

GABRIELE DE ALMEIDA BARROS

**QUALIDADE DO AR INTERIOR E CONDIÇÕES ARQUITETÔNICO-  
CONSTRUTIVAS EM AMBIENTES DE PERMANÊNCIA DOS ANIMAIS EM  
BIOTÉRIOS – ESTUDOS DE CASOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS-BRASIL  
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

B277q  
2012

Barros, Gabriele de Almeida, 1985-

Qualidade do ar interior e condições arquitetônico-  
construtivas em ambientes de permanência dos animais em  
biotérios-estudos de casos / Gabriele de Almeida Barros. –  
Viçosa, MG, 2012.

xi, 105f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriça.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 99-102

1. Biotérios - Projetos e construção. 2. Ar - Qualidade.

I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 728.9

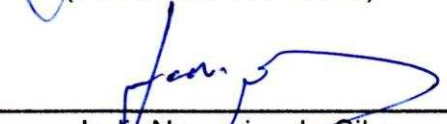
GABRIELE DE ALMEIDA BARROS

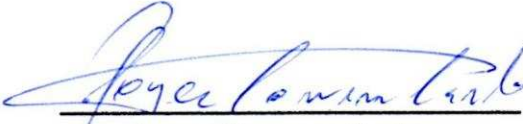
**QUALIDADE DO AR INTERIOR E CONDIÇÕES ARQUITETÔNICO-  
CONSTRUTIVAS EM AMBIENTES DE PERMANÊNCIA DOS ANIMAIS EM  
BIOTÉRIOS – ESTUDOS DE CASOS**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de julho de 2012.

  
\_\_\_\_\_  
Aline Werneck Barbosa de Carvalho  
(Presidente da banca)

  
\_\_\_\_\_  
Jadir Nogueira da Silva  
(Coorientador – UFV/DEA)

  
\_\_\_\_\_  
Joyce Correna Carlo  
(Coorientadora – UFV/DAU)

  
\_\_\_\_\_  
Vera Maria Peters  
(Membro Externo – UFJF)

VIÇOSA  
MINAS GERAIS-BRASIL  
2012

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por me abençoar e me dar perseverança em mais uma etapa.

Aos meus pais, Marisa e Hugo, pelo apoio e o amor de sempre. São exemplos para mim, minha base, minha vida!

Ao meu irmão Rafael pelo carinho de sempre.

Ao meu noivo Leomar, por estar sempre ao meu lado me apoiando.

Às minhas tias Marilda e Maria Goreti e aos meus tios Marcelo e Joel pela disponibilidade de sempre e por me receberem ao longo da minha vida acadêmica em suas casas com tanto carinho.

Aos familiares e amigos que torceram de coração por mim.

Ao meu orientador, Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá, pela maestria em que me conduziu ao longo da pesquisa. Tenho como exemplo de pessoa e profissional.

Aos coorientadores, Prof<sup>a</sup>. Joyce e Prof. Jadir, pela gentil e grande contribuição na pesquisa.

Ao Prof. Antônio José Natali e aos funcionários dos Biotérios, por contribuírem com informações de grande importância para que a pesquisa pudesse ser desenvolvida.

À Prof<sup>a</sup>. Vera M. Peters, da UFJF, pelas preciosas considerações quando da visita ao Biotério da UFJF.

Às colegas de mestrado, em especial Sabrina, por compartilhar comigo todo esse período.

Aos membros da banca examinadora que gentilmente aceitaram participar e contribuir para essa pesquisa.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, viabilizando meu treinamento e o desenvolvimento desta pesquisa.

