

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO**

Pedro Henrique Farias Morais

**AVALIAÇÃO DE CONFORTO ACÚSTICO E TÉRMICO EM ÁREA RESIDENCIAL  
NO CENTRO DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS**

**São Carlos, SP**

**2015**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO**

**MORAIS, P. H. F. Avaliação de conforto acústico e térmico em área residencial no centro do município de São Carlos.** 2015. 83 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

M827a

Morais, Pedro Henrique Farias.

Avaliação de conforto acústico e térmico em área residencial no centro do município de São Carlos / Pedro Henrique Farias Moraes. – São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2015.

- 83 f. : il.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2015.

1. Acústica. 2. Ruído. 3. Poluição sonora. 4. Conforto térmico. I. Título.

G 534

# FOLHA DE JULGAMENTO

---

Candidato(a): **Pedro Henrique Farias Morais**

Data da Defesa: 07/07/2015

Comissão Julgadora:

Resultado:

**Wiclef Dymurgo Marra Junior (Orientador(a))**

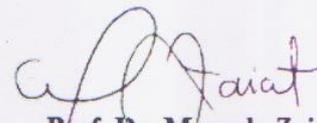
APROVADO

**Davi Gasparini Fernandes Cunha**

APROVADO

**Luiz Antonio Daniel**

APROVADO



**Prof. Dr. Marcelo Zaiat**

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Wyclef Dymurgo Marra Junior, pela orientação, atenção, paciência e todos os ensinamentos durante a graduação.

Aos meus pais, Marcos e Elcione, que, desde criança, se esforçaram para que eu pudesse ter uma educação de qualidade, sempre com muito trabalho, amor, carinho, paciência. Obrigado por sempre acreditarem em mim, sem vocês eu não seria nada.

Aos meus amigos da República Matadouro (desde 1991) e aos meus amigos do Hienas Carniceiras Motoclube (desde 2005). Em especial a Adriano Gasparini Vidal (Capixaba), Vinicius Freitas Reis (Fio), Paulo José Terçarioli Ramos (Boneco), Caio Conechoni (Animal), Felipe Sessin Dilascio (Aero), Roberto Petri (Betinho), Felipe César Reis (Fefe), Carlos Abdon Veneziani (Janela), Leonardo Duarte Cyrne (Carioca), Ricardo Chino (Poker), Felipe Gavinier (Gnomo), Renan Polo Montebelo (Frango), Gabriel de Oliveira Pinto (Taek), Ivan Ambroz, Thiago Coutinho (Crente), Ana Beatriz Zanandrea Chaves, Maria Clara Perobelli Duarte, a Vandete Pereira (por cuidar de mim como uma mãe cuida de um filho), a Ana Maranhão Nogueira (pela enorme ajuda e consultoria), a todas pessoas que moraram comigo e/ou que são meus eternos amigos e a todos que fazem ou fizeram parte da minha vida.

Ao departamento de Hidráulica e Saneamento e a todos os professores que me orientaram nas aulas ou em conversas particulares.

A todos que de alguma forma participaram da minha vida acadêmica e pessoal, me apoiando e ajudando no que fosse necessário.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o conforto térmico e acústico da Rua Capitão Adão Pereira de Souza Cabral. O estudo se justifica porque a localização em questão é uma típica rua do centro de uma cidade de porte médio do interior do Estado de São Paulo. A rua estudada possui uma escola estadual, prédios altos, baixos, sobrados, vegetação, transporte público urbano, comércio, residências, impermeabilização e grande movimentação de automóveis e pedestres. Os temas abordados foram Ruído e Conforto Térmico, representados por temperatura (°C), umidade (%) e ruído (dbA). Para obtenção dos dados, foram usados equipamentos, postos em local estratégico, no interior da residência e no quintal (representando a rua). Os resultados mostraram que apesar das diferenças dos dados atuais com as Normais Climatológicas da cidade de São Carlos, o local de estudo ainda está dentro das normas exigidas pela NBR 10151, NBR 16401 e NR15.

Como resultados, tem-se que Umidade, Temperatura e Ruído estão dentro dos padrões das NBRs citadas, com temperaturas dentro da faixa de 23-26°C, Umidades entre 35-65% e níveis de ruído equivalente não ultrapassando 60 db(A). O uso de materiais isolantes acústicos é recomendado para residências com maior nível de ruído e o uso de equipamentos de proteção individual como fones canceladores de ruído foi recomendado. A melhora contínua na qualidade de asfalto e motorização de carros, caminhões e ônibus também foi sugerida.

**Palavras-chave:** Conforto acústico. Conforto térmico. Ruído.

## ABSTRACT

This study aims to assess the current situation regarding the thermal and acoustic comfort of Street Capitão Adão Pereira de Souza Cabral. The study is justified since it is a typical street in the center of a medium-sized municipality in the State of São Paulo. In the study location there is a public school, low and tall buildings, houses, vegetation, urban public transport, shops, residences, impermeabilization and great movement of cars and pedestrians. The topics investigated include Noise and Thermal Comfort, represented by temperature (°C), humidity (%) and noise (dBA). In order to obtain the data, equipment for Noise, Acoustic and Thermal Comfort was used. Besides being equal, they have also been calibrated and put into strategic location, inside the house and in the backyard (representing the street). The results showed that despite the differences between current data and the Climate Normals of São Carlos, the study site is still in accordance with the standards required by NBR 10151, NBR 16401 e NR15.

The results were that Humidity, Temperature and Noise are within the standards established by the NBRs cited. Temperatures were within the range of 23-26°C, Humidity between 35-65% and equivalent noise levels not exceeding 60 dB (A). The use of soundproofing materials is recommended for homes with higher levels of noise and the use of personal protective equipment such as noise canceling headphones is recommended. Continuous improvement in quality of asphalt and engine cars, trucks and buses was also suggested.

**Keywords:** Acoustic comfort. Thermal comfort. Noise.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Centro do município de São Carlos .....	39
Figura 2. Panorama da Rua Capitão Adão Pereira de Souza Cabral .....	40
Figura 3. Sensor de temperatura, umidade e pressão Onset – HOBO U12-001.....	41
Figura 4. Decibelímetro Data-Logger Instrutherm Dec-490. ....	43
Figura 5. Calibrador para Dosímetro e Decibelímetros mod. CAL-4000 / Nível 94 e 114dB. ....	44
Figura 6. Localização dos equipamentos vistos de cima. ....	45
Figura 7. Tela inicial do sensor de temperatura e umidade. ....	46
Figura 8. Dados de temperatura e umidade exportados para o Excel.....	46
Figura 9. Dados de temperatura e umidade formatados no Excel. ....	47
Figura 10. Dados de ruído fornecidos pelo software Sound Level Meter. ....	48
Figura 11. Dados de ruído formato *.txt. ....	48
Figura 12. Resumo de todos os dados obtidos. ....	49

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comportamento da temperatura do ar no interior da residência no período de 16/11/2014 a 04/12/2014, com indicação da média das máximas e da média das mínimas, para o mês de novembro, fornecidas pelas Normais Climatológicas de São Carlos, SP, para o período de 1961–1990 .....	53
Gráfico 2. Comportamento da temperatura do ar no exterior da residência no período de 16/11/2014 a 04/12/2014, com indicação da média das máximas e da média das mínimas, para o mês de novembro, fornecidas pelas Normais Climatológicas de São Carlos, SP, no período de 1961–1990. ....	54
Gráfico 3. Comportamento da umidade no interior da residência no período de 16/11/2014 a 04/12/2014, com indicação da umidade média para o mês de novembro, fornecida pelas Normais Climatológicas de São Carlos, SP, de 1961–1990.....	55
Gráfico 4. Comportamento da umidade no exterior da residência no período de 16/11/2014 a 04/12/2014, com indicação da umidade média para o mês de novembro, fornecidas pelas Normais Climatológicas de São Carlos, SP, de 1961–1990.....	56
Gráfico 5. Nível de ruído no interior da residência durante o período diurno e sem chuva (2014). ....	57
Gráfico 6. Nível de ruído no exterior da residência no período diurno sem chuva.....	58
Gráfico 7. Nível de ruído no interior da residência no período diurno com chuva (2014). ....	59
Gráfico 8. Nível de ruído no exterior da residência no período diurno com chuva (2014).....	60
Gráfico 9. Nível de ruído no interior da residência no período noturno sem chuva (2014).....	61
Gráfico 10. Nível de ruído no exterior da residência no período noturno sem chuva (2014). .	62

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Velocidade de propagação do som para variados meios. ....	21
Tabela 2. Comprimento de onda para cada frequência em relação à frequência do som.....	22
Tabela 3. Potencias acústicas de fontes diversas. ....	24
Tabela 4. Nível sonoro de algumas atividades humanas. ....	25
Tabela 5. Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A). ....	31
Tabela 6. Limites de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes .....	32

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1. Objetivo geral .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>15</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>17</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1. Conceitos em acústica .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.1. Som .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.2. Sensação auditiva .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.3. Fontes sonoras .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1.4. Propagação.....</b>	<b>20</b>
<b>4.1.5. Pressão acústica .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1.6. Frequência.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1.7. Período .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1.8. Intensidade.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1.9. Potência acústica .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.10. Nível em dB .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.11. Reverberação .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1.12. Percepção .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1.13. Curvas de igual sensação .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2. Ruído .....</b>	<b>26</b>

4.2.1. Definição de ruído .....	26
4.2.2. Efeitos do ruído.....	28
4.2.3. Fontes de ruído .....	29
4.3. Poluição sonora.....	30
4.3.1. Conceito de poluição sonora.....	30
4.3.2. Limites legais para a poluição sonora.....	30
4.7. Conceitos em conforto térmico.....	33
4.7.1. Introdução ao conforto térmico .....	33
4.7.2. Definições .....	33
4.8. Normas de conforto térmico.....	35
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
5.1 Área de estudo .....	38
5.2. Local da coleta de dados .....	40
5.3. Equipamentos utilizados.....	40
5.3.1. Equipamento para medição de temperatura e umidade.....	40
5.3.2. Equipamento para medição de ruído .....	41
5.4. Procedimentos para a coleta de dados.....	44
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	52
7. CONCLUSÃO .....	64
REFERÊNCIAS .....	70
ANEXOS .....	67

## 1. INTRODUÇÃO

O problema da degradação ambiental confunde-se no tempo e espaço com a evolução do conhecimento obtido pelo Homem. A intensificação do processo de urbanização teve grande participação, devido ao aumento e diversificação das solicitações ao meio físico. As cidades necessitavam de itens essenciais de consumo como energia, água, produtos agrícolas e também de insumos básicos para a construção, como areia, argila, brita e madeira, todos retirados do meio ambiente (CARVALHO; PRANDINI, 1998). São Carlos tornou-se uma das grandes rotas de transporte de café devido à infraestrutura criada à época (anos 50). Pode-se dizer que a partir de então, começaram os processos de poluição ambiental, como o desconforto térmico e ruído em algumas áreas, que são objeto deste estudo.

Como muitos municípios brasileiros, São Carlos (localizada no centro do Estado de São Paulo) é uma cidade que está em constante processo de crescimento devido à existência de inúmeras indústrias de tecnologia e de centros educacionais de grande importância para o País:

Até 1940 a cidade se mostrava compacta, com uma grande facilidade de deslocamento gerada por distâncias curtas. Entre 1940 e 1950, ela mantém as mesmas características da década anterior, com todo o crescimento se dando em áreas adjacentes à área ocupada. De 1950 em diante, no entanto, a cidade explode. Somente entre 1950 e 1960, ela chega a mais do que dobrar sua área, em relação ao que havia até então. Daí para frente, o crescimento se mantém de forma acelerada, com enormes áreas nitidamente rurais sendo incorporadas à cidade entre 1970 e 1988. Apenas após 1988 a cidade parece reduzir o seu ritmo de crescimento, talvez como consequência do elevado número de terrenos deixados vazios nas áreas já loteadas (estimado em 15.000 lotes em 1996) (SILVA, 1997, p. 51).

O crescimento da população se deu a partir da década de 1950 com o avanço do processo industrial, tornando a economia da cidade baseada na indústria. Porém, esse aumento da população resultante da construção/criação de indústrias gerou outras necessidades, como o crescimento do setor de serviços (uma vez que a cidade começou a se expandir muito rapidamente, os serviços aparecerem naturalmente). Já na década de 1960, foi construído o novo Mercado Municipal, demarcando o novo centro comercial da cidade.

Um dos impactos é o ruído, que de forma geral é qualquer som que seja desagradável, ou seja, é uma questão subjetiva, por isso vários autores definem o ruído de diversas formas. Segundo Fiorillo (2003), “som é qualquer variação de pressão (no ar, na água, ...) que o ouvido humano possa captar, enquanto ruído é o som ou um conjunto de sons indesejáveis, desagradáveis, perturbadores. O critério de distinção é o agente perturbador, que pode ser variável, envolvendo o fator psicológico de tolerância de cada indivíduo”. Uma consequência extrema da exposição a Ruído exagerado e prolongado é a perda total da audição.

O outro impacto é o conforto térmico, que segundo a ASHRAE (1997), é um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve uma pessoa. É, portanto, uma sensação subjetiva que reflete a satisfação com o ambiente térmico e depende de aspectos biológicos, físicos e emocionais, não sendo, dessa forma, possível satisfazer com uma determinada condição térmica todos os indivíduos que ocupam um recinto.

Este estudo tem como objetivo quantificar e qualificar dois dos inúmeros problemas que surgiram dessa série histórica de urbanização sem o devido planejamento: o desconforto térmico e o ruído. Os dados foram obtidos em São Carlos, SP, na rua Capitão Adão Pereira de Souza Cabral, Centro. E, a partir desses elementos que transformam a paisagem urbana, dissertar sobre seus resultados para a população, mostrando a deficiência urbana que geram e a incongruência entre o uso e ocupação desordenado do solo e a qualidade de vida da população, dando prioridade à saúde e aos padrões necessários. Os dados de ruído foram obtidos utilizando instrumentação específica e de acordo com o roteiro estabelecido pela NBR 10151:2000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000). Os dados para conforto térmico, que incluem a medição de temperatura e umidade, foram obtidos utilizando instrumentação específica e de acordo com o roteiro estabelecido pelo fabricante.

O presente trabalho foi dividido da seguinte maneira: Primeiro, o estudo da teoria necessária (Ruído e Conforto Térmico) no capítulo de Revisão Bibliográfica. Depois de estudar e entender como esses fatores funcionam segue o capítulo de Materiais e Métodos onde a aquisição e tratamento dos dados é explicada. Além de mostrar o funcionamento e configuração dos equipamentos. Em seguida, de posse dos dados tratados, no capítulo de Resultados e Discussão, houve a confecção de gráficos que permitem visualizar os resultados

obtidos e as normas e assim compará-los. Na conclusão, há uma síntese dos resultados obtidos e sua implicação no ambiente de estudo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

O presente estudo tem como principal objetivo avaliar a situação o conforto térmico e acústico da Rua Capitão Adão Pereira de Souza Cabral (localizada no centro urbano do município de São Carlos), visando confrontar os resultados com as recomendações das Normas NBR 10151, NR 15, da tabela de Normais Climatológicas de São Carlos (período de 1960–1991) e da NBR 16401, a fim de verificar se o resultado das análises representa condições insalubres à população ou se está dentro dos padrões estabelecidos.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Realizar a coleta de dados de ruído, temperatura e umidade em local estratégico. Neste caso, a medição foi feita em ambiente residencial e na rua ao mesmo tempo, com instrumentos iguais e igualmente calibrados, para que as diferenças entre os ambientes possam ser comparadas.
- Determinar as médias aritméticas e os respectivos desvios-padrão para cada intervalo de medição para temperatura e umidade, além das médias aritméticas para cada intervalo de medição para ruído, com a finalidade de condensar os dados, já que o aparelho de medição de ruído (decibelímetro) fornece uma linha de dados a cada 1 segundo e o sensor de umidade e temperatura fornece uma linha de dados a cada 1 minuto. Isso significa que a cada 1 hora de coleta de dados, cerca de 3.660 dados, daí a necessidade de condensá-los.
- Comparar os resultados obtidos de temperatura, umidade e pressão com normas, legislação e recomendações. Para a comparação das medições de ruído, foi utilizada a NBR 10151, que dispõe sobre a avaliação do ruído em áreas habitadas, visando ao conforto da comunidade. Essa norma fixa as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independentemente da existência de reclamações, conforme a Tabela 5 e a NR15, que define um critério de insalubridade que visa à proteção da saúde do trabalhador e estabelece os limites máximos de

exposição ao ruído e às condições de avaliação e condutas que devem ser seguidas para a constatação do grau de insalubridade no trabalhador, no caso, na comunidade, conforme apresenta a Tabela 6. Para a comparação das medições de temperatura e umidade, a Tabela 6.16 (anexos) de normais climatológicas de São Carlos (período 1961–1990) e a NBR 16401 da ABNT devem ser utilizadas.

### 3. JUSTIFICATIVA

As mudanças no clima podem ser relacionadas à evolução da sociedade, principalmente após a Primeira Revolução Industrial e, hoje em dia, ao que pode ser chamado de Terceira Revolução Industrial. Dessa forma, foi observada variações microclimáticas diferentes se comparados os mesmos lugares com o passar dos anos.

Expansão e concentração urbanas não organizadas, construção de grandes obras que geram impermeabilização e aumentam a reflexão do solo, paredes urbanas (prédios, túneis) – que também contribuem negativamente com a absorção e reflexão da luz – possuem um efeito de caixa acústica, aumentando o nível de ruído em um determinado espaço. Todas essas características são inerentes a qualquer lugar que tenha sofrido expansão sem estudo prévio adequado.

