	<b>31</b>

Página 1

		CONTAGEM DE VEÍCULOS																		DATA DE CONTAGEM: 12 / 07 / 2022 (MANHÃ)																	
		Esquina entre as ruas Av. Clériston Andrade e R. Dep. Vieira de Melo																																			
		Nº DO MOVIMENTO: 02																		ASSINATURA DO OPERADOR(A): _____																	
TIPO DE VEÍCULO		06 : 24 às 07 : 24 Hrs												07 : 24 às 08 : 24 Hrs												08 : 24 às 09 : 24 Hrs											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
MOTO		13	8	11	11	17	12	22	14	25	10	18	13	23	18	35	33	41	59	45	40	31	23	19	19	22	17	26	17	28	20	21	15	14	23	16	13
CARRO		10	11	10	11	13	19	29	25	34	21	30	21	58	42	22	42	61	57	37	67	48	47	51	41	40	57	45	41	33	35	46	43	35	55	49	59
CAMINHÃO						3					1	2				1	1	2		2	2	1	2		1	1	2		3	1	1	3	1		2	1	
CARRETA																	1																				
ÔNIBUS		1													1																		1				1
BICICLETA		1		1												1		1	1	1			1						1	2		2			1		
VAN				1	1					2				1			2		2	1			1	1	1	1		1	2		2	1				8	
TOTAL		24	20	22	24	30	34	51	39	61	32	50	34	81	62	58	76	107	119	85	108	81	73	72	63	64	76	73	60	68	56	73	62	50	79	75	74

Página 1





CONTAGEM DE VEÍCULOS																																				
Esquina entre as ruas Av. Clériston Andrade e R. Dep. Vieira de Melo																		DATA DE CONTAGEM: 13 / 07 / 2022 (MANHÃ)																		
Nº DO MOVIMENTO: 02																		ASSINATURA DO OPERADOR(A): _____																		
TIPO DE VEÍCULO	06 : 24 às 07 : 24 Hrs												07 : 24 às 08 : 24 Hrs												08 : 24 às 09 : 24 Hrs											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
MOTO	6	6	5	17	18	23	30	31	28	17	20	18	32	22	30	25	23	19	28	27	22	23	16	20	13	14	17	14	18	12	18	17	15	19	14	13
CARRO	10	18	20	15	27	43	30	44	48	39	26	38	58	46	37	40	37	45	44	34	49	25	31	46	31	38	33	32	32	22	40	40	34	37	30	26
CAMINHÃO	1						1	1								1	3				1		2	1				3	2			1	1			3
CARRETA	1									1									1														1			
ÔNIBUS	1									1	1		1				1						1											1		
BICICLETA				1			1			2					1		1	2	2	6	1							2					1			
VAN	1	2	1	2	1	1	1	1		2	1			1	1	2	1	1				1	1		1		1		1	1	1			2		
TOTAL	20	26	26	35	46	67	63	77	76	61	49	56	91	69	69	68	66	67	74	68	74	50	49	67	45	52	51	49	55	35	59	60	53	56	44	42