## SUMÁRIO

|   |      |
|---|------|
| LISTA DE FIGURAS .....  | v    |
| LISTA DE TABELAS .....  | viii |
| LISTA DE QUADROS .....  | ix   |
| RESUMO .....  | x    |
| ABSTRACT .....  | xi   |
| <br>  |      |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 1    |
| 1.1. Objetivos .....  | 3    |
| 1.1.1. Objetivo geral .....   | 3    |
| 1.1.2. Objetivos específicos .....  | 4    |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....  | 5    |
| 2.1. Animais de laboratório e o surgimento de biotérios .....             | 5    |
| 2.2. Caracterização e programação arquitetônica em biotérios .....        | 6    |
| 2.2.1. Localização de biotérios .....                                     | 8    |
| 2.2.2. Tipologias construtivas e arranjo dos ambientes de biotérios ..... | 9    |
| 2.2.3. Programação arquitetônica .....                                    | 11   |
| 2.2.4. Materiais de construção utilizados em biotérios .....              | 15   |
| 2.3. Ética e bem estar animal .....                                       | 16   |
| 2.4. Qualidade do ar interior em biotérios .....                          | 18   |
| 2.4.1. Legislação referente à qualidade do ar de interiores .....         | 21   |
| 2.4.2. Micro e macroambiente .....  | 22   |
| 2.4.3. Temperatura e umidade relativa .....                               | 23   |
| 2.4.4. Ventilação .....   | 26   |
| 2.4.5. Contaminantes gasosos .....  | 32   |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....   | 36   |
| 3.1. Material .....   | 36   |
| 3.2. Métodos .....  | 36   |
| 3.2.1. Pesquisa bibliográfica .....                                       | 36   |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 3.2.2.   | Visitas técnicas e entrevistas .....  | 37  |
| 3.2.3.   | Questionários.....  | 37  |
| 3.2.4.   | Levantamentos geométrico-fotográficos e dos aspectos arquitetônico-<br>construtivos dos locais estudados..... | 37  |
| 3.2.5.   | Medições.....   | 38  |
| 3.2.5.1. | Qualidade do ar interior.....   | 38  |
| 3.2.5.2. | Temperatura, umidade e velocidade do ar.....  | 40  |
| 3.2.6.   | Organização final da pesquisa.....  | 42  |
| 4.       | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 43  |
| 4.1.     | Visitas técnicas, entrevistas e questionários .....   | 43  |
| 4.2.     | Levantamentos geométrico-fotográficos .....   | 44  |
| 4.2.1.   | Biotério de produção .....  | 44  |
| 4.2.2.   | Biotério de experimentação .....  | 51  |
| 4.3.     | Medições.....   | 55  |
| 4.3.1.   | Análise do recinto BP08 .....   | 58  |
| 4.3.2.   | Análise do recinto BE01 .....   | 65  |
| 4.3.3.   | Análise do recinto BE02 .....   | 71  |
| 4.3.4.   | Análise do recinto BP07 .....   | 77  |
| 4.3.5.   | Análise do recinto BP09 .....   | 81  |
| 4.3.6.   | Análise do recinto BP10 .....   | 89  |
| 4.3.7.   | Resumo dos resultados.....  | 94  |
| 5.       | CONCLUSÕES.....   | 95  |
| 5.1.     | Contribuições da pesquisa .....   | 97  |
| 5.2.     | Indicações para trabalhos futuros .....   | 98  |
|          | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 99  |
|          | ANEXO.....  | 103 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1- Princípio da contenção.....                                      | 7  |
| Figura 2- Sistema pavilhonar de construção de biotérios.....               | 9  |
| Figura 3- Bloco único com dois corredores. ....                            | 10 |
| Figura 4- Bloco único com um corredores. ....                              | 10 |
| Figura 5- Módulo básico.....   | 12 |
| Figura 6- Esquemas básicos de leiaute de estantes.....                     | 15 |
| Figura 7- Fatores ambientais e de gerenciamento que afetam os animais..... | 18 |
| Figura 8- Sistema <i>rack</i> com pressão negativa. ....                   | 28 |
| Figura 9- Sistema <i>rack</i> com pressão positiva.....                    | 28 |
| Figura 10- Ventilação na gaiola _pressão negativa.....                     | 28 |
| Figura 11- Ventilação na gaiola _pressão positiva. ....                    | 28 |
| Figura 12- Sistema <i>rack</i> com dois motores. ....                      | 29 |
| Figura 13- Gaiolas com o sistema <i>rack</i> com dois motores.....         | 29 |
| Figura 14- Diferencial de pressão: efeito cascata.....                     | 30 |
| Figura 15- Posicionamento central de admissão e exaustão do ar. ....       | 31 |
| Figura 16- Posicionamento lateral de admissão e exaustor do ar. ....       | 31 |
| Figura 17- Difusores no teto e exaustor na parte inferior da parede. ....  | 32 |
| Figura 18- Sistema de deslocamento de massas.....                          | 32 |
| Figura 19- Malha ortogonal de medição.....                                 | 39 |
| Figura 20- Alturas de medições.....  | 40 |
| Figura 21- Pontos de medição para o exaustor. ....                         | 41 |
| Figura 22- Pontos de medição para o ar condicionado. ....                  | 41 |
| Figura 23- Distâncias perpendiculares para medir velocidade do ar.....     | 41 |
| Figura 24- Pontos amostrais de medições em relação a porta. ....           | 42 |
| Figura 25- Biotério de Produção.....                                       | 44 |
| Figura 26- Setorização do biotério de produção.....                        | 45 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 27- Exaustores na circulação.....   | 46 |
| Figura 28- Corte AB biotério de Produção.....  | 46 |
| Figura 29- Tipo de estantes por sala.....  | 47 |
| Figura 30- Gaiolas abertas.....  | 47 |
| Figura 31- Estantes convencionais (sala BP08).....   | 47 |
| Figura 32- Estantes do tipo <i>rack</i> (sala 07).....   | 48 |
| Figura 33- Microisoladores.....  | 48 |
| Figura 34- Estante ventilada (sala 10).....  | 48 |
| Figura 35- Ar condicionado e exaustor na sala dos animais.....   | 49 |
| Figura 36- Imagem da posição do ar condicionado e exaustor na sala dos<br>animais.....                                     | 49 |
| Figura 37- Vista externa do posicionamento do ar condicionado, exaustor e<br>tubulação das estantes tipo <i>rack</i> ..... | 50 |
| Figura 38- Parede sem o exaustor (sala 10).....  | 51 |
| Figura 39- Biotério de experimentação.....   | 51 |
| Figura 40- Setorização biotério de experimentação.....   | 52 |
| Figura 41- Corte AB biotério de experimentação.....  | 53 |
| Figura 42- Exaustores nas extremidades da edificação.....  | 53 |
| Figura 43- Tipo de estantes por sala.....  | 54 |
| Figura 44- Fechamento de painéis de madeira na circulação.....   | 54 |
| Figura 45- Ar condicionado e exaustor nas salas dos animais.....   | 55 |
| Figura 46- Concentrações de CO <sub>2</sub> (Sala BP08).....   | 60 |
| Figura 47- Concentrações de NH <sub>3</sub> (Sala BP08).....   | 61 |
| Figura 48- Temperatura do ar na sala BP08.....   | 63 |
| Figura 49- Umidade relativa do ar na sala BP08.....  | 64 |
| Figura 50- Concentrações de CO <sub>2</sub> na sala BE01.....  | 66 |
| Figura 51- Concentrações de NH <sub>3</sub> na sala BE01.....  | 68 |
| Figura 52- Temperatura do ar na sala BE01.....   | 69 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 53- Umidade relativa do ar da sala BE01. ....            | 70 |
| Figura 54- Concentrações de CO <sub>2</sub> na sala BP02. ....  | 72 |
| Figura 55- Concentrações de NH <sub>3</sub> na sala BP02.....   | 74 |
| Figura 56- Temperatura do ar na sala BE02. ....                 | 75 |
| Figura 57- Umidade relativa do ar na sala BP02. ....            | 76 |
| Figura 58- Concentrações de CO <sub>2</sub> na sala BP07.....   | 78 |
| Figura 59- Concentrações de NH <sub>3</sub> na sala BP07.....   | 79 |
| Figura 60- Temperatura do ar na sala BP07. ....                 | 80 |
| Figura 61- Umidade relativa do ar na sala BP07. ....            | 81 |
| Figura 62- Concentrações de CO <sub>2</sub> na sala BP09e. .... | 82 |
| Figura 63- Concentrações de CO <sub>2</sub> na sala BP09d. .... | 83 |
| Figura 64- Concentrações de NH <sub>3</sub> na sala BP09e. .... | 84 |
| Figura 65- Concentrações de NH <sub>3</sub> na sala BP09d. .... | 85 |
| Figura 66- Temperatura do ar na sala BP09e. ....                | 86 |
| Figura 67- Temperatura do ar na sala BP09d. ....                | 87 |
| Figura 68- Umidade relativa do ar na sala BP09e. ....           | 88 |
| Figura 69- Umidade relativa do ar na sala BP09d. ....           | 89 |
| Figura 70- Concentrações de CO <sub>2</sub> na sala BP10. ....  | 90 |
| Figura 71- Concentrações de NH <sub>3</sub> na sala BP10.....   | 91 |
| Figura 72- Temperatura do ar na sala BP10. ....                 | 92 |
| Figura 73- Umidade relativa do ar na sala BP10. ....            | 93 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1- Principais riscos em biotérios.....                                  | 8  |
| Tabela 2- Materiais em relação ao nível de biossegurança.....                  | 16 |
| Tabela 3- Faixa de temperatura ideal por espécie. ....                         | 25 |
| Tabela 6- Relação entre espécies, tipos e números de gaiolas por ambiente..... | 46 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1- Dimensões e características de gaiolas.....                  | 13 |
| Quadro 2- Grupos para análise. ....                                    | 56 |
| Quadro 3- Caracterização das medições.....                             | 56 |
| Quadro 4- Características ambientes GRUPO 1.....                       | 57 |
| Quadro 5- Características ambientes GRUPO 2.....                       | 57 |
| Quadro 6- Valores de referência. ....                                  | 58 |
| Quadro 7- Resumo resultados CO <sub>2</sub> na sala BP08.....          | 59 |
| Quadro 8- Resumo resultados NH <sub>3</sub> na sala BP08.....          | 61 |
| Quadro 9- Resumo dos resultados de CO <sub>2</sub> na sala BE01.....   | 65 |
| Quadro 10- Resumo resultados de NH <sub>3</sub> na sala BE01. ....     | 67 |
| Quadro 11- Resumo dos resultados de CO <sub>2</sub> na sala BP02. .... | 71 |
| Quadro 12- Resumo dos resultados de NH <sub>3</sub> na sala BP02.....  | 73 |
| Quadro 13- Resumos dos resultados de CO <sub>2</sub> na sala BP07..... | 77 |
| Quadro 14- Resumo dos resultados de NH <sub>3</sub> na sala BP07.....  | 78 |
| Quadro 15- Resumo de resultados de CO <sub>2</sub> na sala BP09e.....  | 82 |

## RESUMO

BARROS, Gabriele de Almeida, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012. **Qualidade do ar interior e condições arquitetônico-construtivas em ambientes de permanência dos animais em biotérios – Estudos de casos.** Orientador: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá. Coorientadores: Joyce Correna Carlo e Jadir Nogueira da Silva.