O município de São Carlos possui cerca de 1.141 km<sup>2</sup>, e sua macrozona urbana corresponde à cerca de 15% da área total. O centro da cidade está, obviamente, dentro dessa macrozona, que possui grande variação de altitude e grande variação de construções (desde grandes terrenos, a casas térreas; grandes prédios e pequenos edifícios ou sobrados). Essa variação é importante para o estudo de conforto térmico/acústico.

O local escolhido para o presente trabalho foi a Rua Capitão Adão Pereira de Souza Cabral, na altura do nº 258, por ser uma típica rua de centro de uma cidade de porte médio do interior do Estado de São Paulo. A rua estudada possui uma escola estadual, prédios altos, baixos, sobrados, vegetação, transporte público urbano, comércio, residências, impermeabilização e grande movimentação de automóveis e pedestres.

O objetivo deste estudo é verificar se, por meio do levantamento de dados sobre ruído, temperatura e umidade, o local está de acordo com as normas estabelecidas para conforto térmico e acústico. Vale lembrar que a localização escolhida é uma boa representação do centro da cidade, e que os resultados obtidos se estendem para a maior parte do centro da

cidade. Portanto, este trabalho se justifica por ser útil na conscientização. Desse modo, o estudo justifica-se na busca por melhores condições acústicas e térmicas e para verificação da necessidade de modificações no ambiente (nesse caso, o centro da cidade de São Carlos). O estudo poderá ser utilizado, inclusive, em outra cidade de porte equivalente ao de São Carlos.

#### **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para o presente trabalho, foram revistas algumas das teorias sobre acústica e conforto térmico, relembando conceitos estudados durante o curso de Engenharia Ambiental. As teorias explicitadas foram tiradas com base na monografia de Pinto (2009) e na apostila de

conforto térmico do professor Roberto Lamberts da Universidade Federal de Santa Catarina. Não apenas o entendimento dessas teorias, mas de tudo que foi passado durante a graduação, se faz necessário, na medida em que o objetivo do curso é de tornar o aluno um profissional capacitado para o trabalho em campo, ou seja, fazer com que o aluno considere a situação, analise, entenda e aja utilizando seus conhecimentos teóricos adquiridos.

#### **4.1. Conceitos em acústica**

##### **4.1.1. Som**

É um fenômeno físico que consiste em uma rápida variação de uma onda de pressão num meio. Ele é causado pelos mais diversos objetos e se propaga através dos diferentes estados físicos da matéria. A percepção do som se dá por meio da sensação auditiva, detectada pelos ouvidos. Fisicamente, o som é uma variação muito pequena e rápida na pressão atmosférica, acima e abaixo de um valor fixo (estático), tal como uma senoidal. Existe um valor de referência em relação à pressão atmosférica em que a partir desse valor tudo o que se percebe é na forma sonora. Quanto ao fator diferenciado entre um som audível – que se pode perceber pelo ouvido humano – e o que não se pode perceber ocorrem dentro de uma variação de pressão entre cerca de 20 a 20.000 vezes por segundo, o que se convencionou chamar Hertz ou Hz.

##### **4.1.2. Sensação auditiva**

É função da percepção, portanto engloba aspectos fisiológicos e sociológicos. Exemplificando, pode-se dizer que duas pessoas reagem diferentemente a um mesmo ruído em função de diversos fatores, como idade, cultura, sexo, atividade, sensibilidade, etc. Envolvendo aspectos fisiológicos e sociológicos, o som influi direta e indiretamente no comportamento humano. Algumas mudanças constatadas são: fadiga, perda de sono, lazer, atenuação, perda de audição, agressividade, etc.

- Aspectos fisiológicos – Uma pessoa pode ouvir um som ou um barulho o qual não lhe causará nenhum dano, pois seu sistema auditivo é resistente; porém, outra pessoa, por ter um sistema auditivo menos resistente, poderá ficar surda com o mesmo som.
- Aspectos psicológicos – Se uma pessoa gostar de barulho, tipo discoteca, barulho de prensa ou barulho de moto, pelo fato de gostar desse barulho, não sofrerá grande dano auditivo; porém se a pessoa não gostar do barulho, ela poderá perder a audição.
- Aspectos sociológicos – Se um grupo de pessoas gosta de barulho, ou acha que está na moda, uma pessoa que entrar nesse grupo, se gostar desse barulho, poderá ser pouco afetada, porém se outra pessoa que não gostar e se o barulho for acima do nível normal, 85 dB(A), sofrerá grande dano.

#### **4.1.3. Fontes sonoras**

São os instrumentos que geram as ondas sonoras. Muitos corpos podem servir como fontes sonoras, todavia, há um pré-requisito indispensável para que ele funcione como tal: precisa ser capaz de vibrar. Para que um corpo seja posto em movimento vibratório, é imprescindível que exista uma relação bem definida entre duas características importantes da matéria que o compõe: densidade e rigidez.

#### **4.1.4. Propagação**

O movimento de corpos vibrantes faz com que eles transmitam energia aos meios vizinhos. Essa energia não passa de condensações e rarefações desses meios. Essas condensações e rarefações se manifestam sob a forma de variações de pressão, velocidade de partícula, amplitude, deslocamento, etc. O fenômeno se caracteriza ainda pela velocidade de propagação de energia, pela frequência e pela duração. Para determinadas frequências, durações e amplitudes, tais fenômenos são capazes de impressionar os ouvidos humanos.

Como a origem do som é um movimento vibratório da matéria, é interessante analisar o comportamento da propagação do som em diversos meios. No vácuo, onde não existe o indispensável meio material que o transporte, o som não se propaga. Na Tabela 1 estão apresentadas as velocidades de propagação para alguns meios materiais.

**Tabela 1:** Velocidade de propagação do som para variados meios.

Meio	Velocidade (m/s)
Dióxido de Carbono	259
Oxigênio a 0°C	316
Ar seco a 0°C	331
Ar seco a 20°C	343
Hélio a 0°C	965
Clorofórmio a 0°C	1.004
Etanol a 20°C	1.162
Chumbo	1.230
Água doce a 8°C	1.435
Mercúrio a 20°C	1.450
Água doce a 20°C	1.482
Água do mar	1.522
Chumbo	1.960
Cobre	5.010
Vidro (pyrex)	5.640
Aço	5.960
Granito	6.000

#### 4.1.5. Pressão acústica

A pressão acústica  $p(t)$  resulta da variação da pressão atmosférica  $P0$ . Para um ponto A num instante  $t$ , a pressão total resultante  $P$  nos dá:

$$p = p(t) + P0 \text{ ou } p(t) = P - P0$$

Esta pressão  $p(t)$  varia de instante a instante em função do tempo. Muitas vezes a variação da pressão não tem interesse. Então usa-se o valor eficaz e o valor máximo.

#### 4.1.6. Frequência

É o que caracteriza o número de vibrações por unidade de tempo. A unidade de frequência é o Hertz (Hz) que, por definição, é igual a um ciclo por segundo. As frequências de sons audíveis estão no intervalo de 20 Hz a 20.000 Hz.

Abaixo de 20 Hz, tem-se os infrassons, e acima de 20.000 Hz os ultrassons, que apesar de não serem audíveis, influem sobre o ser humano.

No intervalo dos sons audíveis, chamamos de graves aos sons de intervalo de 20 Hz a 200 Hz, médios, de 200 Hz a 2.000 Hz e agudos de 2.000 Hz a 20.000 Hz.

#### 4.1.7. Período

Período (T) de um fenômeno vibratório é o tempo necessário para que, num dado ponto, o fenômeno se repita em amplitude e fase.

Existe uma relação entre a velocidade, o comprimento de onda e a frequência de um som, o qual está exemplificada na Tabela 2.

$$c = \lambda \cdot f$$

**Tabela 2.** Comprimento de onda para cada frequência em relação à frequência do som.

<b>f ( Hz )</b>	<b>T = 1/f ( seg )</b>	<b><math>\lambda</math> ( m )</b>
20	$5 \times 10^{-2}$	17
50	$2 \times 10^{-2}$	68
100	$1 \times 10^{-2}$	3,4
200	$5 \times 10^{-3}$	1,7
500	$2 \times 10^{-3}$	0,7
1.000	$1 \times 10^{-3}$	0,3
2.000	$5 \times 10^{-4}$	0,2

5.000	$2 \times 10^{-4}$	0,07
10.000	$1 \times 10^{-4}$	0,03
20.000	$5 \times 10^{-5}$	0,02

---

#### 4.1.8. Intensidade

É uma noção ligada ao conceito de densidade de energia, sendo definida como a quantidade de energia que atravessa uma unidade de superfície perpendicular à direção de propagação. A relação entre a intensidade e a pressão efetiva (sofre influência da pressão externa) é dada pela fórmula:

$$I = P^2_{ef} / P^c_0$$

O conceito de intensidade é importante, pois está ligado à percepção do ouvido, que necessita uma quantidade mínima de energia para ser excitado. Para um ouvido normal, essa energia é da ordem de  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ .

Existe, ainda, uma energia a partir da qual a sensação é de dor. Ela é da ordem de  $10 \text{ W/m}^2$ .

Para uma onda esférica unidirecional, quando aplicada a definição de intensidade obter-se-a a equação (4) a seguir, em que  $D$  é a distância do ponto considerado à fonte, e  $W$  a potência da onda, e  $I$  a intensidade:

$$I = W / (4\pi D^2) \quad (4)$$

#### 4.1.9. Potência acústica

Nas potências acústicas que interessa à percepção do ouvido humano, encontra-se valores desde  $10^{-12}$  watt, até ruídos de reatores de avião com potência de  $10^4$  watt. A potência acústica de algumas fontes encontra-se na Tabela 3.

**Tabela 3.** Potencias acústicas de fontes diversas.

<b>Fonte</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Valor médio</b>
Cochicho suave		0,001 $\mu$ W
Relógio elétrico		0,02 $\mu$ W
Conversa de homem	0,004 W	5 a 10 $\mu$ W
Conversa de mulher	0,02 W	5 a 10 $\mu$ W
Orador	0,04 W	20 a 50 $\mu$ W
Automóvel a 70 km/h		0,1 W
Martelo pneumático		1 W
Avião a jato		10.000 W

#### 4.1.10. Nível em dB

Os técnicos acham conveniente exprimir as grandezas sob a forma logarítmica: obtêm-se, assim, níveis em relação a certos valores de referência, arbitrariamente escolhidos, os quais são expressos em decibéis (dB). O decibel é uma unidade que indica a proporção de uma grandeza física e o relaciona com um nível de referência

O meio urbano possui diversas fontes de som, que podem variar de 30 dB a 120 dB. Na Tabela 4, pode-se observar o nível sonoro de algumas atividades humanas.

**Tabela 4.** Nível sonoro de algumas atividades humanas.

<b>Atividade</b>	<b>Nível (db)</b>
Limiar auditivo	0
Estúdio de gravação	20
Biblioteca forrada	30
Sala de descanso	40
Escritório	50
Conversação	60
Datilografia	70
Tráfego	80
Serra circular	90
Prensas excêntricas	100
Marteletes	110
Aeronaves	130
Limiar da dor	140

#### **4.1.11. Reverberação**

A reverberação é um fenômeno característico de ambientes fechados. Quando um som é emitido em um ambiente fechado, ele se propaga em todas as direções devido aos obstáculos, e durará indefinidamente se não houver absorção no ambiente.

O tempo de reverberação é definido como o tempo necessário para o abaixamento da intensidade sonora em 60 dB e expressa a capacidade de absorção do ambiente.

#### **4.1.12. Percepção**

Se, num local onde as vibrações do ar forem imperceptíveis, e forem emitidos sons simples com intensidade crescente até um valor perceptível, pode-se dizer que para esta

frequência atingiu-se o limiar da percepção. Se o procedimento for repetido para todas as frequências, obteremos uma curva num gráfico intensidade X frequência.

Se a intensidade for aumentada para as mesmas frequências até sentir dor, chama-se esta curva de limiar da dor.

- Limiar da percepção – é a intensidade sonora mínima perceptível; varia conforme a frequência própria das vibrações.

- Limiar da dor – é a intensidade sonora máxima que o aparelho auditivo suporta sem sofrimentos; no qual o limiar da dor varia com a frequência, porém menos do que a limiar da percepção.

#### **4.1.13. Curvas de igual sensação**

Quando comparado um som audível, de frequência  $f$ , e certa intensidade  $I$ , com sons de frequências audíveis e intensidade variando até encontrar igual sensação, então foi encontrada uma curva de igual sensação.

## **4.2. Ruído**

### **4.2.1. Definição de ruído**

O ruído é, de forma geral, qualquer som que seja desagradável, ou seja, é uma questão subjetiva, por isso vários autores definem o ruído de diversas formas. Segundo Fiorillo (2003), “som é qualquer variação de pressão (no ar, na água, ...) que o ouvido humano possa captar, enquanto ruído é o som ou um conjunto de sons indesejáveis, desagradáveis, perturbadores. O critério de distinção é o agente perturbador, que pode ser variável, envolvendo o fator psicológico de tolerância de cada indivíduo”.

O ruído pode ser classificado quantitativa e qualitativamente. Quantitativamente, o ruído é definido pelos atributos físicos indispensáveis para o processo de determinação de sua nocividade – sua duração no tempo, espectro e de frequência e os níveis de pressão sonora, em dB. A classificação dos ruídos qualitativamente pode se dar de acordo com a variação de seu nível de intensidade com o tempo. De acordo com a Norma ISO 2204/1973

(INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1973), a classificação se dá da seguinte forma:

- Contínuos estacionários – ruído com variações de níveis desprezíveis durante o período de observação.
- Contínuos não estacionários – ruídos cujo nível varia significativamente durante o período de observação.
- Contínuo flutuante – ruído na qual o nível varia continuamente de um valor apreciável durante o período de observação.
- Ruído intermitente – aquele que não é ruído de impacto.
- Ruído de impacto ou impulso – ruído que se apresenta em picos de energia acústica de duração inferior a um segundo. É um fenômeno acústico associado a explosões ou tiros de revólver, sendo mais nocivo à audição.

Foi realizada uma pesquisa para avaliar a sensação auditiva ao ruído, confrontando-se a audibilidade de um tom de 1.000 Hz, comparada a outras frequências, à medida que a intensidade sonora crescia. Foi traçada uma curva com base nesses dados, formada por todos os sons que produzem igual sensação auditiva, a uma determinada intensidade, sempre com referência a frequência de 1.000 Hz. Com a zona de maior sensibilidade auditiva entre 3.000 Hz e 4.000 Hz, essas curvas foram denominadas de curvas de igual audibilidade ou curvas isofônicas. Segundo Gerges (1992), para se obter uma curva que correspondesse bem à resposta ao comportamento do ouvido humano, foram estabelecidas as curvas de compensação “A”, “B”, “C” e “D”. O circuito “A” aproxima-se das curvas de igual audibilidade para baixos níveis sonoros; os circuitos “B” e “C” são análogos ao circuito “A”, porém respectivamente para médios e altos níveis sonoros. Somente o circuito “A” é amplamente usado, uma vez que os circuitos “B” e “C” não fornecem boa correlação com testes subjetivos. Quando os valores são ponderados segundo a curva “A”, os resultados das medidas de nível de pressão sonora são descritos em dB(A). o circuito “D”, por sua vez foi padronizado para as medições em aeroportos.

De acordo com Gerges (1992), o potencial de danos à audição de um determinado ruído depende do seu nível e de sua duração. É possível estabelecer um valor único, Leq, ou seja, o nível sonoro médio integrado durante uma faixa de tempo especificada. O cálculo

matemático é baseado na energia do ruído (ou pressão sonora quadrática), segundo a equação (1):

$$Leq = 10 * \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{Li/10} \quad (1)$$

Em que:

$L_i$  – nível de pressão sonora em dB(A), lido em resposta rápida (*fast*) a cada 10 segundos, durante pelo menos 5 minutos;

$n$  – número total de leituras;

$Leq$  – nível equivalente de pressão sonora (dBA).

O tempo de exposição ao ruído também pode influenciar de forma nociva à saúde humana. Assim, é de grande preocupação a saúde dos trabalhadores que ficam expostos durante um grande período de tempo ao ruído do ambiente de trabalho. Esse tipo de ruído é chamado de ruído ocupacional ou profissional. Em muitos países, esse tipo de ruído já se tornou um dos maiores problemas para a saúde do trabalhador.

#### 4.2.2. Efeitos do ruído

Na maior parte dos casos, os ruídos a que um homem é submetido podem ser decompostos em um ruído de fundo, resultante de diversas fontes e de ruídos de fontes bem definidas que sobressaem em meio aos outros.

O homem tem a tendência a aceitar bem os ruídos de fundo, quando esses apresentam características estáveis em frequência e duração, e níveis relativamente baixos.

A intensidade de ruídos estáveis suportáveis por um indivíduo é função direta de sua atividade. Exemplificando: uma atividade intelectual requer maior silêncio que uma atividade manual, que não requer grande concentração. Pode-se dizer que para uma atividade, quanto maior o nível de ruído e a frequência, maior é a perturbação.

O ouvido é o único sentido que jamais descansa, sequer durante o sono. Com isso, os ruídos urbanos são motivos a que, durante o sono, o cérebro não descanse devidamente. Dessa

forma, o problema dos ruídos excessivos não é apenas de gostar ou não, é, nos dias que correm, uma questão de saúde.

### **4.2.3. Fontes de ruído**

#### **4.2.3.1. Ruído nas ruas**

O trânsito é o grande causador do ruído na vida das grandes cidades. As características dos veículos barulhentos são o escapamento furado ou enferrujado, as alterações no silencioso ou no cano de descarga, as alterações no motor e os maus hábitos ao dirigir (acelerações e freadas bruscas e o uso excessivo de buzina).