Página 1

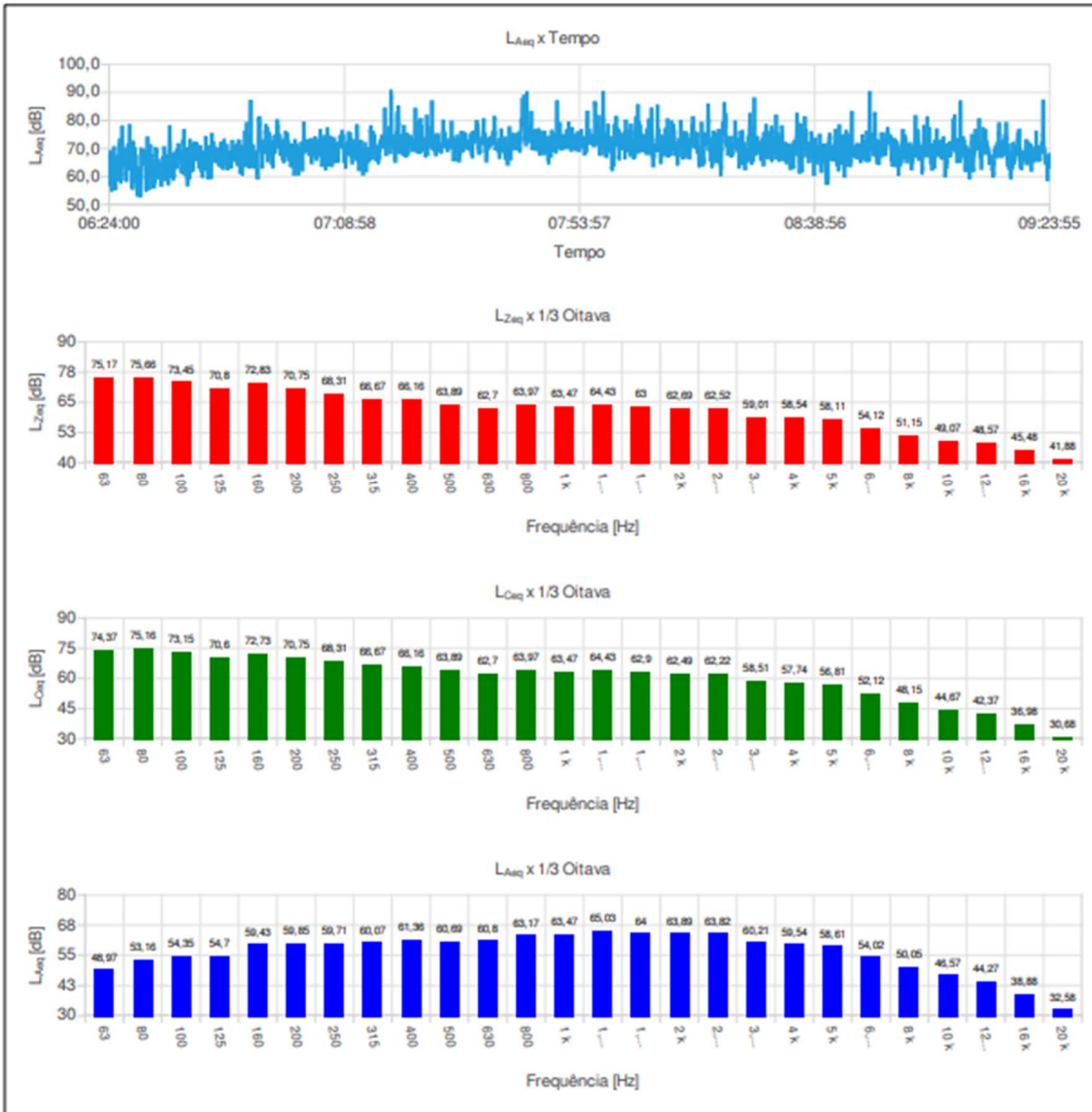


ANEXO C – RELATÓRIO DOS RESULTADOS DO RUÍDO EMITIDO PELO SOFTWARE SUITE CRIFFER NA TERÇA FEIRA.

**Resultados**

L [dB]: 73,34 <small>eq</small>	L [dB]: 113,17 <small>Mis</small>	L [dB]: 78,42 <small>05</small>	L [dB]: 62,23 <small>90</small>
L [dB]: 113,05 <small>AFMis</small>	L [dB]: 52,58 <small>Mn</small>	L [dB]: 75,24 <small>10</small>	L [dB]: 60,51 <small>95</small>
SEL [dB]: 113,67	L [dB]: 136,52 <small>Pico</small>	L [dB]: 69,33 <small>50</small>	

**Gráficos**



ANEXO C – RELATÓRIO DOS RESULTADOS DO RUÍDO EMITIDO PELO SOFTWARE SUITE CRIFFER NA QUARTA FEIRA.

**Resultados**

L [dB]: 72,74 eq	L [dB]: 99,00 Max	L [dB]: 78,11 05	L [dB]: 64,39 90
L [dB]: 98,84 AFMin	L [dB]: 53,19 Min	L [dB]: 74,98 10	L [dB]: 61,79 95
SEL [dB]: 113,07	L [dB]: 115,40 Pico	L [dB]: 69,66	

**Gráficos**