A presente pesquisa buscou investigar e inter-relacionar condições arquitetônico-construtivas e de qualidade do ar interior em ambientes de permanência dos animais em biotérios de uma Instituição Pública de Ensino Superior - IPES, uma vez que são ambientes fechados, de pouco ventilação e que necessitam de máximo controle ambiental devido as especificidades das suas atividades – criação e manutenção de espécies utilizadas em experimentos para atender programas de pesquisa, ensino, produção e controle de qualidade de acordo com a finalidade da instituição. Para isso a estratégia metodológica utilizada foram estudos de casos, sendo as unidades de análise dois biotérios de uma IPES – um de produção e um de experimentação. Os métodos utilizados foram a pesquisa bibliográfica, visitas técnicas e entrevistas, questionários e levantamentos arquitetônico-construtivos a fim de determinar as características construtivas, arquitetônicas e funcionais, além das condições de exposição ambiental relevantes a qualidade do ar interior nas unidades de análise. Além disso, foram feitas medições dos principais gases poluentes nos ambientes de permanência dos animais, amônia ( $\text{NH}_3$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do ar. Para estas medições foi feito um refinamento dos pontos de medição segundo uma malha ortogonal com pontos distribuídos uniformemente nas salas. Além disso, foram definidas duas alturas de medições a fim de analisar uma provável diferença de concentrações. Foram feitas medições de velocidade do ar, junto aos equipamentos de condicionamento ambiental e frestas das portas visando identificar a vazão de ar relacionada a possíveis infiltrações. Com os resultados foi possível identificar as principais variáveis que influenciam a qualidade do ar interior nas salas onde permanecem os animais em biotérios.

## ABSTRACT

BARROS, Gabriele de Almeida, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2012. **Indoor air quality and architectural-constructive conditions in environment of stay of animals in animal houses - Case studies.** Adviser: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá. Co-advisers: Joyce Correna Carlo and Jadir Nogueira da Silva.

The present study sought to investigate and interrelate architectural-construction conditions and quality of indoor air environments of stay of animals in animal facilities at Public Institution of Higher Education, since they are indoors, with little ventilation and need maximum control because of the specific environmental of their activities - creation and maintenance of species used in experiments to address research programs, education, production and quality control in accordance with the purpose of the institution. For this, the methodological approach were case studies, with the units of analysis of the Public Institution of Higher Education two premises - one for production and experimentation. The methods used were literature, technical visits and interviews, questionnaires and architectural-construction surveys to determine the characteristics of construction, architectural and functional addition to the environmental exposure conditions relevant to indoor air quality in the units of analysis. In addition, measurements were made of the main gaseous environments of stay of animals, ammonia ( $\text{NH}_3$ ) and carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) and air temperature, relative humidity and air velocity. For these measurements was made a refinement of the measurement points according to an orthogonal grid with points uniformly distributed in the rooms. Moreover, we defined two heights of measurement to analyze a possible difference in concentrations. Measurements were made of air velocity, along with environmental conditioning equipment and gaps in doors to identify the air flow related to possible leaks. The results made it possible to identify the key variables that influence indoor air quality in rooms where the animals remain in animal houses.

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução científica e tecnológica e conseqüentemente a necessidade da realização de pesquisas com animais e manipulação de agentes patogênicos levou a comunidade científica a desenvolver um tipo de laboratório especial - o biotério (BINATTI *et al.*, 2006).

Biotérios são instalações capazes de produzir e manter espécies animais utilizados como reagentes biológicos em ensaios controlados para atender a programas de pesquisa, ensino, produção e controle de qualidade em diversas áreas biomédicas, ciências humanas e tecnológicas de acordo com a finalidade da instituição (CARDOSO, 2001).

No processo de planejamento de ambientes para fins laboratoriais, principalmente os especializados, a arquitetura tem como premissa o espaço físico contribuir tanto para a confiabilidade dos resultados dos ensaios realizados como para a proteção da saúde humana, animal e do meio ambiente (CARDOSO e SIMAS, 2008).

Há poucas décadas, ao se planejar a construção de uma edificação, era exigida apenas que a mesma oferecesse ao usuário um programa de necessidades apropriado ao desenvolvimento das suas atividades de acordo com a função da edificação (CARMO; PRADO, 1999).

Porém, com a crise do petróleo nos anos de 1970, um novo desafio surge no cenário da construção civil: o da economia de energia. Com isso, principalmente na América do Norte e Europa, tornou-se predominante um novo tipo de estrutura para edifícios com fins administrativos ou comerciais. Essa nova estrutura tinha como objetivo a utilização do mínimo de aberturas possíveis para a ventilação, a fim de impedir a infiltração do ar externo (STERLING *et al.*, 1991).

Essa nova estrutura chamou a atenção para a questão da qualidade do ar interior em ambientes, pois, segundo Carmo e Prado (1999), as reduções no gasto de energia foram possíveis através da dependência da edificação de controles computadorizados, sistemas forçados de ventilação, ar condicionado, entre outros.

Com a construção dos chamados edifícios selados, observou-se que a diminuição das trocas de ar era responsável pelo aumento da concentração de poluentes no ar interno em ambientes (GAUER et.al., 2008). Isso fez com que o conhecimento do homem sobre os ambientes interno e externo fosse evoluindo, fazendo com que a questão do conforto ambiental fosse cada vez mais valorizada, adicionando assim, nas mais diversas tipologias, outras exigências aos requisitos básicos da edificação já conhecidos (CARMO; PRADO, 1999).

É nesse contexto que a qualidade do ar interno em ambientes se torna um critério de desempenho importante na avaliação da qualidade ambiental das edificações.

Sabe-se que uma série de fatores pode afetar a qualidade do ar interno, como contaminantes químicos, biológicos, material particulado, ocupantes do edifício, entre outros. Além desses fatores, as condições de conforto também devem ser levadas em consideração, já que interagem entre si e colaboram para o aumento das queixas dos usuários (CARMO; PRADO, 1999).

O tema qualidade do ar interno tem se tornado cada vez mais relevante em todas as tipologias de edificações visto que, atualmente, há uma estimativa de que grande parte das pessoas, principalmente em ambientes urbanos, passa entre 80 e 90% do seu tempo sujeitas a um ambiente artificial que é modificado, na maioria das vezes, de maneira negativa pelo espaço fechado do edifício (LU *et al.*, 2009).

Entretanto, no Brasil, são poucos os registros de pesquisas relacionadas a qualidade do ar interior e existe, portanto, uma carência no desenvolvimento dessa área, principalmente em edificações não industriais, e certamente existem edifícios doentes no país de diversas tipologias (GIODA e AQUINO NETO, 2003).

Segundo Souza e Raniere (1995), a combinação do ar externo com as resultantes das componentes do espaço arquitetônico confere ao ar interno características particulares. Essas componentes do espaço arquitetônico variam de acordo com a tipologia e função do ambiente construído; assim, diferentes tipologias geram diferentes situações na qualidade do ar interno.

Sendo assim, a avaliação dos aspectos construtivos e arquitetônicos de espaços fechados representa um importante instrumento na identificação de fatores de risco desses ambientes como a contaminação da qualidade do ar interior que pode interferir tanto na qualidade das atividades realizadas como na saúde dos usuários (SIMAS; CARDOSO, 2008).

Particularmente quanto à influência dos fatores arquitetônicos e construtivos na qualidade do ar interior, mostram-se necessárias mais pesquisas nessa área, a fim de detectar os tipos de problemas relacionados à qualidade do ar interno e o que fazer para, se não extingui-los, pelo menos minimizá-los (CARMO; PRADO, 1999).

Visto que ambientes laboratoriais, como biotérios, são considerados como áreas críticas em relação à qualidade do ar interior por possuírem inúmeras variáveis que podem indicar a relação causa e efeito entre condições ambientais e os vários tipos de agressão a saúde dos usuários, esses são espaços que exigem uma grande atenção por parte de pesquisadores, técnicos de laboratórios, arquitetos e engenheiros.

O presente trabalho busca contribuir no desenvolvimento de pesquisas na área inter-relacionando condições arquitetônico-construtivas e de qualidade do ar interior em ambientes de permanência dos animais em biotérios. Para o desenvolvimento do trabalho foram realizados estudos de casos com levantamentos arquitetônico-construtivos e medições de qualidade do ar interior (gases  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$ ) e fatores ambientais (umidade, temperatura e velocidade do ar) nas salas onde permanecem os animais.