#### **4.2.3.2. Ruído nas habitações**

Condicionadores de ar, batedeiras, liquidificadores, enceradeiras, aspiradores, máquinas de lavar, geladeiras, aparelhos de som e de massagem, televisores, secadores de cabelo e tantos outros eletrodomésticos que podem estar presentes numa mesma residência, funcionando simultaneamente.

#### **4.2.3.3. Ruído nas indústrias**

É dos mais importantes o papel da indústria na poluição sonora. Depois da Primeira Grande Guerra, foi que se verificou o aumento das doenças profissionais, notadamente a surdez, além do aparecimento de outras moléstias, devidas ao desenvolvimento espantoso trazido pelo surto industrial.

Em alguns países europeus, como a Suécia e a Alemanha, onde os dados estatísticos retratam fielmente a realidade, é impressionante o número de operários que, nas indústrias, devido ao ruído, vêm sofrendo perda de audição.

#### **4.2.3.4. Ruído dos aviões**

A partida e a chegada de aviões a jato são acompanhadas de ruídos de grande intensidade que perturbam sobremaneira os moradores das imediações.

### **4.3. Poluição sonora**

É importante destacar que a poluição sonora não é, ao contrário do que pode parecer numa primeira análise, um mero problema de desconforto acústico. O ruído passou a constituir atualmente um dos principais problemas ambientais dos grandes centros urbanos e, eminentemente, uma preocupação com a saúde pública.

#### **4.3.1. Conceito de poluição sonora**

Segundo o inciso III do art. 3º da Lei nº 6.938/81 (BRASIL, 1981), a poluição é:

(...) a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

#### **4.3.2. Limites legais para a poluição sonora**

Por se tratar de problema social difuso, a poluição sonora deve ser combatida pelo poder público e pela sociedade, individualmente, com ações judiciais de cada prejudicado, ou coletivamente, por meio da ação civil pública (BRASIL, 1985), para garantia do direito ao sossego público, o qual está resguardado pelo artigo 225 da Constituição Federal.

Segundo Meireles (1981),

Embora seja certo que quem elege cidade grande para viver deve suportar o ônus que isso apresenta, todavia é dever do Poder Público amenizar o quanto possível a propagação de ruídos incômodos aos habitantes, principalmente em horário de repouso. O rumor das indústrias, a agitação do comércio se impõem aos cidadãos como ônus normais da vida urbana, em contraprestação das múltiplas vantagens que essas atividades proporcionam, mas o ruído anormal, excessivo, insuportável, principalmente à noite, apresenta-se como antijurídico.

A identificação entre som e ruído é feita por meio da utilização de unidades de medição do nível de ruído. Com isso, definem-se, também, os padrões de emissão aceitáveis e inaceitáveis, criando-se e permitindo-se a verificação do ponto limítrofe com o ruído. O nível de intensidade sonora se expressa habitualmente em decibéis (dB) e é apurada com a utilização de um aparelho chamado decibelímetro.

No que diz respeito a ruído, a tutela jurídica do meio ambiente e da saúde humana é regulada pela Resolução do CONAMA 001, de 08 de março de 1990 (CONAMA, 1990), que considera um problema os níveis excessivos de ruídos bem como a deterioração da qualidade de vida causada pela poluição.

Esta Resolução adota os padrões estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pela Norma Brasileira Regulamentar (NBR 10.151), de junho de 2000, reedição.

A Resolução do CONAMA (1990), nos seus itens I e II, dispõe:

- I – A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.
- II – São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior as ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10.151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

A NBR 10.151 dispõe sobre a avaliação do ruído em áreas habitadas, conforme mostra a Tabela 5.

**Tabela 5.** Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A).

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

Os limites máximos de exposição do trabalhador definido pela norma NR15 estão representados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Limites de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes.

<b>Nível de ruído (dBA )</b>	<b>Máxima exposição diária permissível (horas)</b>
85	8
86	7
87	6
88	5
89	4,5
90	4
91	3,5
92	3
93	2,66
94	2,25
95	2
96	1,75
98	1,25
100	1
102	0,75
104	0,58
105	0,5
106	0,42
108	0,33
110	0,25
112	0,17
114	0,13
115	0,12

## **4.7. Conceitos em conforto térmico**

### **4.7.1. Introdução ao conforto térmico**

Conforto térmico, tomado como uma sensação humana, situa-se no campo subjetivo e depende de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. Os fatores físicos determinam as trocas de calor do corpo com o meio. Já os fatores fisiológicos referem-se a alterações na resposta fisiológica do organismo, resultantes da exposição contínua a determinada condição térmica. Finalmente, os fatores psicológicos são aqueles que se relacionam às diferenças na percepção e na resposta a estímulos sensoriais, frutos da experiência passada e da expectativa do indivíduo.

### **4.7.2. Definições**

#### **4.7.2.1. Conforto Térmico**

Segundo a ASHRAE Standard 55-2010 (ASHRAE, 2010) conforto térmico é definido como “a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”.

#### **4.7.2.2. Neutralidade Térmica**

Segundo o pesquisador dinamarquês Fanger (1970), neutralidade térmica é “a condição na qual uma pessoa não prefira nem mais calor nem mais frio no ambiente a seu redor”.

De acordo com Tanabe (1984), “Neutralidade Térmica é a condição da mente que expressa satisfação com a temperatura do corpo como um todo”.

Analisando-se dentro de uma ótica física dos mecanismos de trocas de calor, sugere-se uma definição para neutralidade térmica como sendo o estado físico no qual todo o calor gerado pelo organismo através do metabolismo seja trocado em igual proporção com o ambiente ao seu redor, não havendo nem acúmulo de calor e nem sua perda excessiva, mantendo a temperatura corporal constante.

Considerando essas definições, pode-se dizer que a neutralidade térmica é uma condição necessária, mas não suficiente, para que uma pessoa esteja em conforto térmico. Um indivíduo que estiver exposto a um campo assimétrico de radiação pode muito bem estar em neutralidade térmica, porém não estará em conforto térmico.

#### **4.7.2.3. Termorregulação humana e balanço de calor no corpo**

Considera-se o corpo humano como uma “máquina térmica” que dispõe de um mecanismo termorregulador que controla as variações térmicas do organismo. Sendo o organismo humano homotérmico, isto é, sua temperatura deve permanecer praticamente constante, o mecanismo termorregulador cria condições para que isso ocorra.

Entende-se por “máquina térmica” aquela que necessita de certa quantidade de calor para seu funcionamento. O funcionamento do corpo humano é a condição na qual ele se encontra para que esteja apto a desempenhar suas atividades, que podem ser subdivididas em duas categorias:

- Atividades basais internas – são aquelas independentes de vontade e suficientes para fazer com que os órgãos do corpo humano funcionem a contento.
- Atividades externas – são aquelas realizadas conscientemente pelo ser humano, por meio de seu trabalho ou atividade desempenhada.

Para ter condições de desempenhar qualquer uma das atividades citadas, nosso organismo necessita do calor que é oriundo do metabolismo dos alimentos ingeridos e que também pode ser subdividido em duas categorias:

- Metabolismo basal – a taxa de calor necessária para o desempenho das atividades basais.
- Metabolismo devido às atividades externas – a taxa de calor necessária para o desempenho das atividades.

O calor gerado pelo organismo pode variar de 100 W a 1.000 W. Uma parte desse calor gerado é necessário, como já dito, para o funcionamento fisiológico do organismo e a outra parte é gerada devido ao desempenho das atividades externas, sendo que essa geração deve ser dissipada para que não haja um superaquecimento do corpo (que é homotérmico). A

temperatura interna do corpo humano é praticamente constante, variando aproximadamente de 35 °C a 37 °C.

Para que uma pessoa esteja em estado de conforto térmico no desempenho das atividades, admitem-se pequenas oscilações nessa temperatura interna, sendo que em situações mais extremas, admitem-se variações um pouco maiores, para se evitarem os perigos do estresse térmico.

#### **4.8. Normas de conforto térmico**

*ISO 7730/94 – Ambientes térmicos moderados – Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para conforto térmico. Título original: Moderate thermal environments -- Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1994).*

Esta norma propõe um método de determinação da sensação térmica e o grau de desconforto das pessoas expostas a ambientes térmicos moderados e especifica condições térmicas aceitáveis para o conforto.

*ISO 7730/2005 - Ambientes térmicos moderados -- Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para conforto térmico (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2005).*

Nesta nova versão, foi adicionado um método para avaliação de períodos longos, bem como informações sobre desconforto térmico localizado, condições em estado não estacionário e adaptação. Além disso, foi adicionado um anexo estipulando como os requisitos de conforto térmico podem ser expressos em diferentes categorias.

*ISO 7726/1998-Ambientes térmicos moderados -- Instrumentos e métodos para a medição dos parâmetros físicos (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1998).*

*ASHRAE Standard 55-2010 - Ambientes térmicos – Condições para ocupação humana.* A nova versão da norma também contém um método opcional para determinar condições térmicas aceitáveis em espaços naturalmente ventilados. Para usar esse método, os espaços devem possuir janelas operáveis que podem ser abertas pelos ocupantes.

*ISO 8996/90 - Ergonomia - Determinação da produção de calor metabólico.* Esta norma internacional especifica diferentes métodos para a determinação e medição da taxa de calor metabólico, no contexto da ergonomia do ambiente de trabalho. Esta norma também pode ser utilizada para outras aplicações como, por exemplo, a verificação da prática de atividades, o consumo energético de atividades específicas ou atividades físicas, bem como o custo total energético das atividades (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1990).

*ISO 8996/2004 – Ergonomia – Determinação da produção de calor metabólico* (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2004).

*ISO 9920/95 - Ergonomia de ambientes térmicos – Estimativa de isolamento térmico e resistência evaporativa de um traje de roupas* (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1995).

Esta norma internacional especifica métodos para a estimativa das características térmicas, resistência às perdas de calor seco e à perda por evaporação, em condições de estado estacionário para um traje de roupa, baseado em valores de vestimentas conhecidas, trajes e tecidos.

Graças ao entendimento de toda essa teoria é que foi possível a criação dos instrumentos utilizados neste estudo. E, em conjunto com as normas, tanto ISO quanto NBR, quanto as leis é que será possível a comparação dos resultados, chegando a uma conclusão compatível com os objetivos e justificativa deste trabalho, que é analisar as condições de ruídos e conforto térmico da Rua Capitão Adão Pereira de Souza Cabral e confrontá-las com as recomendações das normas e leis citadas.



## 5. MATERIAL E MÉTODOS

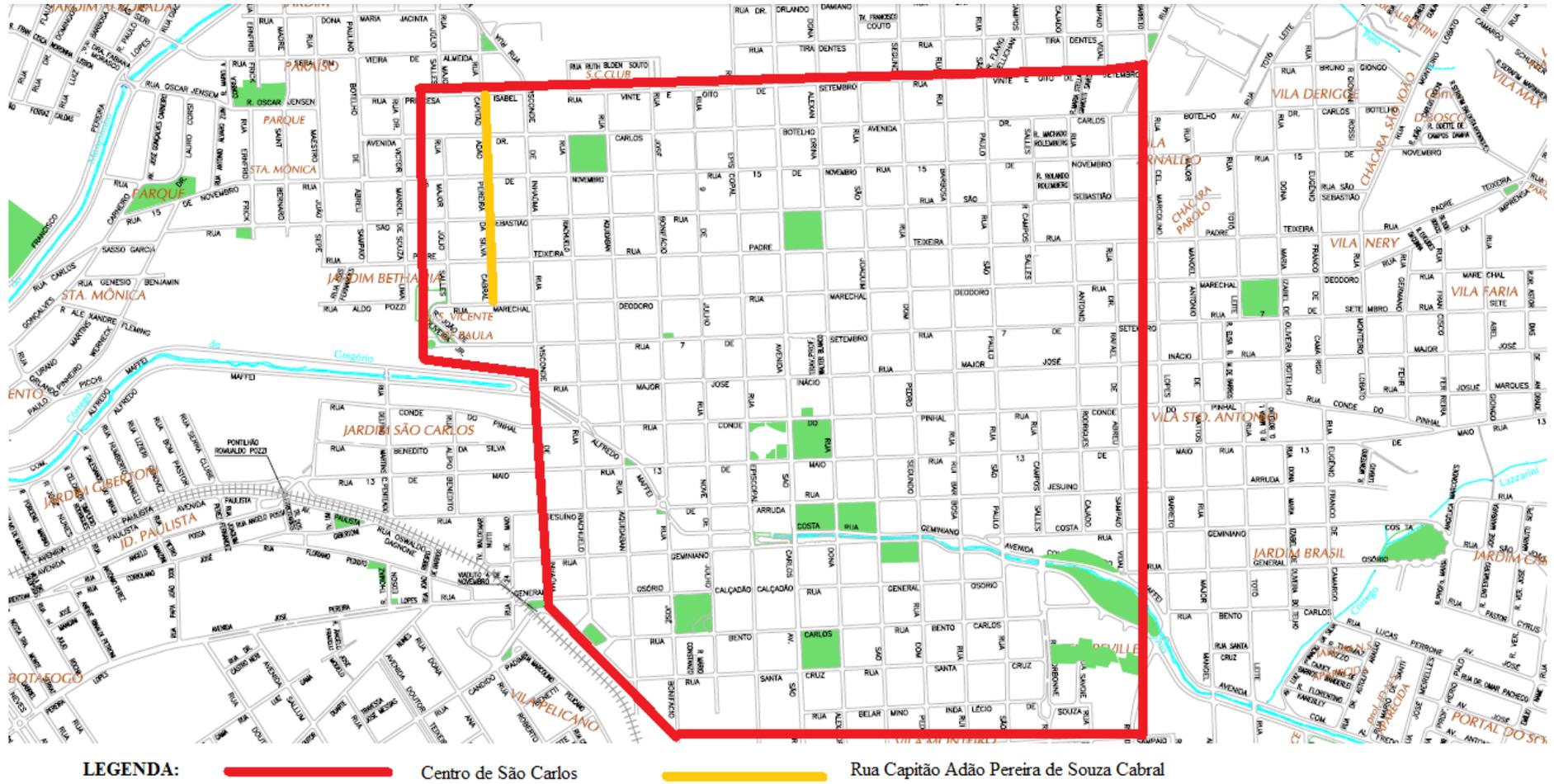
### 5.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em São Carlos, um município brasileiro localizado no interior do Estado de São Paulo, na região centro-leste, a uma distância de 58 km do centro geográfico do estado de São Paulo (Obelisco), e a uma distância rodoviária de 230 quilômetros da capital paulista. Com uma população recenseada em 238.958 habitantes (IBGE, 2014).

Limites geográficos:

- Norte: Rincão 58 km, Luís Antônio 90 km, Santa Lúcia 52 km
- Noroeste: Ibaté 15 km, Araraquara 40 km, Américo Brasiliense 52 km
- Sul: Itirapina 27 km
- Sudeste: Analândia 41 km
- Sudoeste: Brotas 60 km
- Leste: Descalvado 35 km
- Oeste: Ribeirão Bonito 30 km

A Figura 1, o Centro Comercial, compreendido entre as ruas 28 de Setembro, Rafael de Abreu, Major Júlio Sales e Belarmino Indalécio de Souza.

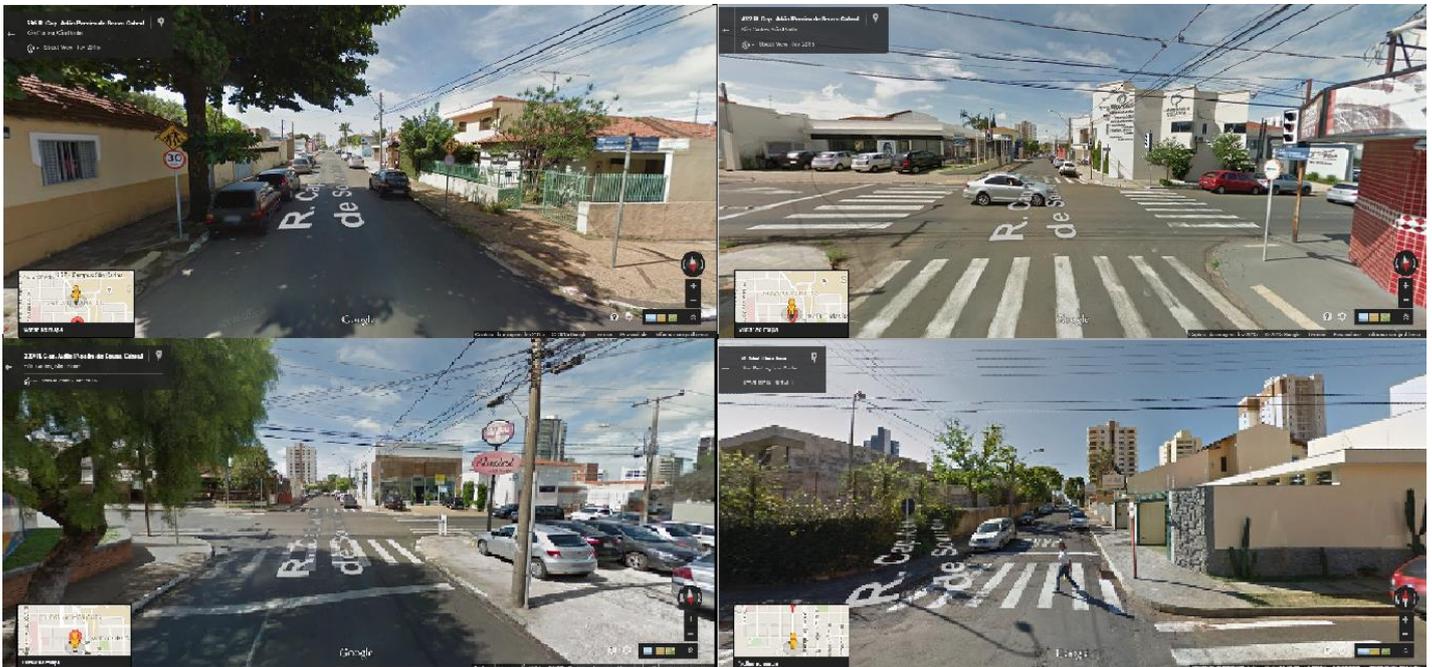


**Figura 1.** Centro do município de São Carlos.

Fonte: São Carlos (2005).

## 5.2. Local da coleta de dados

O local escolhido para o presente trabalho foi a Rua Capitão Adão Pereira de Souza Cabral, na altura do nº 258, por ser uma típica rua de centro de uma cidade de porte médio do interior do Estado de São Paulo. A rua estudada possui uma escola estadual, prédios altos, baixos, sobrados, vegetação, transporte público urbano, comércio, residências, impermeabilização e grande movimentação de automóveis e pedestres representados pela Figura 2.



**Figura 2.** Panorama da Rua Capitão Adão Pereira de Souza Cabral.

Fonte: Google Maps (2015).

## 5.3. Equipamentos utilizados

### 5.3.1. Equipamento para medição de temperatura e umidade

O equipamento utilizado para as medições de temperatura e umidade foi o sensor da marca Onset Computer Corporation, modelo HOBO –U12-001, com as seguintes configurações:

- Faixa de medição: -20° a 70°C.
- Exatidão:  $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$  de 0° a 50°C.
- Temperatura de operação: gravando (logging): -20° a 70°C, em leitura (USB): 0° a 50°C.
- Tempo de vida da bateria: 1 ano em uso típico.
- Memória: 64kbytes.
- Peso: 46g.
- Dimensões: 58x74x22 mm.



**Figura 3.** Sensor de temperatura, umidade e pressão Onset – HOBO U12-001.

### 5.3.2. Equipamento para medição de ruído

O equipamento utilizado para medição de ruído foi o Decibelímetro Digital com Data-Logger e conexão USB, modelo: DEC-490, marca Instrutherm, que possui as seguintes características:

- Display de Cristal Líquido (LCD) com 4 dígitos.
- Norma Atendida: IEC 61672-1 Classe 2.
- Precisão:  $\pm 1.4$  dB.
- Escala de frequência: 31.5 Hz ~ 8 KHz.
- Escala dinâmica: 50 dB.
- Memória: 32.700 kbytes.
- Níveis de escala: LO: 30dB ~ 80dB MED: 50dB ~ 100dB HI: 80dB ~ 130dB  
AUTO: 30dB ~ 130dB Ponderação de Frequência: A/C.
- Ponderação de tempo: FAST(125ms) e SLOW(1s).
- Microfone: condensador de eletreto de 1/2 ”.
- Resolução: 0,1dB.
- Taxa de atualização do display: 2 vezes por segundo.
- MAX Hold: congela o valor máximo.
- MIN Hold: congela o valor mínimo.
- HOLD: congela o valor da medição.
- Função alarme: “OVER” aparece quando a medição está acima do limite da escala, e “UNDER” aparece quando a medição está abaixo do limite mínimo da escala.
- Saída analógica: saídas AC/DC – AC= 1Vrms e DC= 10Vrms.
- Saída de dados: USB.



**Figura 4.** Decibelímetro Data-Logger Instrutherm Dec-490.

Para calibrar o decibelímetro, foi utilizado o calibrador da marca Instrutherm, modelo: CAL-4000, que possui as seguintes características:

- Atende à norma: IEC-942 / Classe 2.
- Categoria: Tipo 2.
- Níveis de pressão sonora de saída: 94 dB e 114 dB.
- Calibração de microfones de meia polegada.
- Frequência de saída: 1000Hz  $\pm$  4%.
- Precisão:  $\pm$  0,5dB.
- Alimentação: 1 bateria de 9V.
- Temperatura de operação: -10 °C a 50 °C.
- Temperatura de armazenagem: -20 °C a 50°C (sem bateria).
- Temperatura coeficiente: 0 dB °C a 0,01dB °C.
- Dimensões: 120 mm x 51 mm x 43 mm.
- Peso: aproximadamente 130g.

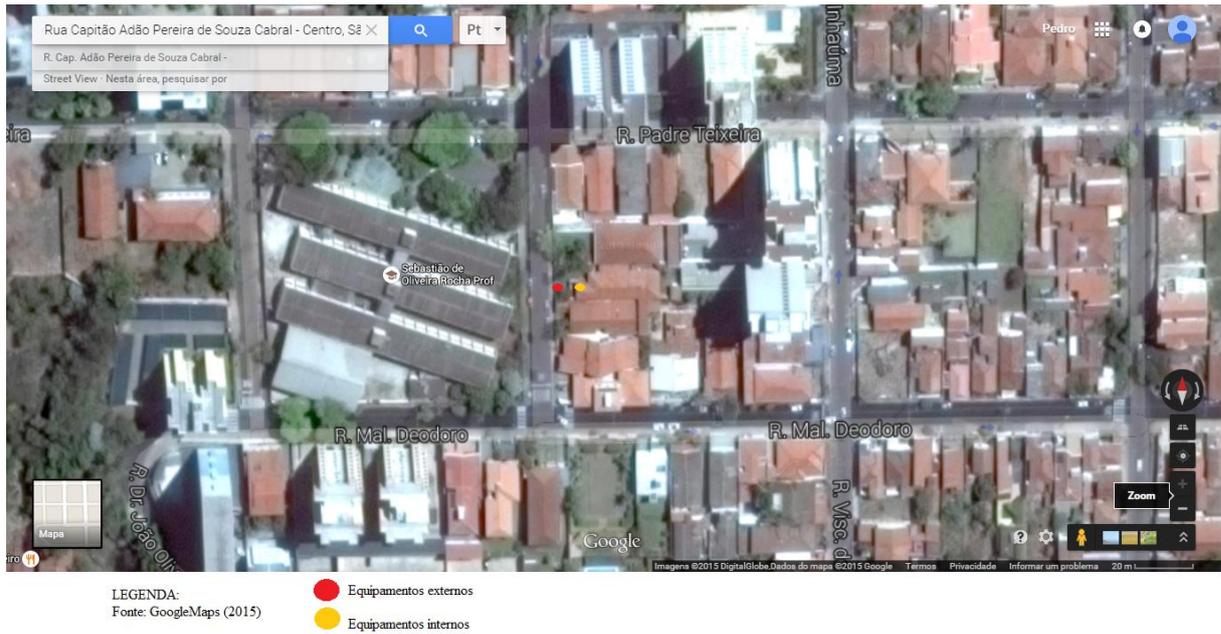


**Figura 5.** Calibrador para Dosímetro e Decibelímetros mod. CAL-4000 / Nível 94 e 114dB.

#### 5.4. Procedimentos para a coleta de dados

A coleta de dados foi realizada no interior da residência (dentro do quarto mais próximo à rua), e no exterior da residência (no quintal em frente à rua), com a intenção de simular os efeitos na rua. A coleta no exterior da residência não foi realizada na rua de fato, pois os equipamentos ficavam ligados várias horas por dia e a maioria das vezes sem supervisão. Portanto, colocá-los no quintal, perto da rua, foi a alternativa mais segura e mais aproximada das medições exteriores na rua propriamente.

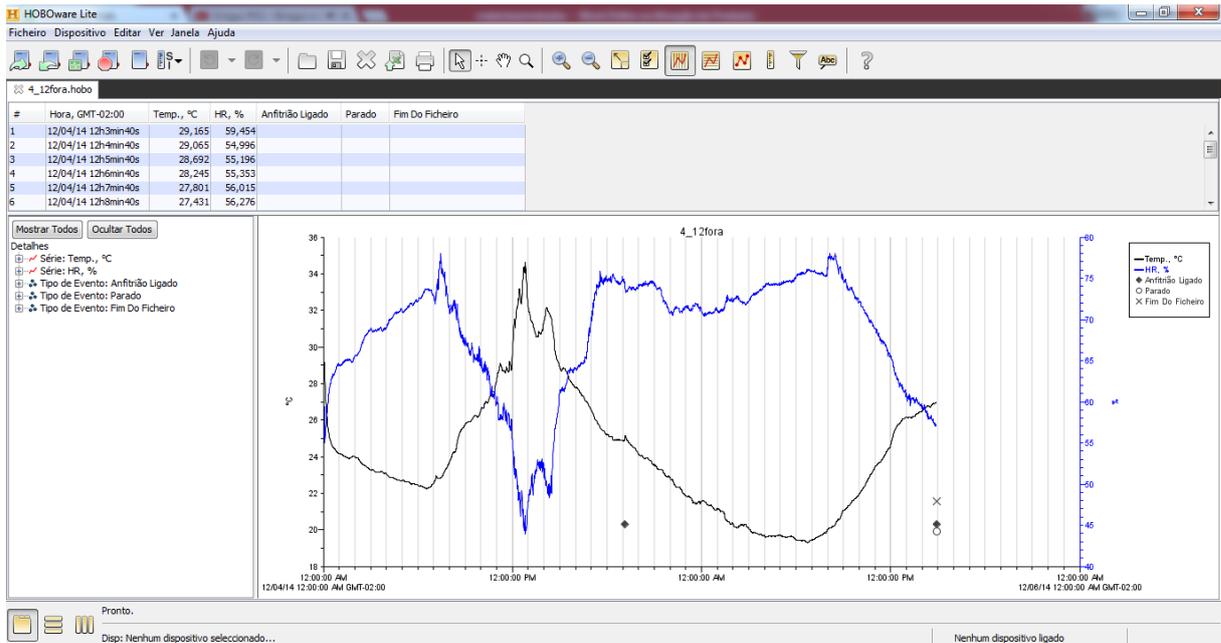
Os dados foram coletados do dia 16/11/2014 até o dia 04/12/2014 e os intervalos de coleta foram cerca de 7 horas seguidas em razão da memória do data-logger e da bateria. Como não havia quantidade extra de baterias, após um intervalo de medição, as baterias ficavam carregando por, pelo menos, 5 horas. Os equipamentos ficavam entre 1,2 m e 1,5 m de altura em relação ao solo e pelo menos a essa mesma distância de paredes e na sombra (protegido por um guarda-chuva). A Figura 6 mostra a planta da casa e a localização dos equipamentos.



**Figura 6.** Localização dos equipamentos vistos de cima.

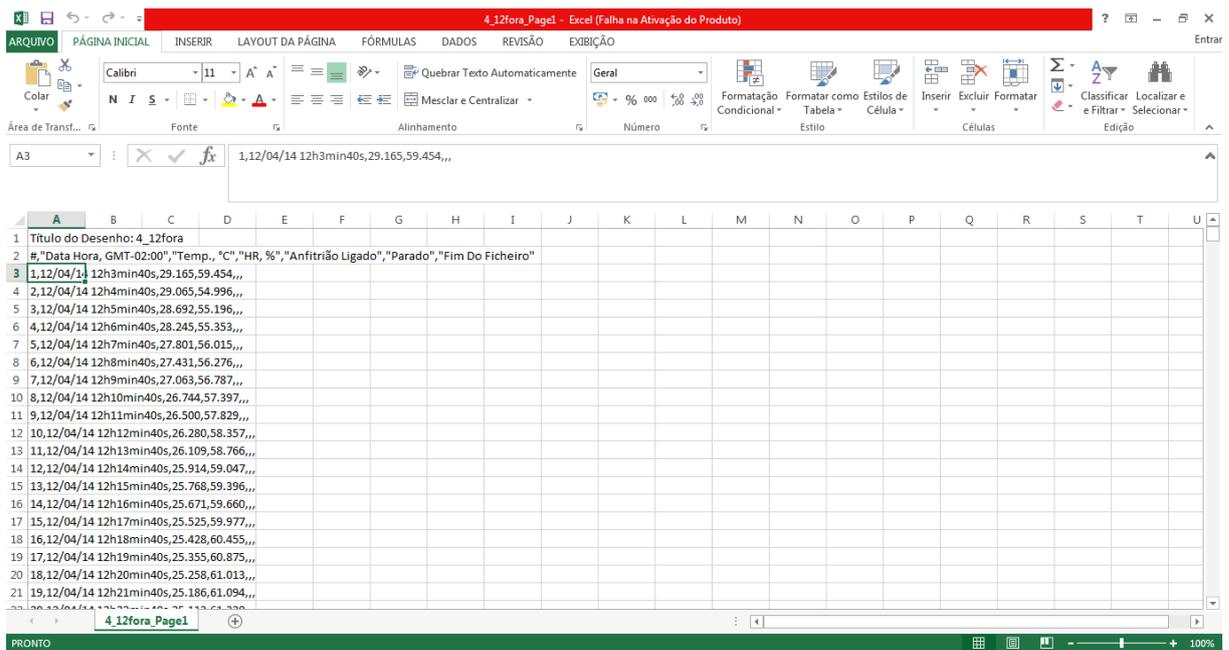
Fonte: Google Maps (2015).

Após cada intervalo de medição, os quatro aparelhos (dois decibelímetros e dois sensores de temperatura e umidade) eram desligados e ligados ao computador para descarregar os dados. Para descarregar os dados do sensor HOBO U12-001, era necessário abrir o software Hoboware lite e os dados já eram revelados de acordo com a Figura 7.



**Figura 7.** Tela inicial do sensor de temperatura e umidade.

No entanto, os dados precisaram ser exportados para o Microsoft Excel para fazer as contas de média, desvio-padrão, máximo, mínimo e etc. Essa exportação criou uma tabela no Excel como mostrado na Figura 8.



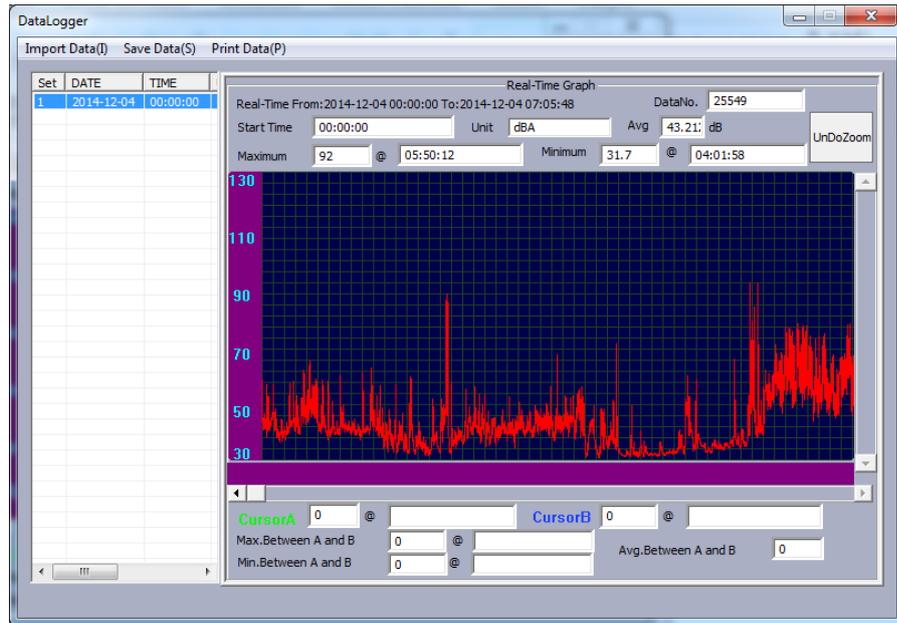
**Figura 8.** Dados de temperatura e umidade exportados para o Excel.