## **1.1. Objetivos**

Objetivou-se com esta pesquisa:

### **1.1.1. Objetivo geral**

Investigar e inter-relacionar condições arquitetônico-construtivas e de qualidade do ar interior em ambientes de permanência dos animais em biotérios de uma Instituição Pública de Ensino Superior.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- ✓ Identificar condições arquitetônico-constructivas características nos ambientes de permanência dos animais em biotérios.
- ✓ Identificar os fatores, as condições de exposição e os parâmetros ambientais normalmente relacionados com a qualidade do ar interior nos ambientes de permanência dos animais em biotérios.
- ✓ Estudar a qualidade do ar interior em relação a concentração dos principais gases poluentes nos ambientes de permanência dos animais nos biotérios de uma Instituição Pública de Ensino Superior: amônia ( $\text{NH}_3$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), além dos fatores ambientais: temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do ar.
- ✓ Inter-relacionar as condições arquitetônico-constructivas à qualidade do ar interior em biotérios.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Animais de laboratório e o surgimento de biotérios

No início da civilização, a realização de disseções e necropsias em seres humanos, geralmente escravos e condenados, era uma prática comum. Com a abolição desses procedimentos, primeiramente devido à intervenção religiosa e posteriormente legal, os pesquisadores da época começaram a adotar animais para investigações de fenômenos biológicos (SOUZA; MERUSSE, 1996 *apud* SILVA; ESPÍRITO-SANTO, 2009).

O uso de animais em pesquisas vem sendo feito desde a antiguidade e deu início a chamada “patologia comparada”. Nesse período, Hipócrates (450 a.C.), Alcmaeon (500 a.C.) e outros pesquisadores já estudavam as semelhanças e diferenças entre órgãos dos animais e dos homens com finalidade claramente didática. Galeno (129-210 d.C.) em Roma foi o primeiro a realizar vivisseção com objetivos experimentais (RAYMUNDO; GOLDIM, 1997 *apud* SILVA; ESPÍRITO-SANTO, 2009).

No século XVIII, Pasteur e Koch, já em seus primeiros trabalhos, utilizavam coelhos, ratos, camundongos e *hamsters* como ferramentas fundamentais para identificar germes causadores de doenças contagiosas (ANDRADE, 2006).

Em 1859, Charles Darwin publica o livro “A origem das espécies” que estabelece a relação existente entre as diferentes espécies animais em um único processo evolutivo. Com essa publicação, a extrapolação dos dados obtidos em pesquisas se intensifica com modelos animais (POLITI *et al.*, 2008).

Assim, durante os séculos XVIII e XIX, o uso de animais progrediu de uma prática comum até alcançar enfoque científico, surgindo a necessidade de repetição metodológica com amostras homogêneas (SILVA *et al.*, 1999 *apud* SILVA; ESPÍRITO-SANTO, 2009).

Para que os experimentos pudessem ser reproduzidos, surge a necessidade de parâmetros de qualidade genética e sanitária, uma vez que os animais são utilizados como “reagentes biológicos” e que os resultados

dos experimentos poderiam ser afetados pela má qualidade da espécie (ANDRADE, 2006).

Segundo Andrade (2006), estabeleceu-se nesse processo que, deveriam ser utilizados os chamados “animais definidos” para garantir a confiabilidade dos experimentos.

Animais de laboratório definidos são aqueles criados e produzidos sob condições ideais e mantidos em um ambiente controlado, com conhecimento microbiológico e genético seguros, obtidos por monitoração regular (ANDRADE, 2006, p.19).

Tal necessidade de se ter animais em número, idade e sexos adequados aos estudos científicos em evolução, além de facilitarem o alojamento, manutenção e transporte desses animais, resultou no surgimento dos biotérios (BINATTI, 2006).

## **2.2. Caracterização e programação arquitetônica em biotérios**

Biotérios são instalações capazes de produzir e manter espécies animais utilizados como reagentes biológicos em ensaios controlados para atender a programas de pesquisa, ensino, produção e controle de qualidade em diversas áreas biomédicas, ciências humanas e tecnológicas de acordo com a finalidade da instituição (CARDOSO, 2001).

De acordo com sua finalidade, os biotérios são categorizados em: biotérios de criação e biotérios de experimentação. Os biotérios de criação produzem e mantêm os animais para sua utilização no biotério de experimentação, sendo neste, submetidos aos protocolos experimentais da pesquisa científica, biotecnociência e do controle da qualidade (LAPA; PESSOA; MULLER, 2011).

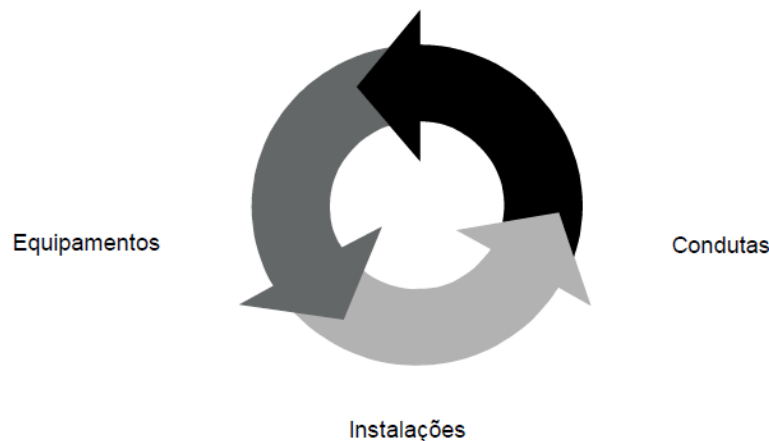
Os animais são seres que sofrem influência direta do ambiente, uma vez que o mesmo pode modificar seu ciclo biológico e, por consequência, os resultados de experimentos. Sendo assim, o ambiente físico de biotérios se torna um importante componente do conjunto de medidas que regula o manejo animal (LAPA; PESSOA; MULLER, 2011).

Devido as suas especificidades, biotérios são instalações que devem contemplar uma complexa matriz que inclui requisitos: de biossegurança, de segurança ocupacional e ambiental, de condições de conforto animal e humano, além das legislações pertinentes (LAPA; PESSOA; MULLER, 2011).

Segundo Cardoso (2001), biossegurança é um conjunto de ações voltadas para prevenir, minimizar ou eliminar riscos inerentes às atividades que podem comprometer a saúde do homem, dos animais, do meio ambiente e da qualidade dos trabalhos desenvolvidos.

A utilização do conceito de biossegurança está ligada ao princípio de contenção (figura 1) que se utiliza das condutas técnicas laboratoriais, nos equipamentos de segurança coletivos e individuais e no projeto de arquitetura e engenharia das instalações (LAPA; PESSOA; MULLER, 2011).

De acordo com a gradação do risco e a contenção necessária, são estabelecidos quatro níveis de biossegurança crescentes em relação ao grau de proteção proporcionado (BRASIL, 2006 *apud* LAPA; PESSOA; MULLER, 2011).



**Figura 1- Princípio da contenção.**  
Fonte: Lapa, Pessoa e Muller (2011).

A caracterização dos riscos inerentes a edificações destinadas a biotérios é fundamental para se conceber o projeto de uma instalação segura e compatível com suas necessidades. Na tabela 1 estão sintetizados os principais riscos relativos a biotérios que devem ser objeto de avaliação quantitativa ou qualitativa de acordo com sua natureza.

**Tabela 1- Principais riscos em biotérios.**

| Principais Riscos Ocupacionais em Biotérios   |   |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
| Físicos   | Químicos  | Biológicos   | Ergonômicos  | Mecânicos   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiação ionizante e não ionizante</li> <li>• Ruído</li> <li>• Umidade</li> <li>• Temperaturas extremas: (calor ou frio)</li> <li>• Pressões anormais</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geração de gases, vapores, particulados, fibras ou odores</li> <li>• Poeira (maravalha e ração)</li> <li>• Substâncias químicas e inflamáveis</li> <li>• Desinfetantes e Esterilizantes</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulação de animais</li> <li>• Zoonoses</li> <li>• Sangue e vísceras animais</li> <li>• Manipulação de agentes biológicos – OGM, microrganismos, amostras humanas</li> <li>• Excreção de animais</li> <li>• Produção de alérgenos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posturas forçadas</li> <li>• Iluminação</li> <li>• Organização do trabalho</li> <li>• Fluxos de trabalho</li> <li>• Movimentos repetitivos</li> <li>• Esforço físico intenso</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mordeduras de animais</li> <li>• Risco de incêndio</li> <li>• Máquina e equipamentos com movimentos</li> <li>• Instalações Elétricas</li> <li>• Objetos perfurocortantes</li> <li>• Iluminação inadequada</li> </ul> |

Fonte: Lapa, Pessoa e Muller (2011).

A compreensão das especificidades de um programa com vistas à concepção de um biotério deve prever a caracterização da natureza e magnitude dos riscos e seu impacto no ambiente físico, subsidiando tomadas de decisão ao longo do projeto na perspectiva de controle e prevenção da exposição a situações e agentes de risco à saúde humana, animal e à qualidade ambiental (LAPA; PESSOA; MULLER, 2011).

### 2.2.1. Localização de biotérios

É apropriado que, tanto os biotérios de criação quanto os de experimentação, sejam implantados em áreas distantes dos centros urbanos, isolando os animais de agentes biológicos e fontes poluidoras que possam comprometer as condições ambientais desses espaços (COUTO, 2006).

Para isso, é apropriado que a localização de instalações animais seja cuidadosamente estudada para que se tenha a fonte de ar de boa qualidade para os ambientes e o ar exaurido contaminado não entre com facilidade em edificações adjacentes (CCAC, 2003).

A edificação destinada ao biotério deve ser planejada para apresentar ambientes os mais isolados possíveis do exterior. Um fator que interfere

diretamente na disposição física dos ambientes é o nível de definição sanitária e genética do animal (BINATTI *et al.*, 2006).

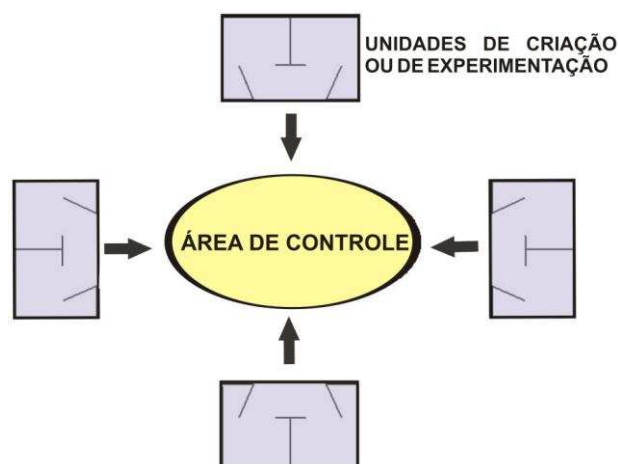
Definição sanitária é a relação dos animais com o seu ambiente específico; este ambiente inclui os organismos associados aos animais e os presentes dentro dos limites do ambiente físico. O conjunto de organismos associados é denominado microbiota (vírus, bactérias, fungos e parasitas). A definição genética se refere às características genéticas dos animais (COUTO, 2006).

Para os biotérios de experimentação, recomenda-se ainda que estejam próximos a laboratórios de pesquisa com instalações de barreiras sanitárias (CARDOSO, 2001). As barreiras sanitárias são constituídas por obstáculos físicos ou ambientais que impedem a difusão ou invasão de qualquer elemento nocivo nos espaços dos biotérios (CCAC, 2003).

### 2.2.2. Tipologias construtivas e arranjo dos ambientes de biotérios

Quanto à tipologia construtiva, Cardoso (2001) diz que os biotérios podem ser implantados de duas formas: pavilhonar ou em bloco único.

No sistema pavilhonar, a área destinada ao alojamento dos animais é separada das dependências de apoio, devendo estas serem localizadas centralmente para favorecer ao fluxo operacional (figura 2).



**Figura 2- Sistema pavilhonar de construção de biotérios**

Fonte: adaptado de Cardoso (2001).

Nesse caso, os animais são facilmente separados por espécie e por categoria em edificações próprias, contendo um espaço anexo comum.



Pelo corredor limpo chegam ração e material das camas nas salas dos animais, além de proceder à remoção dos animais para pesquisa. Pelo corredor sujo é feita a remoção das gaiolas sujas, de animais mortos e do material já utilizado das camas dos animais. A circulação feita por dois corredores distintos com a separação de material limpo e sujo previne o risco de contaminação nos biotérios (KRUGER, 1986).

Para o zoneamento espacial de um biotério, este pode ser subdividido em três áreas distintas: uma área administrativa, uma área destinada aos animais propriamente e uma área de infraestrutura, descontaminação, higienização e esterilização (LAPA; PESSOA; MULLER, 2011).

Essas áreas devem manter entre si uma clara distinção funcional, sendo facilmente identificados por questões de assepsia e controle, além de barreiras, e das passagens dos fluxos limpos para os sujos (KRUGER, 1986).

### **2.2.3. Programação arquitetônica**

Para programação arquitetônica de biotérios, deve-se prever o número de animais a serem utilizados, a espécie, o sexo dos animais, a idade ou o seu peso e o ritmo de fornecimento de animais, seja por semana, mês ou mesmo ano (KRUGER, 1986).

A quantificação e qualificação da demanda de animais de laboratório deverá ser feita com informações fornecidas por bioteristas, professores e pesquisadores das áreas e disciplinas envolvidas experimentalmente com animais de laboratório (KRUGER, 1986).

A partir da quantificação e qualificação dos animais, procede-se ao dimensionamento relativo ao tipo e número de gaiolas necessárias para alojar a população animal e às áreas para as salas dos animais. Runkle (1964) *apud* Kruger (1986) recomenda que a padronização das gaiolas e das estantes deve ser feita de forma a facilitar a programação do biotério.

As dimensões de espaços de biotérios devem permitir como critério geral a separação de cada uma das espécies animais que irá alojar, permitindo a recepção, criação e manutenção higiênica (KRUGER, 1986).

O tipo de alojamento dos animais, ou seja, o tipo de gaiolas afetará o dimensionamento da sala bem como a organização espacial interna. Moreno

*et al.* (1983) *apud* Kruger (1986) sugere o uso da equação 1, que permite calcular o número de gaiolas necessário para qualquer animal.

$$N = A_s \cdot \left( \frac{1}{P_s \cdot (1 - K)} + \frac{S}{D} \right) \quad [\text{Eq. 1}]$$

sendo:

N: número de gaiolas;

As: número médio de animais para experimentação por semana;

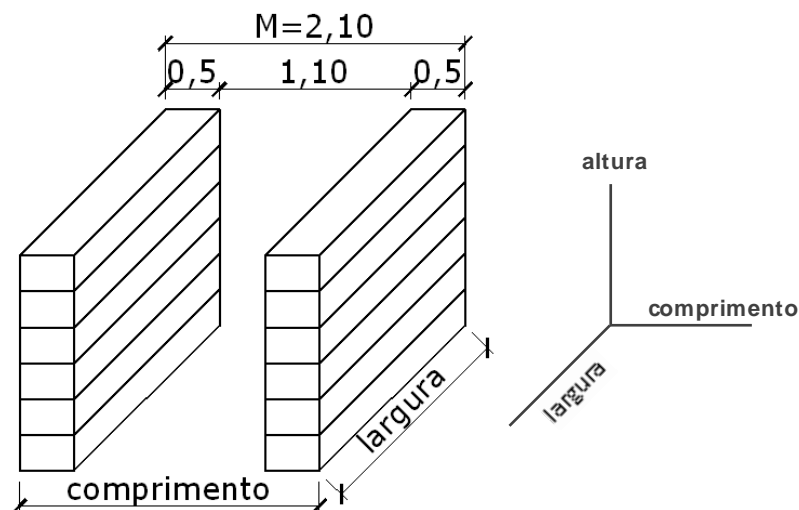
Ps: número de animais produzidos por gaiolas por semana;

K: proporção de animais que não podem ser utilizados;

S: número de semanas entre a idade do desmame e idade média na qual os animais são utilizados para experimentação;

D: número médio de animais que podem ser alojados em uma gaiola, entre a idade de desmame e a idade na qual são utilizados para experimentação.