Como pode ser observado, os dados foram exportados para o Excel de maneira desordenada e impossível de serem trabalhados. Foi necessário utilizar o recurso de transformar texto em colunas para separar as colunas de data, hora, temperatura e umidade. Pode-se perceber que os dados de temperatura e umidade vêm descritos com ponto ao invés de vírgula, ex: T=28.682 °C ao invés de T=28,682 °C. Foi necessário fazer a mudança utilizando a função “substituir” do Excel, porque ponto representa milhar e vírgula, dezena. Depois de separar as colunas e substituir os pontos por vírgulas, os valores de máximo, mínimo, média e desvio-padrão foram calculados (como mostra a Figura 9).

data	hora	temp	umid	amostragem	temp(°C)	umid(%)
12/04/2014	12h3min4	29	59	1437	máx= 35	máx= 78
12/04/2014	12h4min4	29	55		min= 21	min= 44
12/04/2014	12h5min4	29	55		med= 25	med= 67
12/04/2014	12h6min4	28	55	1000	desv.padr.= 3,026348	desv.padr.= 7,644751
12/04/2014	12h7min4	28	56			
12/04/2014	12h8min4	27	56			
12/04/2014	12h9min4	27	57			
12/04/2014	12h10min	27	57			
12/04/2014	12h11min	27	58			
12/04/2014	12h12min	26	58			
12/04/2014	12h13min	26	59			
12/04/2014	12h14min	26	59			
12/04/2014	12h15min	26	59			
12/04/2014	12h16min	26	60			
12/04/2014	12h17min	26	60			
12/04/2014	12h18min	25	60			
12/04/2014	12h19min	25	61			
12/04/2014	12h20min	25	61			
12/04/2014	12h21min	25	61			
12/04/2014	12h22min	25	61			

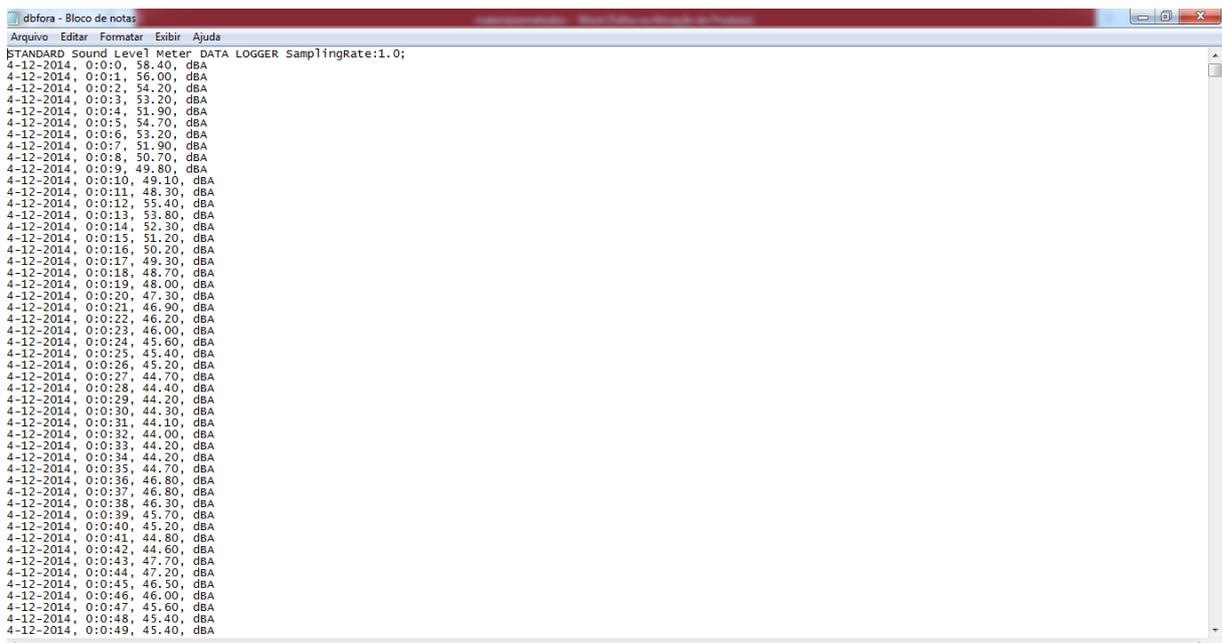
**Figura 9.** Dados de temperatura e umidade formatados no Excel.

Os dados do decibelímetro eram descarregados pelo software Sound Meter Level, fornecido pelo fabricante do aparelho (Instrutherm), e apresentados conforme a Figura 10.



**Figura 10.** Dados de ruído fornecidos pelo software Sound Level Meter.

Para que esses dados fossem trabalhados, foi necessária sua exportação para o Excel. Os dados foram exportados em formato \*.txt, como mostra a Figura 11.



**Figura 11.** Dados de ruído formato \*.txt.

Esses dados foram colados no Excel e também ficaram todos na primeira coluna do Excel. Foi necessário, mais uma vez, utilizar a separação do texto em colunas e a substituição do ponto por vírgula. Após a formatação correta de todas as 68 tabelas, cada uma com milhares de linhas de dados, foi gerada a tabela representada pela Figura 12, que faz um link direto com todas as demais tabelas.

Dentro da Residência Temperatura(°C)				Dentro da Residência Umidade(%)				Dentro da Residência Ruído (dbA)			Fora da residência Temperatura(°C)								
Data (2014)	Máximo	Mínimo	Média	Desvio padrão	Data (2014)	Máximo	Mínimo	Média	Desvio padrão	Data (2014)	Máximo	Mínimo	Média	Desvio padrão	Data (2014)				
16/nov	27,4	23,1	23,5	0,45515	16/nov	54,3	41,3	49,9	2,164958	16/nov	-	-	-	16/nov	35,0	20,4	28,7	4,89331	
17/nov	25,7	20,1	22,5	1,157424	17/nov	61,8	49,7	55,5	3,460118	17/nov	79,2	40,45	52	17/nov	38,3	15,2	26,0	6,0585	
18/nov	25,0	21,3	23,6	1,117693	18/nov	63,9	48,7	55,6	3,829506	18/nov	101,9	39,4	51	18/nov	38,6	21,9	29,6	5,20801	
19/nov	31,6	24,2	28,7	2,31278	19/nov	52,4	32,9	40,5	5,698763	19/nov	65,3	36,3	44	19/nov	38,3	21,4	30,3	5,02695	
20/nov	34,1	27,9	32,9	1,178903	20/nov	48,5	31,3	35,5	3,977771	20/nov	80,4	35,3	43	20/nov	40,3	26,6	32,8	3,78476	
21/nov	34,4	31,1	32,1	1,012956	21/nov	48,9	32,2	37,3	3,03831	21/nov	78,8	30,2	44	21/nov	42,1	24,5	31,3	5,48812	
25/nov	31,7	23,8	30,3	1,405963	25/nov	79,4	52,6	58,3	4,132997	25/nov	85	35,6	46	25/nov	28,3	22,0	25,3	1,73355	
26/nov	30,0	25,6	29,0	0,667229	26/nov	80,3	61,4	66,3	2,91074	26/nov	83,9	36,5	44	26/nov	26,7	22,5	24,2	0,90929	
27/nov	29,6	24,0	28,9	0,565419	27/nov	82,2	56,9	63,4	2,692223	27/nov	73,1	31,4	37	27/nov	27,1	22,1	23,8	1,69463	
28/nov	29,2	24,3	26,6	1,41902	28/nov	66,9	53,3	58,8	3,168667	28/nov	69,8	36,6	44	28/nov	29,2	20,8	23,7	2,26761	
01/dez	32,2	26,5	31,0	1,036271	01/dez	69,1	47,3	52,2	4,323406	01/dez	-	-	-	01/dez	36,2	24,1	28,7	2,64255	
02/dez	30,0	27,0	29,0	0,575295	02/dez	58,2	50,0	51,9	1,177551	02/dez	67,35	32	39	02/dez	31,0	21,6	23,0	1,50809	
03/dez	33,9	24,2	30,4	2,237067	03/dez	67,3	41,0	47,3	4,882627	03/dez	71,2	35,7	44	03/dez	34,9	20,4	23,2	4,27544	
04/dez	33,2	26,3	30,8	2,037386	04/dez	61,5	43,0	50,6	5,282538	04/dez	73,15	32,8	39	04/dez	34,6	21,4	25,4	3,02635	
<b>MÉDIA</b>	30,6	25,0	28,5	1,22704	<b>MÉDIA</b>	63,9	45,8	51,6	3,624298				<b>Leq=</b>	46	<b>MÉDIA</b>	34,3	21,8	26,9	3,46551

Figura 12. Resumo de todos os dados obtidos.

A partir da tabela matriz (Figura 12), foram criadas tabelas mais específicas. A Tabela 6.2 (anexo) apresenta os horários em que as medições de ruído, temperatura e umidade foram tomados para cada data. As linhas tracejadas significam que não houve medição.

Ve-se pela Tabela 6.3 (anexo) que o tempo total de aquisição de dados de temperatura e umidade foi de 132 horas e o tempo total de aquisição de dados de ruído foi de 136 horas.

Pelas configurações dos equipamentos, sabe-se que o sensor de temperatura e umidade fornece dados de 1 em 1 minuto, ou seja, foram registrados 7.920 (sete mil novecentos e vinte) dados diferentes. Também pelas configurações do equipamento, sabe-se que o decibelímetro fornece dados de 1 em 1 segundo, ou seja, foram registrados 489.600 (quatrocentos e oitenta e nove mil e seiscentos) dados diferentes.

Seria impossível apresentar esta quantidade de dados neste trabalho, e, por esse motivo, os dados foram condensados em tabelas como mostrado nas Tabelas 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8 e 6.9. (anexo)

Nas tabelas de ruído, foi usado o nível equivalente que se chama  $Leq$ , no caso,  $Leq=51$   $dB(A)$  seria a mesma coisa que dizer que do dia 16/11 ao dia 4/12 houve um ruído ininterrupto de 51 decibéis. O cálculo matemático é baseado na energia do ruído (ou pressão sonora quadrática), segundo a equação (1):

$$Leq = 10 * \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{Li/10} \quad (1)$$

Em que:

$Li$  – nível de pressão sonora em  $dB(A)$ , lido em resposta rápida (*fast*) a cada 10 segundos, durante pelo menos 5 minutos;

$n$  – número total de leituras;

$Leq$  – nível equivalente de pressão sonora ( $dB(A)$ ).

A partir dos dados apresentados das Tabelas 6.1, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8 e 6.9 (anexos), os dados de ruído, temperatura e umidade dos dias com chuva e sem chuva são apresentados nas Tabelas 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15 (anexos). A análise de ruído foi dividida entre período diurno e noturno devido à exigência da NBR 10151. De acordo com a norma, o período diurno vai das 7h às 21h e o período noturno das 21h às 7h.

Para efeito de comparação dos dados obtidos de temperatura e umidade, foi utilizada a Tabela 6.16 (anexos) que se refere as Normais Climatológicas de São Carlos (1961–1990). Essa tabela é definida pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e possui valores médios calculados em um longo período, no caso, 1961–1990.

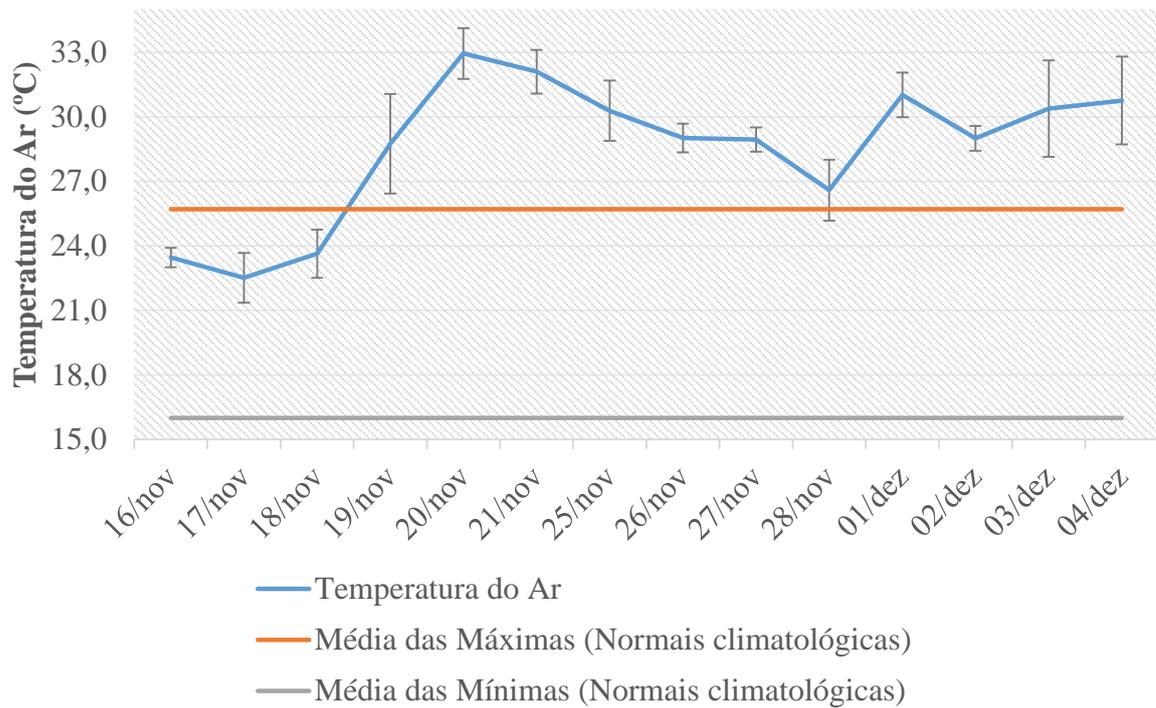
Assim, a partir daí, foram criados os gráficos que serão visualizados e descritos na seção Resultados e Discussão deste trabalho.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados coletados na Rua Capitão Adão Pereira de Souza Cabral (São Carlos, SP) que possui uma escola estadual, prédios altos, baixos, sobrados, vegetação, transporte público urbano, comércio, residências, impermeabilização e grande movimentação de automóveis e pedestres (e lembrando que esse ponto é uma representação do centro da cidade), os resultados, utilizando simples artifícios matemáticos, foram comparados às normas para determinar as condições atuais no que se refere à temperatura, à umidade e ao ruído.

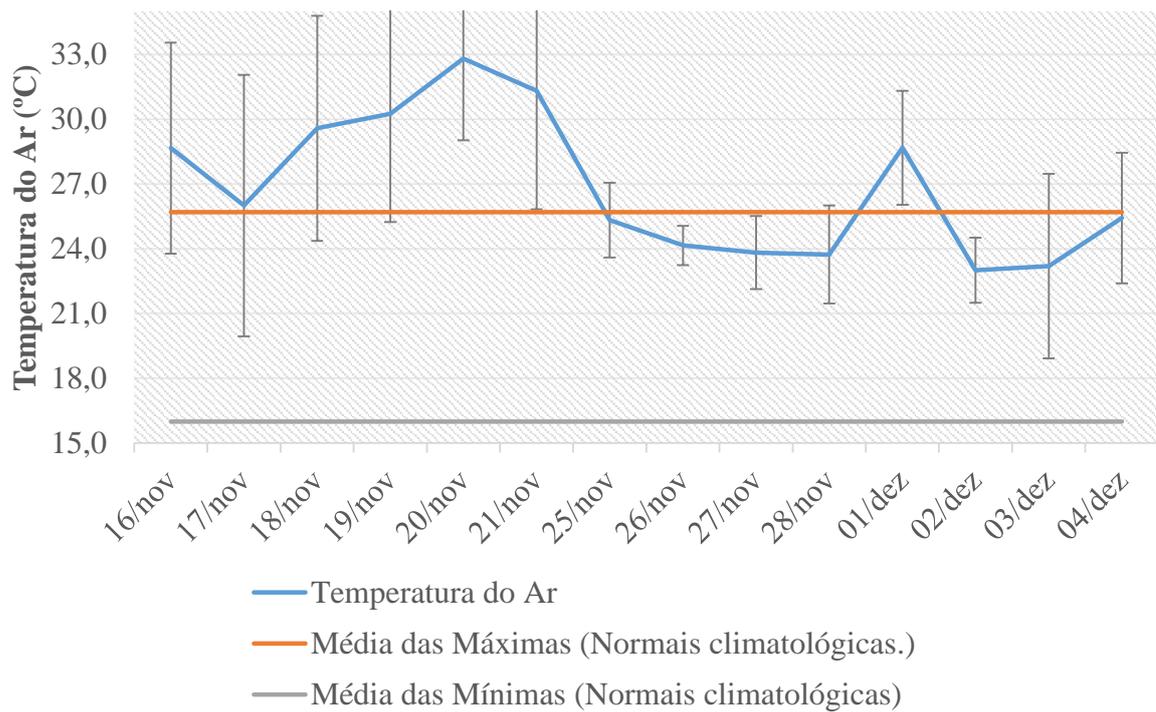
A partir desses dados e com as medições de campo obtidas durante a primavera (estação do ano) entre os dias 16/11/2014 e 4/12/2014, e de posse da Tabela de Normais Climatológicas de São Carlos e dos padrões estabelecidos pela NBR 16401 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), a qual diz que um ambiente termicamente confortável apresenta temperatura entre 23 °C a 26 °C e 35% a 65% de umidade, foram gerados gráficos que permitem a comparação dos dados de temperatura e umidade.

O Gráfico 1 mostra que os dados obtidos estão completamente fora das médias históricas mesmo considerando os desvios-padrão. Segundo a NBR 16401, um ambiente considerado confortável nesta época do ano tem suas temperaturas variando entre 23°C a 26°C, e, segundo esse gráfico, chega-se à conclusão de que, na grande maioria dos dias, o ambiente não estava dentro dos padrões, gerando desconforto térmico.



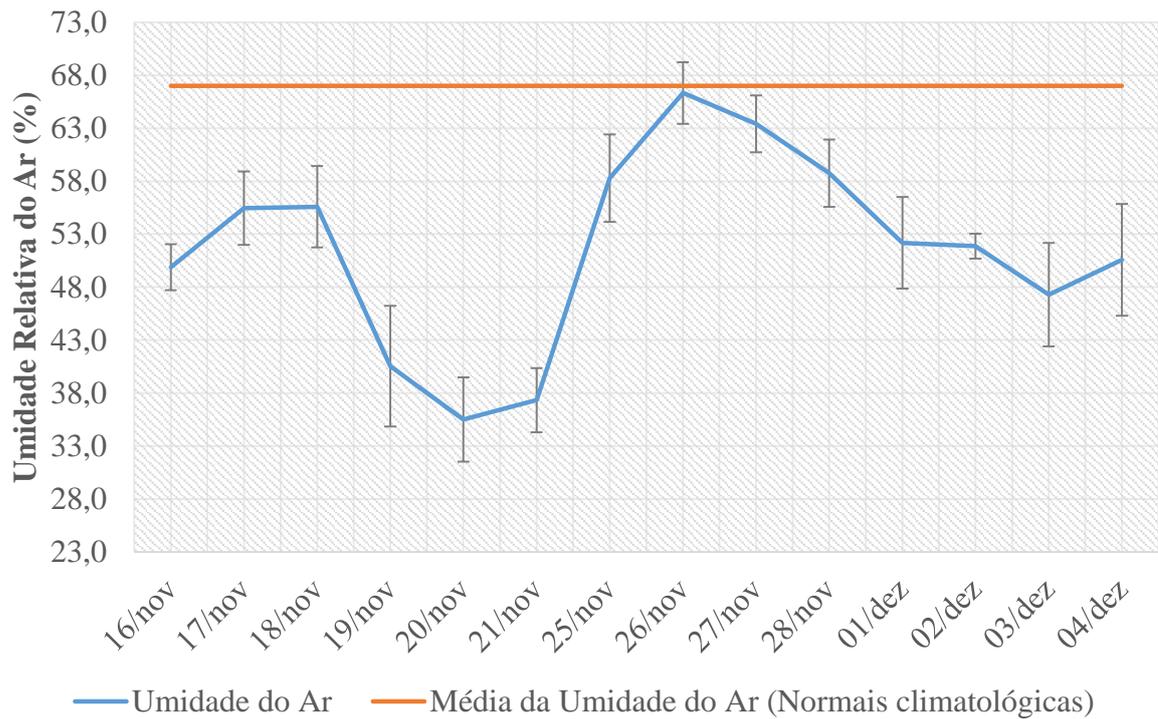
**Gráfico 1.** Comportamento da temperatura do ar no interior da residência no período de 16/11/2014 a 04/12/2014, com indicação da média das máximas e da média das mínimas, para o mês de novembro, fornecidas pelas Normais Climatológicas de São Carlos, SP, para o período de 1961–1990.