O módulo básico (figura 5) considerado por Moreno *et al.* (1983) *apud* Kruger (1986) é de 2,10m, como ilustra a figura 5, ou seja: 2x0,50m (cada estante lateral à circulação tem 0,50m de profundidade), mais 1,10m para circulação (corresponde a 2 unidades de passagem – up –, sendo 1up=0,55m).



**Figura 5- Módulo básico.**  
Fonte: adaptado de Kruger (1986)

Definido o número de gaiolas, é possível prever a área da sala dos animais pela equação 2.

$$A = \frac{L.M.N}{K.Y} \quad [\text{Eq. 2}]$$

sendo:

A: área da sala [m<sup>2</sup>];

L: largura [m] de cada gaiola mais uma folga de 5 a 10cm para o manejo (ver Quadro 1);

M: comprimento do módulo básico [m];

N: número de gaiolas;

K: número de prateleiras da estante [altura total da estante ÷ altura entre prateleiras para gaiolas];

Y: número de gaiolas por comprimento das estantes do módulo básico.

A largura das gaiolas, definida por “L” na equação 2, além das características das gaiolas pode ser obtida em função da espécie, peso dos animais e o número de animais por gaiola. O quadro 1 adaptado de Moreno *et al.* (1983), indica as características das gaiolas mais utilizadas (KRUGER, 1986).

**Quadro 1- Dimensões e características de gaiolas.**

| ESPÉCIE     | PESO         | TIPO DE ALOJAMENTO                  | LARGURA [m]       | COMPRIMENTO/ PROFUNDIDADE [m] |
|-------------|--------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Cobaia      | 250-350g     | gaiola normal (GN)                  | 0,20              | 0,30                          |
|             |              | gaiola coletiva (GC)                | 0,35              | 0,50                          |
| Coelho      | 2-4kg        |                                     | 0,45              | 0,60                          |
| Hamster     | Idem ratos   |                                     |                   |                               |
| Ratos       | 150-200g     | gaiola normal (GN)                  | 0,20              | 0,30                          |
|             |              | gaiola coletiva (GC)                | 0,35              | 0,50                          |
| Comundongos | 20g          | gaiola coletiva pequena (GCp)       | 0,20              | 0,30                          |
|             |              | gaiola coletiva grande (GCg)        | 0,30              | 0,45                          |
| ESPÉCIE     | ALTURA       | Nº DE ANIMAIS<br>TIPO DE ALOJAMENTO | ESPAÇO POR ANIMAL |                               |
| Cobala      | 0,20<br>0,20 | 1 (GN)                              | m <sup>2</sup>    | m <sup>3</sup>                |
|             |              | 2-4(GC)                             | 0,065             | 0,011                         |
| Coelho      | 0,40         | 1-2                                 | 0,046             | 0,008                         |
| Hamster     | Idem ratos   |                                     |                   |                               |
| Ratos       | 0,20<br>0,20 | 1-3(GN)                             | 0,018             | 0,003                         |
|             |              | 4-10(GC)                            | 0,065             | 0,011                         |
|             |              |                                     | 0,018-0,046       | 0,003                         |
| Camundongos | 0,12<br>0,12 | 5-10(GCp)                           | 0,009-0,065       | 0,009-0,065                   |
|             |              | 16-20(GCg)                          | 0,005-0,009       | 0,005-0,009                   |

Fonte: adaptado de Moreno *et al.* (1983) *apud* Kruger (1986).

É necessário acrescentar, à área obtida pela [Eq. 2], uma reserva de área destinada para limpeza e desinfecção das gaiolas, ou seja, as áreas de influência da entrada no ambiente, da pia e da mesa, assim como a da circulação extramódulo; pode-se estimar esse espaço adicional sendo, no mínimo, 20% da área calculada.

Moreno *et al.* (1983), Barker (1960) e Runkle (1964) *apud* Kruger (1986) recomendam dimensões máximas de salas de animais de 20m<sup>2</sup> a 60m<sup>2</sup>.

O exemplo a seguir auxilia na determinação do número de gaiolas pela [Eq. 1], em função do módulo básico, supondo a produção de 100 ratos por semana, sendo produzidos 0,6 por gaiola, considerando que a taxa média de rejeição de animais identificada pelo controle de qualidade é de 25%, ou seja, animais que não podem ser utilizados para experimentação em função de atributos não recomendáveis para a pesquisa, sendo de 3 semanas o tempo médio entre o desmame e a experimentação e que o número médio de animais alojado por gaiola é 10. Nessas condições,

$$N = 100 \cdot \{1/[0,6 \cdot (1-0,25)] + (3/10)\} = 252 \text{ gaiolas para produzir ratos.}$$

Para ratos de 150-200g em gaiolas coletivas de dimensões L=0,35m, C=0,50m e A=0,20m, colocadas em estantes com 1,60m de altura e módulo básico de 2,10m, portanto 2 gaiolas por largura e por prateleiras de módulo, usando-se a [Eq. 2] obtém-se a área para a sala de animais, i.e.:

$$A = (0,35+0,10) \cdot 2,10 \cdot 252 / (8 \cdot 2) = 23,81\text{m}^2$$

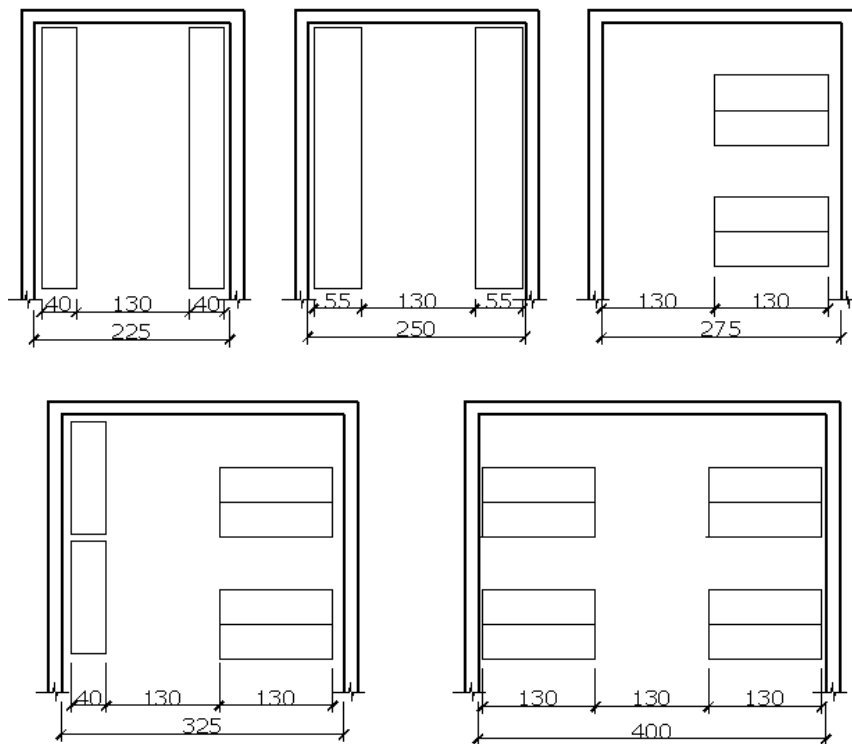
sendo esta a área útil necessária para alojar as 252 gaiolas. Supondo-se que localmente trabalha-se com 30% de área adicional à calculada para o módulo, a área total (A<sub>t</sub>) necessária para o recinto deverá ser:

$$A_t = A \cdot 1,30 = 23,81 \cdot 1,30 = 30,96\text{m}^2.$$

Chama-se atenção para o fato de que o número de animais por sala não depende exclusivamente da capacidade física da sala, mas também da possibilidade de renovação do ar e regulação das condições ambientais. Deve-se considerar também o tempo de trabalho dos funcionários dentro das salas (KRUGER, 1986).

Outro fator que contribui decisivamente para o dimensionamento de sala de animais refere-se a arrumação das estantes. Schramm (1973) *apud*

Kruger (1986) propôs alguns esquemas básicos, considerando 1,30m para passagem (figura 6).



**Figura 6- Esquemas básicos de leiaute de estantes.**  
Fonte: adaptado de Schramm (1973) *apud* Kruger (1986).

Quanto à arrumação das estantes, não é recomendável encostá-las nas paredes, visando a lavações e desinfecções. Deve-se ainda considerar o sistema de condicionamento de ar, adequando-se o espaço para a circulação do ar. Se forem programadas estantes móveis, que facilitam o manuseio e a manutenção de assepsia das salas é necessário ainda prever espaços para seu deslocamento (KRUGER, 1986).

#### **2.2.4. Materiais de construção utilizados em biotérios**

A escolha dos materiais de construção utilizada em biotérios é de extrema importância, uma vez que são locais que necessitam de assepsia controlada. Assim, os materiais devem facilitar a manutenção higiênica e a limpeza dos ambientes, principalmente nas salas de permanência dos animais (LAINETTI, 2009).

Basicamente, em relação às paredes, estas devem ser lisas, impermeáveis e sem rachaduras. Todos os encontros entre as paredes e o

piso e das paredes com o teto devem ser com os cantos arredondados para evitar o acúmulo de sujidades (LAINETTI, 2009).

O piso também deve ser nivelado, liso, porém não escorregadio, sem reentrâncias, não poroso e resistente a produtos químicos utilizados na desinfecção. Os tetos devem ser planos, devidamente vedados, não porosos, impermeáveis (LAINETTI, 2009).

Os materiais utilizados em biotérios estão relacionados aos níveis de biossegurança – NBA - conforme tabela 2.

**Tabela 2- Materiais em relação ao nível de biossegurança.**

| <b>Tipo</b>                   | <b>Discriminação</b>          | <b>NBA</b> |
|-------------------------------|-------------------------------|------------|
| Estrutura das paredes/painéis | Tijolo cerâmico               | 1,2,3      |
|                               | Concreto celular              |            |
|                               | Gesso acartonado              |            |
| Revestimento paredes/painéis  | Pintura PVC                   | 1,2,3      |
|                               | Pintura acrílica              |            |
|                               | Pintura epoxídica             | 3          |
| Estrutura do teto             | Gesso acartonado              | 1,2,3      |
|                               | Laje de concreto              |            |
|                               | Laje pré-moldada              |            |
| Revestimento – teto           | Pintura acrílica              | 1,2        |
|                               | Pintura PVC                   |            |
|                               | Pintura epóxi                 | 3          |
| Revestimento - porta          | Pintura a óleo                | 1,2,3      |
|                               | Laminado melamínico (fórmica) |            |
|                               | Alumínio                      |            |
|                               | Aço inoxidável                | 3          |

Fonte: Pessoa *et al.* (2008) *apud* Lainetti (2009).

### **2.3. Ética e bem estar animal**

Ética é a ciência da moral e tem relação com o certo e o errado. É uma atitude cultural, crítica, sobre valores e posições de relevância no momento de atuar (RIVERA, 2006, p.25).

Na experimentação animal, a ética tenta conciliar o uso dos animais com o seu bem-estar e as condições satisfatórias para que estes tenham um bom desempenho nas pesquisas (RIVERA, 2006).

Na Idade Média, os animais eram considerados como uma pedra bruta, com ausência de alma e incapacidade de raciocínio (PIMENTA; SILVA, 2002 *apud* SILVA; ESPÍRITO-SANTO, 2009).

Paralelamente à intensificação do uso de animais em experimentos, nos séculos XVIII e XIX surgiram movimentos contrários a tal utilização. Devido à evolução da ciência e os constantes questionamentos, ocorreram mudanças nas relações entre o ser humano e os animais, transformando a questão do bem estar animal em uma importante área de estudo, uma vez que pode influenciar no resultado de um experimento (LAINETTI, 2009).

Charles Darwin, com sua teoria da evolução, ajudou nesse processo de demonstrar que o homem é um animal e, logo, as preocupações morais com o homem deveriam se estender aos animais (RIVERA, 2006).

Além disso, em 1872, Charles Darwin estabeleceu que diferentes tipos de estímulos externos provocam respostas orgânicas similares nos animais (MEZÁDRI; TOMÁZ; AMARAL, 2004 *apud* LAINETTI, 2009). Em 1929, Cannon caracteriza essas respostas orgânicas como alterações de ordem física, psíquica e infecciosa produzidas pelo sistema nervoso simpático, definindo-as como estresse animal (LUNA, 2006 *apud* LAINETTI, 2009). Segundo Rivera (2006), essas respostas são uma tentativa do animal para manter sua homeostase, ou seja, o equilíbrio normal do corpo.

Além de se proporcionar o bem estar animal para se garantir a confiabilidade dos resultados das pesquisas, surgiram também inúmeras sociedades de proteção aos animais (PAIVA *et al.*, 2005 *apud* POLITI *et al.*, 2008). Essa preocupação com a proteção e bem estar do animal no Brasil teve início em 1934, quando surgiu o Decreto Federal nº 24.645, que assegurava proteção a todos os animais, embora não houvesse artigo expresso sobre animais de laboratório (ANDRADE, 2006). Ainda, segundo Andrade (2006), em 1979 foram estabelecidas normas e práticas didático-científicas, regulamentando os registros dos biotérios e centros de experimentação enfatizando o bem estar animal, por meio da Lei Federal nº 6.638 (Diário Oficial da União, de 8 de maio de 1979).

Quanto às instalações e cuidados na produção de animais utilizados em trabalhos experimentais, a situação era precária até a década de 1970. Foi com o trabalho realizado por algumas instituições oficiais, como o

CONCEA – Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal –, por exemplo, que esse quadro foi se modificando (ANDRADE, 2006).

Vários fatores físicos, químicos ou microbiológicos podem iniciar um desequilíbrio fisiológico e podem aumentar ou diminuir o bem estar, principalmente devido à situação de confinamento (figura 7).

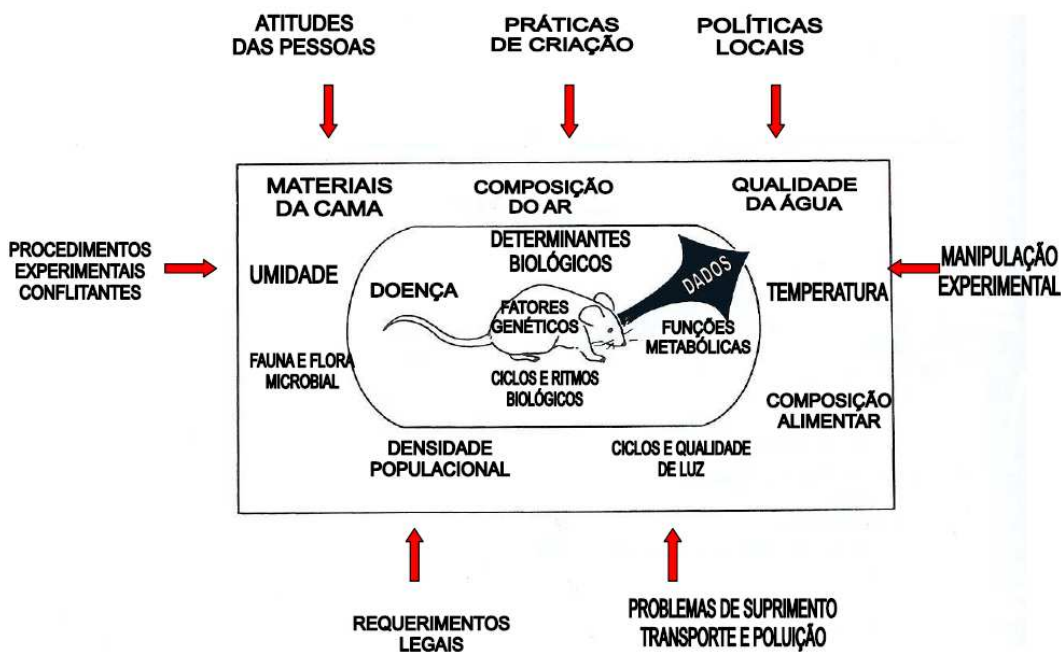


Figura 7- Fatores ambientais e de gerenciamento que afetam os animais.  
 Fonte: Ruys (1991) *apud* Lainetti (2009).