O Gráfico 2 demonstra que 78% dos dados obtidos estão dentro das médias históricas. Segundo a NBR 16401, um ambiente considerado confortável nesta época do ano tem suas temperaturas variando entre 23°C a 26°C, e, de acordo com o gráfico, conclui-se que em 93% dos dias o ambiente estava dentro dos padrões. É importante salientar que os desvios-padrão foram maiores para os dados obtidos no exterior da residência comparados aos do interior da residência.



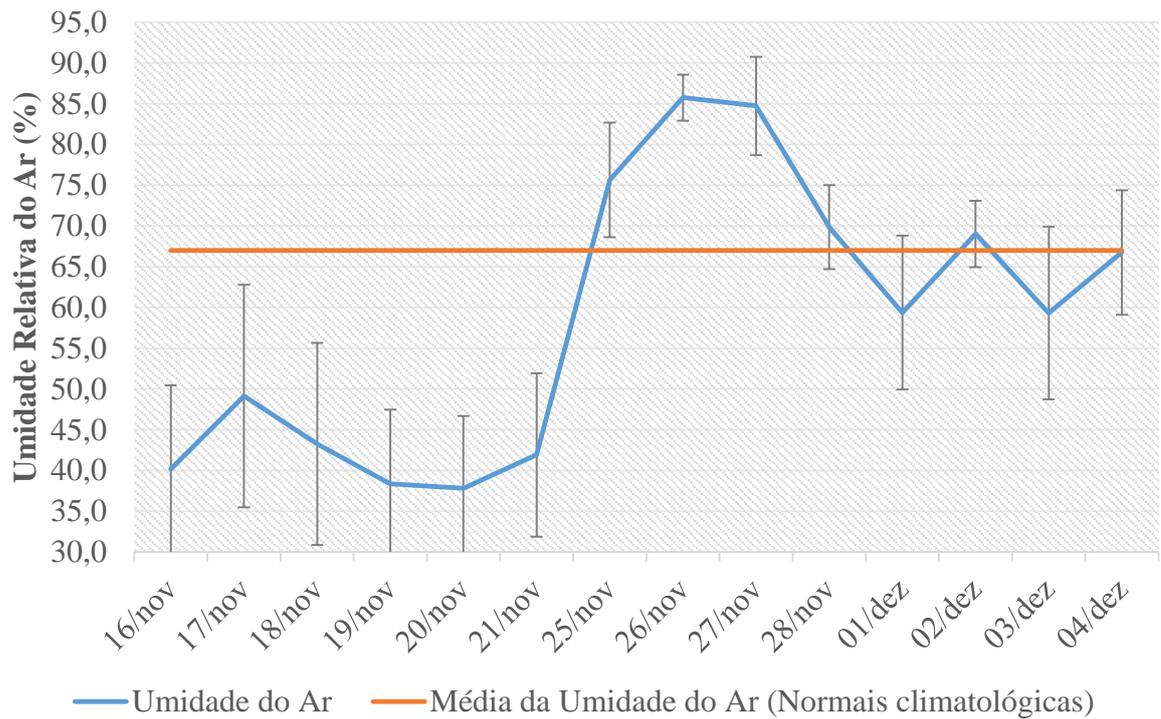
**Gráfico 2.** Comportamento da temperatura do ar no exterior da residência no período de 16/11/2014 a 04/12/2014, com indicação da média das máximas e da média das mínimas, para o mês de novembro, fornecidas pelas Normais Climatológicas de São Carlos, SP, no período de 1961–1990.

O Gráfico 3 descreve a umidade, e mostra que 93% dos dados obtidos estão fora das médias históricas, considerando também os desvios-padrão (é importante ressaltar que as medidas da Tabela de Normais Climatológicas de São Carlos são tomadas em campo e não em ambiente fechado, como é o caso descrito neste gráfico). E, segundo a NBR 16401, um ambiente considerado confortável nesta época do ano (Novembro) tem sua umidade variando entre 35% a 65%, e a partir do Gráfico 3, conclui-se que, em 100% dos dias, o ambiente estava dentro dos padrões, considerando também os desvios-padrão. Isso nos mostra que o desconforto causado pela temperatura, evidenciado pelo Gráfico 1, foi amenizado pela umidade relativa do ar. É importante lembrar que a Temperatura é uma grandeza física e a Sensação Térmica é algo subjetivo no qual vários fatores como a velocidade do vento e a umidade tem grande influência.



**Gráfico 3.** Comportamento da umidade no interior da residência no período de 16/11/2014 a 04/12/2014, com indicação da umidade média para o mês de novembro, fornecida pelas Normais Climatológicas de São Carlos, SP, de 1961–1990.

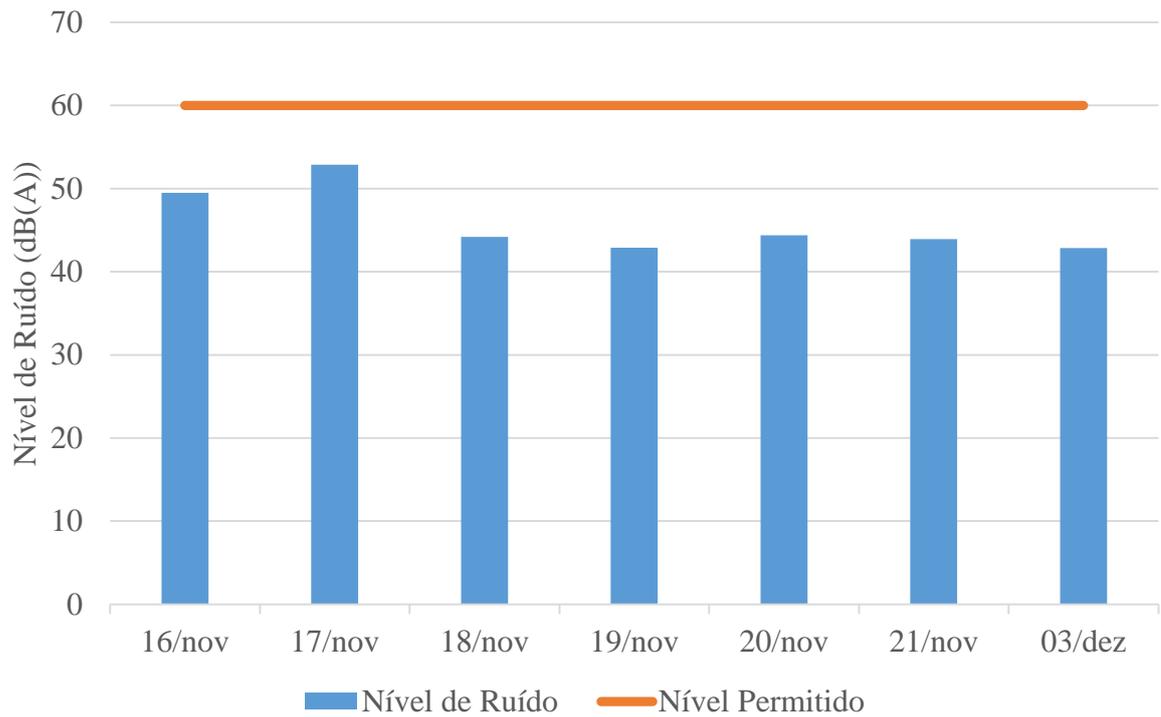
O Gráfico 4, também relativo à umidade, mostra que 65% dos dados obtidos estão fora das médias históricas, considerando também os desvios-padrão. Porém, segundo a NBR 16401, um ambiente considerado confortável nesta época do ano (Novembro) tem sua umidade variando entre 35% a 65%, e, de acordo com o gráfico, conclui-se que em 78% dos dias, o ambiente estava dentro dos padrões, considerando, também, os desvios-padrão. Isso nos mostra que, na grande maioria dos dias, no exterior da residência (rua) estavam dentro dos padrões tanto de temperatura quanto de umidade, evidenciando assim conforto térmico.



**Gráfico 4.** Comportamento da umidade no exterior da residência no período de 16/11/2014 a 04/12/2014, com indicação da umidade média para o mês de novembro, fornecidas pelas Normais Climatológicas de São Carlos, SP, de 1961–1990.

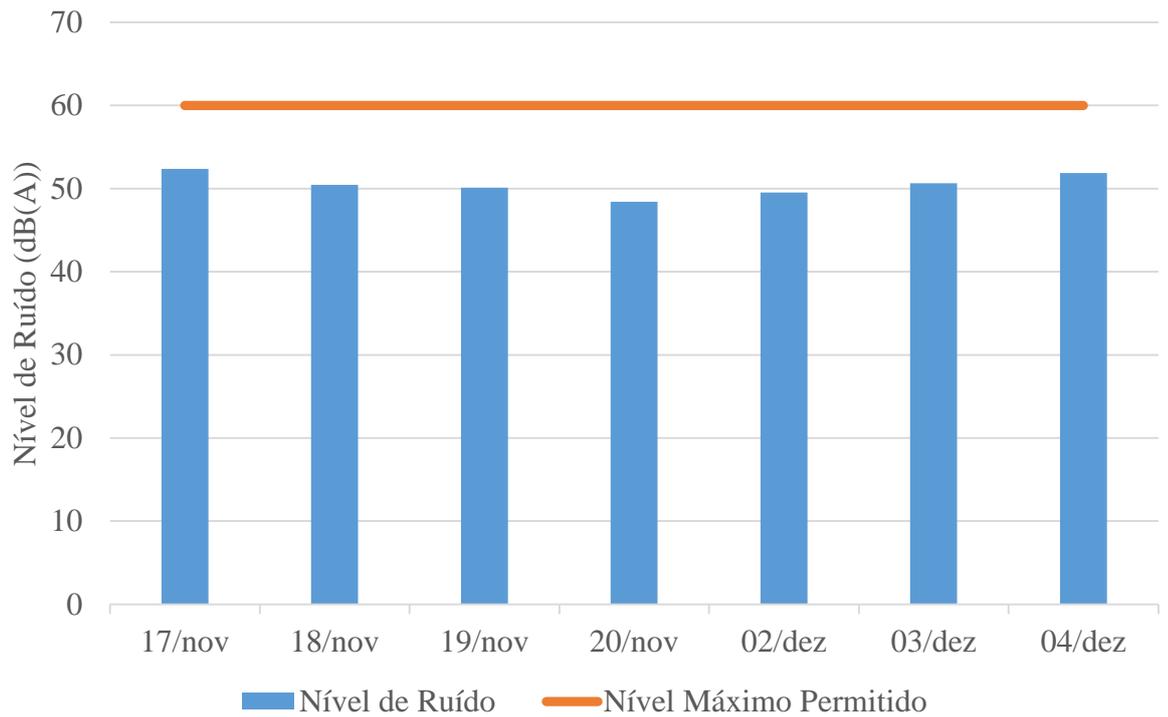
Essas foram as comparações em relação à temperatura e umidade. Assim, a questão relativa ao ruído será tratada a seguir. É importante considerar que o desconforto gerado pelo ruído difere dos problemas físicos causados por ele. Ex: um aparelho de som tocando música na potência máxima pode ser confortável para quem está ouvindo, mas provavelmente não é saudável.

O Gráfico 5 demonstra que em nenhum dos dias de medição no período diurno no interior da residência houve ruído acima do limite de 60 dB(A) imposto pela NBR 10151 (representada pela Tabela 5) e usando a área em questão como área mista, com vocação comercial e administrativa (Tabela 5). Os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente estabelecidos pela NR 15 (BRASIL, 2009) também não foram ultrapassados.



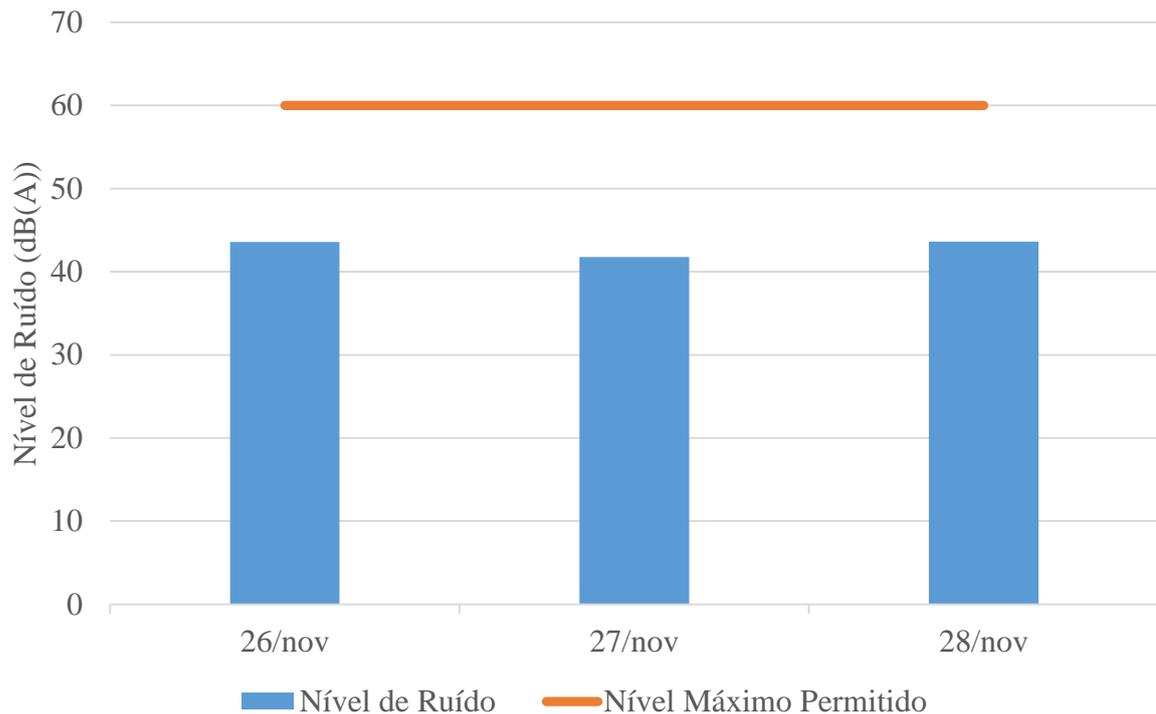
**Gráfico 5.** Nível de ruído ( $Leq$ ) no interior da residência durante o período diurno e sem chuva (2014).

O Gráfico 6 mostra que em nenhum dos dias de medição no período diurno sem chuva no exterior da residência houve ruído acima do limite de 60 dB(A) imposto pela NBR 10151 (Tabela 5) e usando a área em questão como área mista, com vocação comercial e administrativa no período diurno (Tabela 5). Os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente estabelecidos pela NR 15 também não foram ultrapassados. Mas é importante ressaltar que o ruído do exterior da residência foi maior, a  $Leq$  no interior da residência foi de 48 dB(A) e a  $Leq$  no exterior da residência foi de 51 dB(A).



**Gráfico 6.** Nível de ruído (Leq) no exterior da residência no período diurno sem chuva.

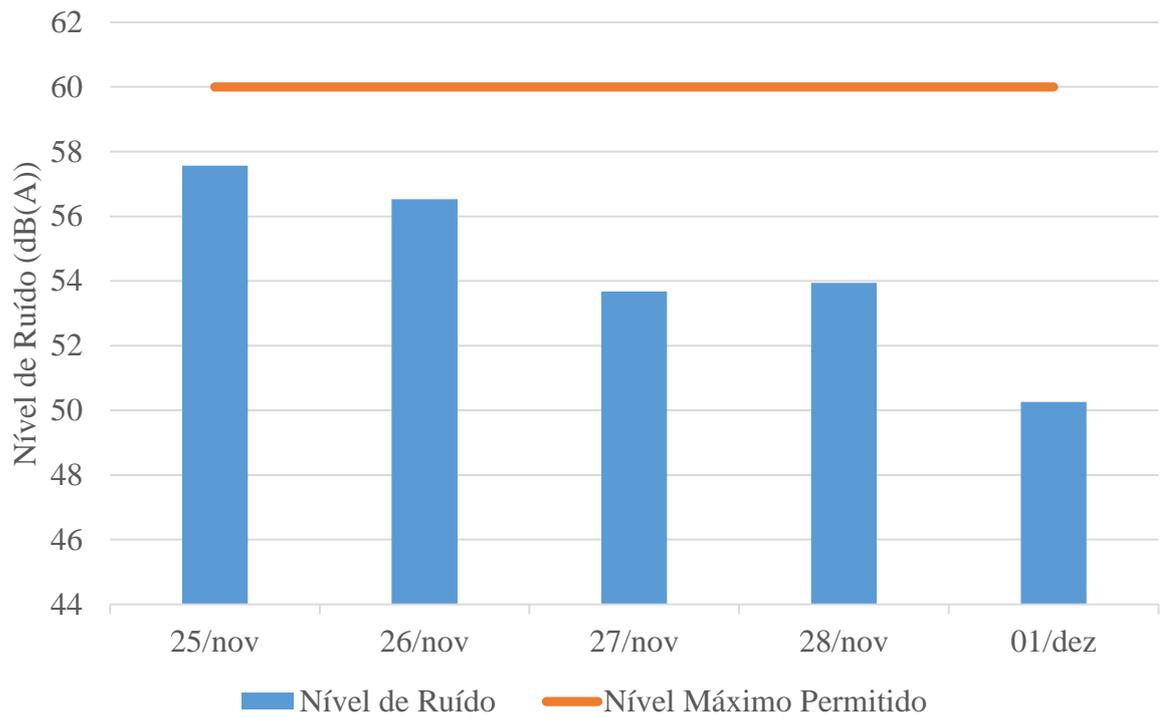
O Gráfico 7 demonstra que, da mesma forma, em nenhum momento, o ruído no interior da residência no período diurno com chuva ultrapassou ou sequer chegou perto do nível máximo permitido de 60 dB(A) imposto pela NBR 10151 (Tabela 5) e usando a área em questão como área mista, com vocação comercial e administrativa no período diurno (Tabela 5). Os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente estabelecidos pela NR 15 também não foram ultrapassados.



**Gráfico 7.** Nível de ruído ( $Leq$ ) no interior da residência no período diurno com chuva (2014).

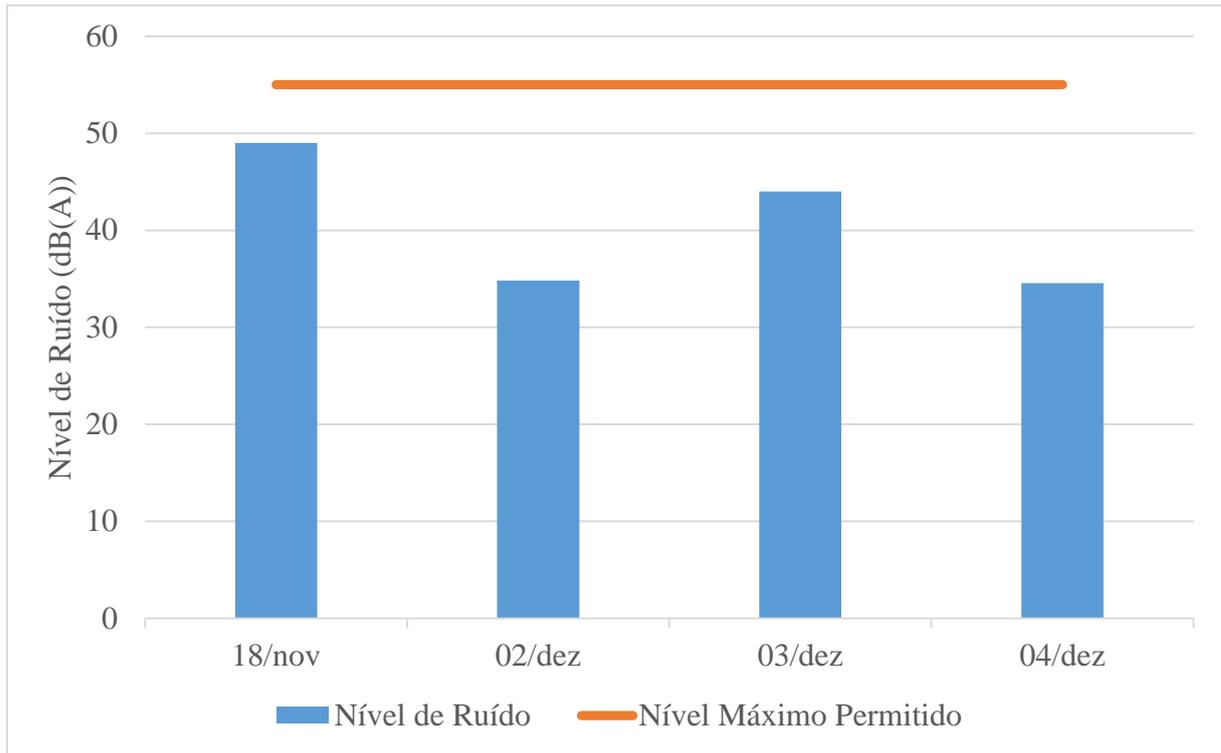
O Gráfico 8 mostra que em nenhum dos dias de medição no período diurno com chuva no exterior da residência houve ruído acima do limite de 60 dB(A) imposto pela NBR 10151 (Tabela 5) e usando a área em questão como área mista, com vocação comercial e administrativa no período diurno (Tabela 5). Os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente estabelecidos pela NR 15 também não foram ultrapassados. Mas é interessante ressaltar que o ruído no exterior da residência foi maior, a  $Leq$  do interior da residência foi de 43 dB(A) e a  $Leq$  do exterior da residência foi de 55 dB(A). Isso mostra a grande diferença em dias de chuva que o ruído provoca para quem está dentro ou fora de um ambiente fechado.

Neste momento, é relevante ressaltar que o ruído de até  $Leq=50$  dB(A) ao homem em vigília pode ser perturbador, mas ele se adapta. A partir de 55 dB(A) o ruído começa a provocar estresse leve. O estresse degradativo do organismo começa em cerca de 65 dB(A), com desequilíbrio bioquímico, aumentando o risco de enfarte, derrame cerebral, infecções, osteoporose, etc.



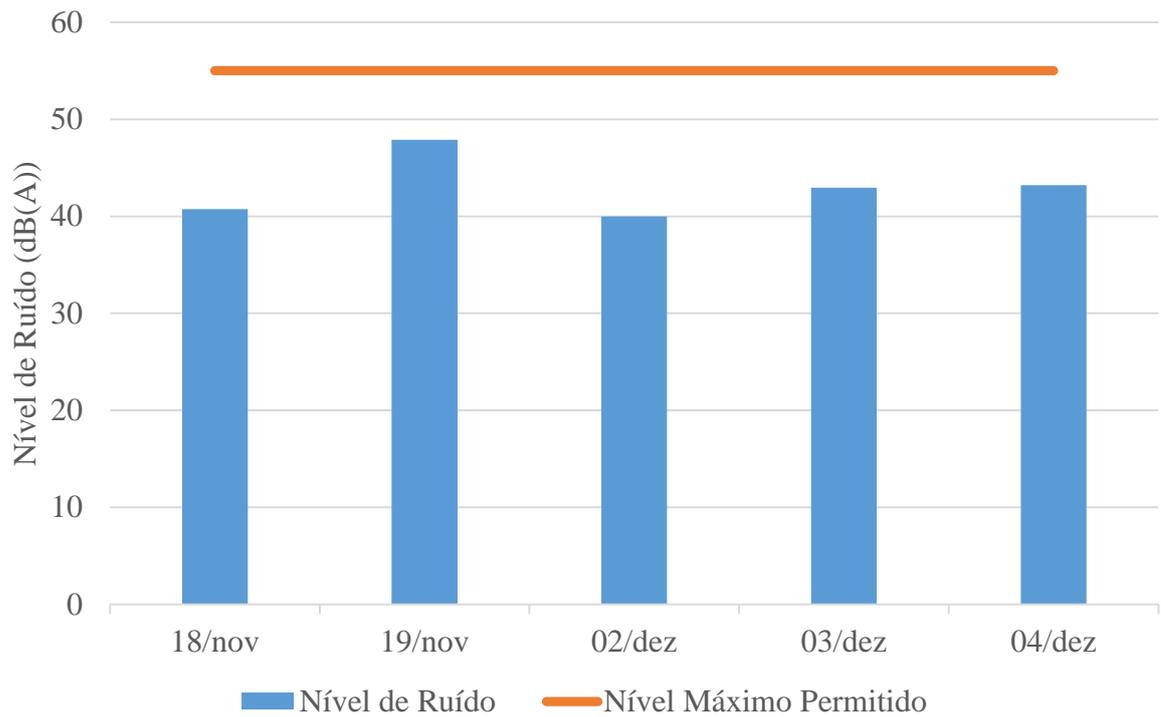
**Gráfico 8.** Nível de ruído no exterior da residência no período diurno com chuva (2014).

Já no Gráfico 9, observa-se que em nenhum dos dias de medição no período noturno sem chuva no exterior da residência houve ruído acima do limite de 55 dB(A), imposto pela NBR 10151 (Tabela 5) e usando a área em questão como área mista, com vocação comercial e administrativa no período Noturno (tabela 5). Os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente estabelecidos pela NR 15 também não foram ultrapassados.



**Gráfico 9.** Nível de ruído ( $Leq$ ) no interior da residência no período noturno sem chuva (2014).

No Gráfico 10, também observa-se que em nenhum dos dias de medição no período noturno sem chuva no exterior da residência houve ruído acima do limite de 55 dB(A) imposto pela NBR 10151 (Tabela 5) e usando a área em questão como área mista, com vocação comercial e administrativa no período noturno (Tabela 5). Os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente estabelecidos pela NR 15 também não foram ultrapassados. No entanto, é relevante mostrar que o ruído tanto dentro quanto fora da residência teve a mesma  $Leq=44$  dB(A). Não há como antecipar o motivo para isso acontecer, já que teoricamente o ruído no período diurno é maior que no período noturno e que o ruído externo é maior que o interno.



**Gráfico 10.** Nível de ruído no exterior da residência no período noturno sem chuva (2014).

No decorrer da realização deste trabalho houve apenas um dia de medição no período noturno com chuva. O dia foi 27/11/2014. Nesse dia, a *Leq* também se manteve baixa e dentro de todas normas e padrões.

Foram 35 intervalos de medição para chegar a esses resultados, os quais mostraram que a temperatura, a umidade e o ruído estão em conformidade com as normas estabelecidas pela NBR 16401, NBR 10151 e NR 15. Os indivíduos que passarem pela área de estudo provavelmente não apresentarão problemas de saúde com relação à temperatura, à umidade e ao ruído. No entanto, é importante lembrar que apesar de os resultados estarem dentro dos limites, não significa que não há momentos de incomodo no que se refere tanto à temperatura, à umidade e ao ruído. Por exemplo, há possibilidade de um evento isolado que dure alguns segundos, como ônibus e caminhões passando e que geram enorme desconforto mesmo que por pouquíssimo tempo. Esse ruído gera um desconforto momentâneo, porém dentro dos padrões de salubridade.

Se as medições fossem realizadas em indústrias com grande maquinário, há enorme probabilidade de os gráficos de ruído ultrapassarem os limites de insalubridade, e no caso de uma indústria com autofornos, caldeiras, por exemplo, os índices de temperatura e umidade estariam além dos limites, e, nesses casos, haveria a necessidade de discutir a implementação de mudanças tanto no maquinário, quanto talvez na arquitetura e no uso de EPI, ou até na compra de melhores equipamentos de proteção individual. No entanto, como o objeto de estudo foi em uma área central da cidade, com residências e comércio, a mudança na estrutura do local e o uso de equipamentos para melhorar a qualidade de vida se torna inviável e depende da sensação e necessidade de cada um dos indivíduos.

Para melhorar ainda mais os resultados obtidos e/ou diminuir o desconforto de eventos isolados, pode-se reivindicar à prefeitura o plantio de mais árvores, que absorvem radiação solar e aumentam a umidade melhorando o conforto térmico. E a substituição/modernização da frota de ônibus do transporte público para que esses gerem menos ruído.

## 7. CONCLUSÃO

Com o objetivo de avaliar a situação atual referente ao conforto térmico e acústico da Rua Capitão Adão Pereira de Souza Cabral (localizada no centro urbano do município de São Carlos), os resultados deste estudo foram confrontados com as recomendações das Normas NBR 10151, NR 15, com a tabela de Normais Climatológicas de São Carlos (período de 1960–1991) e com a NBR 16401, a fim de verificar se o resultado das análises representa condições insalubres à população ou se está dentro dos padrões estabelecidos.

Com relação à temperatura, chega-se à conclusão de que em nenhum dos dias, a temperatura do ar no interior da residência esteve dentro da média das Normais Climatológicas (25,7 °C). A maior parte do tempo esteve acima, mostrando que a temperatura média dentro da residência foi maior, o que pode ser considerado normal, considerando que o local de estudo é uma residência antiga, construída cerca de 50 anos atrás e que, certamente, não foi projetada para a circulação de ar, entrada de luz e etc. Além disso, a temperatura média no interior da residência, na maior parte do tempo, também foge às regras de conforto térmico (23 °C a 26 °C), a média de todos os dias foi de 28,5 °C. No caso, a média de temperatura comparada à média do período de 1960–1991 ficou dentro dos padrões.

Já no exterior da residência (rua), na grande maioria dos dias, a temperatura esteve dentro da faixa admissível de 23 °C a 26 °C, com uma média de 26,9 °C e dentro da média de 25,7 °C das Normais Climatológicas para a cidade de São Carlos (considerando os desvios-padrão).

Para a umidade no interior da residência, verifica-se um valor de 67% de umidade relativa do ar segundo as Normais Climatológicas e dados que deram em média 51,6%. Porém, valores entre 35%–65% são considerados confortáveis e é aí que pode-se observar que enquanto a temperatura esteve fora dos padrões, a umidade se manteve de acordo, balanceando, assim, a conta de conforto térmico, o que resulta em um ambiente mais agradável.

A umidade média obtida no exterior da residência foi de 58,6%, e a média das Normais Climatológicas para o período foi de 67%.

Com relação ao ruído, em nenhum dos intervalos de tomada de dados estudados, interior e exterior à residência, nos períodos noturno e diurno, os limites estabelecidos pela NR 15 e pela NBR 10151 foram ultrapassados. Esses resultados mostram que não há problemas de saúde relacionados à ruído na área de estudo, e que a comunidade da região está confortável no que diz respeito ao ruído. Porém, se investigadas cada linha das mais de quatrocentas mil linhas de dados de ruído, pode ser observado que em vários momentos há um ruído repentino e extremamente curto bem acentuado [ex: em vários momentos verifica-se nas planilhas do excel que o ruído chegou até a 122 dB(A) em um intervalo de um segundo, e em vários outros momentos atingiu valores muito altos porém de curta duração (um segundo)], e essa baixa exposição impede que haja dano a saúde das pessoas. Porém, mesmo que esses momentos sejam uma parcela insignificativa do estudo, provoca um desconforto imediato. Esses ruídos, no caso, foram provocados por ônibus, caminhões, buzina, cachorro latindo e alguma outra peculiaridade momentânea, e deveriam ser evitados ou atenuados para maior conforto da população local.

Para que haja a diminuição desse desconforto causado em curtíssimo período de tempo para quem está dentro da residência, é recomendável o uso de mantas acústicas ou de algum outro material que seja isolante acústico pelo menos na parede da casa que fica de frente para a rua. Nesse caso, não há como pedir interferência pública, é um caso extremamente particular e cada morador de cada residência deve arcar com os custos.

No caso de quem está passando na rua, e, principalmente, para os próprios motoristas de taxi, caminhões, ônibus (que estão sempre no trânsito ao lado de caminhões e ônibus), é recomendável que usem equipamento de proteção individual, como fone com isolamento acústica, que diminui o ruído que atinge a pessoa em questão. Motoristas profissionais passam o dia no trânsito, enquanto que outras pessoas estão apenas de passagem pelo local e a saúde dessas pessoas não será afetada. Certamente, o ideal seria uma frota sempre renovada, vias

estruturadas e planejadas para a diminuição de ruído, um transporte público renovado e eficiente em que as pessoas preferissem usá-lo a ir para o trabalho de carro, além de ciclovias bem projetadas e etc. Mas sabe-se que este é um processo extremamente lento, envolve política e o próprio avanço econômico do país como um todo e não adianta dizer apenas que a qualidade de vida melhora com esses avanços sem entrar em toda essa discussão política e econômica.

## REFERÊNCIAS

ASHRAE. **ANSI/ASHRAE Standard 55-2010**: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American National Standard, 2010.

ASHRAE. **Fundamentals handbook**. Atlanta: American National Standard, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento. Rio de Janeiro, 2000. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401**: condições de conforto térmico. Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 set. 1981. Seção 1, p. 16.509.

BRASIL. Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 jul. 1985.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Reguladora nº 15 de 2009. **Atividades e operações insalubres**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A47594D040147D14EAE840951/NR-15%20%28atualizada%202014%29.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2015.

CARVALHO, E. T.; PRANDINI, F. L. Urbanização como solução a aprimorar. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

CONAMA. Resolução n.º 001 de 8 de março de 1990. Emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, determinando padrões, critérios e diretrizes. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 abr. 1990. Seção 1, p. 6.408.

FANGER, P. O. **Thermal comfort**: analysis and application in environmental engineering. Malabar: R.E. Krieger, 1970.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de direito ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2003.

GERGES, S. N. Y. **Ruídos**: fundamentos e controle. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.

GOOGLE MAPS. **Rua Capitão Adão Pereira de Souza Cabral – Centro, São Carlos, São Paulo, Brasil**. 2014. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

IBGE. **Estimativas populacionais para os municípios brasileiros**. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2014/>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726/1998**: ergonomia de ambientes térmicos – instrumentos de medição de análise física. Genebra, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730/2005**: ambientes térmicos moderados - determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para conforto térmico. Genebra, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730/94**: ambientes térmicos moderados - determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para conforto térmico. Genebra, 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8996/2004**: ergonomia - determinação da produção de calor metabólico. Genebra, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8996/90**: ergonomia - determinação da produção de calor metabólico. Genebra, 1990.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9920/95**: ergonomia de ambientes térmicos - estimativa de isolamento térmico e resistência evaporativa de um traje de roupas. Genebra, 1995.

MEIRELES, H. L. **Direito municipal brasileiro**. 4. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1981.

NORMAIS climatológicas (1961-1990). Brasília, DF: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 84 p.

OLIVEIRA, O. L. de. Mercado e planejamento. **Boletim de Conjuntura de São Carlos**, São Carlos, ano 1, n. 2, 1997.

PINTO, J. T. (2009) **Avaliação da Poluição Sonora no Centro Comercial do Município de São Carlos**. 2009. Monografia – NOME DA UNIVERSIDADE, CIDADE, 2009.

SÃO CARLOS (SP). Câmara Municipal de São Carlos. Lei nº 13.691 de 25 de novembro de 2005. **Institui o Plano Diretor do Município de São Carlos e dá outras providências**. 2005. Disponível em: <<https://www.leismunicipais.com.br/SP/SAO.CARLOS/LEI-13691-2005-SAO-CARLOS-SP.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2015.

SILVA, A. N. R. da. Os custos do não planejamento em São Carlos. In: SEMINÁRIO PLANO DIRETOR DE SÃO CARLOS – PROJETO CIDADE URGENTE, 1997, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos, SP: Universidade Federal de São Carlos, 1997.

TANABE, S. I. **Thermal comfort requirements in Japan**. 1984. Tese (Doutorado) – Waseda University, Tokyo, 1984.

## ANEXOS

**Tabela 6.1.** Datas em que a medição de ruído, temperatura e umidade foram realizadas (2014).

Data medição ( 2014 )	Com chuva	Sem chuva
16/11		X
17/11		X
18/11		X
19/11		X
20/11		X
21/11		X
25/11	X	
26/11	X	
27/11	X	
28/11	X	
29/11	X	
1/12	X	X
2/12		X
3/12		X
4/12		X

**Tabela 6.2.** Horário e intervalo de tempo das medições de ruído, temperatura e umidade (2014).

INTERVALO DE TEMPO ENTRE AS MEDIÇÕES				
data medição ( 2014 )	Sensor		Decibelímetro	
	(temp.umid.)			
	das	as	das	as
16/11	2:40	12:00	-	-
17/11	6:00	12:30	6:00	13:30
18/11	9:00	12:00	9:00	13:40
	-	-	19:00	0:00
19/11	7:00	12:30	7:00	14:00
	-	-	17:00	0:30
20/11	12:50	20:00	12:50	20:00
21/11	7:00	14:00	7:00	14:00
25/11	7:30	12:30	07:30	13:40
	-	-	17:00	0:00
26/11	14:00	20:30	14:00	20:30
27/11	0:00	7:00	0:00	7:00
	12:30	19:00	12:30	19:00
28/11	20:00	0:00	8:20	15:00
29/11	0:00	11:00	-	-
1/12	13:00	20:30	13:00	20:30
2/12	0:00	7:00	0:00	7:00
	12:00	19:00	12:00	19:00
3/12	0:00	12:00	0:00	8:00
	-	-	12:00	19:00
4/12	0:00	23:59	0:00	7:00
	-	-	12:00	19:00

**Tabela 6.3.** Tempo total em horas de aquisição dos dados de ruído, temperatura e umidade (2014).

Tempo Total de Aquisição de Dados		
	Temperatura e Umidade (h)	Ruído (h)
16/11	9:20	-
17/11	6:30	7:30
18/11	3:00	4:40
	-	5:00
19/11	5:30	7:00
	-	7:30
20/11	7:10	7:10
21/11	7:00	7:00
25/11	5:00	6:10
	-	7:00
26/11	6:30	6:30
27/11	7:00	7:00
	6:30	6:30
28/11	-	6:40
29/11	11:00	-
1/12	7:30	7:30
2/12	7:00	7:00
	7:00	7:00
3/12	12:00	8:00
	-	7:00
4/12	23:59	7:00
	-	7:00
<b>TOTAL</b>	<b>132</b>	<b>136</b>

**Tabela 6.4.** Dados de temperatura no interior da residência (2014).

---

<b>Data</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-padrão</b>
16/11	27.382	23.088	23.457	0,45515
17/11	25.671	20.126	22.507	1,157424
18/11	24.968	21.318	23.638	1,117693
19/11	31.637	24.243	28.746	2,31278
20/11	34.071	27.924	32.944	1,178903
21/11	34.440	31.052	32.098	1,012956
25/11	31.714	23.785	30.282	1,405963
26/11	29.966	25.647	29.016	0,667229
27/11	29.590	24.002	28.937	0,565419
28/11	29.165	24.291	26.588	1,41902
1/12	32.227	26.524	31.019	1,036271
2/12	29.715	26.598	29.066	0,575295
3/12	33.914	24.171	30.378	2,237067
4/12	33.235	26.280	30.758	2,037386
<b>Média</b>	<b>30.550</b>	<b>24.932</b>	<b>28.531</b>	<b>1,22704</b>

---

**Tabela 6.5.** Dados de umidade no interior da residência (2014).

<b>Umidade (%)</b>				
<b>Data</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-padrão</b>
16/11	54.268	41.334	49.880	2,164958
17/11	61.764	49.683	55.458	3,460118
18/11	63.911	48.678	55.590	3,829506
19/11	52.421	32.867	40.548	5,698763
20/11	48.473	31.319	35.508	3,977771
21/11	48.927	32.220	37.331	3,03831
25/11	79.390	52.587	58.283	4,132997
26/11	80.298	61.390	66.328	2,91074
27/11	82.228	56.903	63.410	2,692223
28/11	66.931	53.281	58.756	3,168667
1/12	69.070	47.286	52.180	4,323406
2/12	58.179	50.043	51.856	1,177551
3/12	67.270	40.973	47.298	4,882627
4/12	61.452	42.974	50.573	5,282538
<b>Média</b>	<b>63.899</b>	<b>45.824</b>	<b>51.643</b>	<b>3,624298</b>

**Tabela 6.6.** Dados de ruído no interior da residência (2014).

<b>Ruído (dB(A))</b>			
<b>Data</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>
16/11	-	-	-
17/11	79,2	40,45	51,743
18/11	101,9	39,4	50,9275
19/11	65,3	36,3	44,1831
20/11	80,4	35,3	42,8825
21/11	78,8	30,2	44,3726
25/11	85	35,6	45,509
26/11	83,9	36,5	43,5764
27/11	73,1	31,4	37,1055
28/11	69,8	36,6	43,6094
1/12	-	-	-
2/12	67,35	32	39,3871
3/12	71,2	35,7	44,0055
4/12	73,15	32,8	38,6927
		<b>Leq=</b>	<b>46</b>

**Tabela 6.7.** Dados de temperatura no exterior da residência (2014).

<b>Temperatura (°C)</b>				
<b>Data</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-padrão</b>
16/11	34.995	20.436	28.661	4,89331
17/11	38.309	15.247	26.002	6,0585
18/11	38.616	21.867	29.577	5,20801
19/11	38.337	21.437	30.257	5,02695
20/11	40.314	26.598	32.806	3,78476
21/11	42.060	24.484	31.316	5,48812
25/11	28.295	22.011	25.324	1,73355
26/11	26.695	22.489	24.154	0,90929
27/11	27.063	22.106	23.820	1,69463
28/11	29.190	20.817	23.731	2,26761
1/12	36.173	24.098	28.677	2,64255
2/12	31.002	21.593	23.190	1,50809
3/12	34.863	20.412	26.011	4,27544
4/12	34.598	21.390	25.422	3,02635
<b>Média</b>	<b>34.322</b>	<b>21.785</b>	<b>27.068</b>	<b>3,46551</b>

**Tabela 6.8.** Dados de umidade no exterior da residência (2014).

<b>Umidade (%)</b>				
<b>Dias</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-padrão</b>
16/11	60.669	28.273	40.167	10,2997
17/11	76.027	27.838	49.149	13,6476
18/11	65.425	26.687	43.254	12,4134
19/11	57.802	25.595	38.348	9,13194
20/11	56.806	25.008	37.799	8,90072
21/11	57.750	24.297	41.909	10,0404
25/11	87.740	62.159	75.666	7,02033
26/11	90.493	76.850	85.757	2,81486
27/11	90.853	66.891	84.741	6,03405
28/11	79.405	56.017	69.857	5,16175
1/12	78.426	44.298	59.367	9,44336
2/12	73.829	49.146	69.019	4,06436
3/12	73.791	39.747	59.314	10,6052
4/12	77.963	43.949	66.753	7,64475
<b>Média</b>	<b>73.356</b>	<b>42.625</b>	<b>58.650</b>	<b>8,37303</b>

**Tabela 6.9.** Dados de ruído no exterior da residência (2014).

<b>Ruído (dB(A))</b>			
<b>Data</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>
16/11	-	-	-
17/11	82,85	37,8	51,7089
18/11	81,6	33,05	45,6056
19/11	84,65	37,85	48,9829
20/11	83,1	33,3	48,4079
21/11	-	-	-
25/11	83,7	36,9	54,9465
26/11	83,3	38,9	56,5326
27/11	91,7	37,15	48,1315
28/11	78,6	44,2	53,9393
1/12	83,7	37,6	50,2604
2/12	78,55	35,75	44,7571
3/12	79,2	35,55	46,7874
4/12	85,65	37,8	47,5332
		<b>Leq=</b>	<b>51</b>

**Tabela 6.10.** Dados de temperatura e umidade no interior da residência nos dias sem chuva (2014).

Temperatura (°C)					Umidade (%)				
Data	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-padrão	Data	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-padrão
16/11	27.382	23.088	23.457	0,45515	16/11	54.268	41.334	49.880	2,16496
17/11	25.671	20.126	22.507	1,15742	17/11	61.764	49.683	55.458	3,46012
18/11	24.968	21.318	23.638	1,11769	18/11	63.911	48.678	55.590	3,82951
19/11	31.637	24.243	28.746	2,31278	19/11	52.421	32.867	40.548	5,69876
20/11	34.071	27.924	32.944	1,1789	20/11	48.473	31.319	35.508	3,97777
21/11	34.440	31.052	32.098	1,01296	21/11	48.927	32.220	37.331	3,03831
2/12	29.715	26.598	29.066	0,5753	2/12	58.179	50.043	51.856	1,17755
3/12	33.914	24.171	30.378	2,23707	3/12	67.270	40.973	47.298	4,88263
4/12	33.235	26.280	30.758	2,03739	4/12	61.452	42.974	50.573	5,28254
<b>Média</b>	<b>30.559</b>	<b>24.978</b>	<b>28.177</b>	<b>1,34274</b>	<b>Média</b>	<b>57.407</b>	<b>41.121</b>	<b>47.116</b>	<b>3,72357</b>

**Tabela 6.11.** Dados de temperatura e umidade no exterior da residência nos dias sem chuva (2014).

Temperatura (°C)					Umidade (%)				
Data	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-padrão	Data	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-padrão
16/11	34.995	20.436	28.661	4,89331	16/11	60.669	28.273	40.167	10,2997
17/11	38.309	15.247	26.002	6,0585	17/11	76.027	27.838	49.149	13,6476
18/11	38.616	21.867	29.577	5,20801	18/11	65.425	26.687	43.254	12,4134
19/11	38.337	21.437	30.257	5,02695	19/11	57.802	25.595	38.348	9,13194
20/11	40.314	26.598	32.806	3,78476	20/11	56.806	25.008	37.799	8,90072
21/11	42.060	24.484	31.316	5,48812	21/11	57.750	24.297	41.909	10,0404
2/12	31.002	21.593	23.190	1,50809	2/12	73.829	49.146	69.019	4,06436
3/12	34.863	20.412	26.011	4,27544	3/12	73.791	39.747	59.314	10,6052
4/12	34.598	21.390	25.422	3,02635	4/12	77.963	43.949	66.753	7,64475
<b>Média</b>	<b>37.010</b>	<b>21.496</b>	<b>28.138</b>	<b>4,36328</b>	<b>Média</b>	<b>66.674</b>	<b>32.282</b>	<b>49.524</b>	<b>9,63868</b>

**Tabela 6.12.** Dados de temperatura e umidade no interior da residência nos dias com chuva (2014).

Temperatura (°C)					Umidade (%)				
Data	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-padrão	Data	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-padrão
25/11	31.714	23.785	30.282	1,40596	25/11	79.390	52.587	58.283	4,133
26/11	29.966	25.647	29.016	0,66723	26/11	80.298	61.390	66.328	2,91074
27/11	29.590	24.002	28.937	0,56542	27/11	82.228	56.903	63.410	2,69222
28/11	29.165	24.291	26.588	1,41902	28/11	66.931	53.281	58.756	3,16867
1/12	32.227	26.524	31.019	1,03627	1/12	69.070	47.286	52.180	4,32341
<b>Média</b>	30.532	24.850	29.168	1,01878	<b>Média</b>	75.583	54.289	59.791	3,44561

**Tabela 6.13.** Dados de temperatura e umidade no exterior da residência nos dias com chuva (2014).

Temperatura (°C)					Umidade (%)				
Data	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-padrão	Data	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-padrão
25/11	28.295	22.011	25.324	1,73355	25/11	87.740	62.159	75.666	7,02033
26/11	26.695	22.489	24.154	0,90929	26/11	90.493	76.850	85.757	2,81486
27/11	27.063	22.106	23.820	1,69463	27/11	90.853	66.891	84.741	6,03405
28/11	29.190	20.817	23.731	2,26761	28/11	79.405	56.017	69.857	5,16175
1/12	36.173	24.098	28.677	2,64255	1/12	78.426	44.298	59.367	9,44336
<b>Média</b>	29.483	22.304	25.141	1,84953	<b>Média</b>	85.383	61.243	75.077	6,09487

**Tabela 6.14.** Dados de ruído dos dias sem chuva (2014).

<b>Data</b>	<b>Interior da residência</b>			<b>Exterior da residência</b>		
	<b>Ruído (dB(A))</b>					
	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>
16/11	-	-	-	-	-	-
17/11	80	34	49	86	41	52
18/11	81	41	53	82	39	50
19/11	65	36	44	87	39	50
20/11	80	35	43	83	33	48
21/11	79	30	44	-	-	-
2/12	68	34	44	78	39	50
3/12	-	-	-	76	39	51
4/12	79	35	43	79	44	52
		<b>Leq=</b>	48		<b>Leq=</b>	51

**Tabela 6.15.** Dados de ruído dos dias com chuva (2014).

<b>Data</b>	<b>Interior da Residência</b>			<b>Exterior da Residência</b>		
	<b>Ruído (dB(A))</b>					
	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>
25/11	-	-	-	82	40	58
26/11	84	37	44	83	39	57
27/11	71	35	42	92	44	54
28/11	70	37	44	79	44	54
1/12	-	-	-	84	38	50
		<b>Leq=</b>	43		<b>Leq=</b>	55

**Tabela 6.16.** Normais Climatológicas de São Carlos (1961–1990).

Meses	Temperatura do Ar (°C)							Prec.(mm)	Evaporação Total(mm)	UR (%)	P. Atm (hPa)	Insolação Total (horas e décimos)	Nebulosidade (0-10)
	Máx.	Mín.	Média	Máx. abs.	dia/ano	Mín.abs.	dia/ano						
<b>Jan.</b>	26,8	17,5	21,6	35,7	27/71	8,0	8/70	248,7	97,9	76	885,7	106,3	7,1
<b>Fev.</b>	27,2	17,7	21,8	34,6	5/71	8,0	16/70	191,4	93,7	75	886,3	107,4	6,8
<b>Mar.</b>	27,0	17,2	21,0	33,5	2/81	6,0	3/70	167,3	108,7	73	886,7	111,6	6,0
<b>Abr.</b>	25,7	15,5	18,7	31,6	14/61	5,9	25/71	73,2	110,4	68	886,8	119,5	4,9
<b>Mai.</b>	23,6	13,2	14,3	29,4	1/66	0,7	31/79	61,6	110,3	67	889,4	121,4	4,4
<b>Jun.</b>	22,7	12,0	14,4	29,3	29/72	1,0	01/79	40,4	109,1	66	890,3	120,1	4,1
<b>Jul.</b>	22,1	11,4	14,2	29,3	20/63	-0,1	18/75	30,8	132,6	61	860,4	118,6	3,6
<b>Ago.</b>	24,3	12,5	15,0	33,2	30/63	2,2	15/78	30,9	173,6	54	859,1	107,3	3,7
<b>Set.</b>	25,0	14,2	16,6	36,0	26/88	3,8	2/70	65,0	175,5	58	888,5	104,4	4,6
<b>Out.</b>	24,7	14,2	18,3	36,4	12/63	5,2	12/69	157,8	151,6	80	886,8	108,7	7,1
<b>Nov.</b>	25,7	16,0	19,6	36,9	17/85	6,0	24/70	160,8	132,3	67	885,6	98,9	6,0
<b>Dez.</b>	25,2	17,2	19,6	33,6	09/88	8,0	26/69	267,2	102,1	73	885,3	86,9	6,8
<b>Ano.</b>	<b>25,0</b>	<b>14,9</b>	<b>18,1</b>	<b>36,9</b>	<b>17/11/1985</b>	<b>-0,1</b>	<b>18/07/1975</b>	<b>1495,1</b>	<b>1495,1</b>	<b>1497,9</b>	<b>68,0</b>	<b>882,7</b>	<b>5,4</b>

Fonte: Normais climatológicas (1992).