É necessário um ambiente adequado para a manutenção de animais de laboratório, por serem mais sensíveis a estímulos internos e externos (FRAJBLAT, 2008 *apud* LAINETTI, 2009).

#### 2.4. Qualidade do ar interior em biotérios

Visto que fatores físicos, químicos ou microbiológicos podem afetar o bem estar e a saúde dos animais, e conseqüentemente alterar resultados de experimentos, a qualidade do ar interior constitui um fator ambiental relevante nesses ambientes.

Há poucas décadas, ao se planejar a construção de uma edificação era exigida apenas que a mesma oferecesse ao usuário um programa de necessidades apropriado ao desenvolvimento das suas atividades de acordo com a função da edificação (CARMO; PRADO, 1999).

Porém, com a crise do petróleo nos anos de 1970, um novo desafio surge no cenário da construção civil: o da economia de energia. Com isso,

principalmente na América do Norte e Europa, tornou-se predominante um novo tipo de estrutura para edifícios com fins administrativos ou comerciais. Essa nova estrutura tinha como objetivo a utilização do mínimo de aberturas possíveis para a ventilação, a fim de impedir a infiltração do ar externo (STERLING; COLLETT; RUMEL, 1991).

Essa nova estrutura chamou a atenção para a questão da qualidade do ar interior em ambientes não industriais, pois, segundo Carmo e Prado (1999), as reduções no gasto de energia foram possíveis através da dependência da edificação de controles computadorizados, sistemas forçados de ventilação, ar condicionado, entre outros.

Foi com a necessidade de economizar energia e a construção dos chamados edifícios selados, que se observou que a diminuição das trocas de ar era responsável pelo aumento da concentração de poluentes no ar interno (GAUER *et al.*, 2008).

No Brasil, a qualidade do ar interior é uma temática recente e começou a se inserir no campo acadêmico principalmente após o episódio da morte, em 1998, do então ministro das comunicações Sérgio Motta, vítima de uma pneumonia provocada por bactéria oriunda do sistema de condicionamento de ar. Esse episódio levou o Ministério da Saúde do Brasil a exigir a avaliação da qualidade do ar interno dos ambientes de uso público e coletivo (COSTA, 2005).

Segundo Carmo e Prado (1999), uma série de fatores pode afetar a qualidade do ar interno, como contaminantes de origem química (na forma de gases ou vapores), materiais particulados diversos (poeiras, pós, fibras e aerossóis) e contaminantes de origem biológica (vírus, bactérias, fungos) Além disso, a qualidade do ar interno também pode ser afetada pelas atividades realizadas dentro da própria edificação (QUADROS, 2008).

Alguns estudos conduzidos pela *Environmental Protection Agency*–EPA– e pelo *National Institute of Occupational Safety and Health* –NIOSH–, indicam que os níveis de poluentes em interiores chegam a ser de 10 a 100 vezes superiores aos existentes no exterior (COSTA, 2005).

Além disso, há uma estimativa de que grande parte das pessoas, principalmente em ambientes urbanos, passa entre 80 e 90% do seu tempo

sujeitas a um ambiente artificial que é modificado, na maioria das vezes, de maneira negativa pelo espaço fechado do edifício (LU *et al.*, 2009).

Alguns edifícios foram definidos e identificados pela Organização Mundial da Saúde como “doentes”, devido à péssima qualidade do ar em seu interior, sendo criada a expressão *Sick Building Syndrome* (SBS), que, nos seres humanos, tem sido potencializada numa série de sintomas como náuseas, dores de cabeça, cansaço, irritação dos olhos, nariz e garganta, falta de concentração, problemas de pele, entre outros (STERLING; COLLETT; RUMEL, 1991).

Lima de Paula (2003) *apud* Quadros (2008) aponta que os principais fatores que causam a “síndrome do edifício doente” são:

- insuficiência de ar externo;
- má distribuição do ar;
- controle ineficiente da temperatura;
- projeto inadequado;
- modificações inadequadas após a construção;
- falta de manutenção dos sistemas de ventilação;
- falta de compreensão do funcionamento do sistema.

Observando os fatores acima, percebe-se que os projetistas são responsáveis diretos pelos quatro primeiros itens.

Segundo Souza e Raniere (1995), a combinação do ar externo com as resultantes das componentes do espaço arquitetônico confere ao ar interno características particulares. As componentes do espaço arquitetônico variam de acordo com a tipologia e função do ambiente construído; assim, diferentes tipologias geram diferentes situações na qualidade do ar interno.

Sendo os biotérios edificações constituídas de ambientes fechados e, portanto de pouca ventilação, onde se busca o máximo de controle ambiental, a qualidade do ar interior constitui um fator ambiental imprescindível na qualidade ambiental e desempenho das atividades desenvolvidas nessas edificações, que exige grande responsabilidade e atenção por parte dos pesquisadores, técnicos de laboratórios, engenheiros e arquitetos.

#### **2.4.1. Legislação referente à qualidade do ar de interiores**

A temática qualidade do ar de interiores no Brasil ainda é um campo de estudos emergente. Mesmo com o crescente interesse da mídia, de centros científicos e até mesmo de setores do governo, são poucos os trabalhos de pesquisa na área e pouca legislação específica sobre o tema (COSTA; COSTA, 2006).

Em 28 de agosto de 1998, o Ministério da Saúde publicou a Portaria nº 3523 contendo um Regulamento Técnico considerando a crescente utilização de sistemas de ar condicionado no país e, também, a preocupação mundial com a qualidade do ar de interiores em ambientes climatizados. O Regulamento Técnico visa a medidas específicas de padrões da qualidade do ar identificando poluentes de natureza física, química e biológica com suas respectivas fontes, para a prevenção de riscos à saúde dos ocupantes desses ambientes, estabelecendo medidas referentes à limpeza dos sistemas de climatização (BRASIL, 1998).

Em 24 de outubro de 2000, conforme previsto na Portaria nº 3523, o Ministério da Saúde, por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA –, publicou a Resolução nº 176, que contou com a colaboração de associações, institutos e fundações, além do Ministério do Meio Ambiente e da Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS).

A Resolução nº 176 foi revisada e atualizada com novos dados e em 16 de janeiro de 2003 foi estabelecida a Resolução RE nº 9, pela ANVISA, que estabelece padrões de referência para a qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo. Nela, são listados valores máximos recomendados (VMR) para os seguintes parâmetros: contaminação microbiológica, dióxido de carbono, aerodispersóides (MP), além dos parâmetros físicos de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação e grau de pureza do ar. Além disso, prevê recomendações para avaliação e controle do ar ambiental interior dos ambientes climatizados de uso coletivo (BRASIL, 2003).

Essa Resolução se constitui num marco, pois define os parâmetros mínimos para uma boa qualidade do ar de interiores quanto à concentração de CO<sub>2</sub> e material particulado, temperatura, umidade relativa e velocidade do

ar, porém parâmetros mais complexos como COVs e aldeídos não são contemplados (GIODA e AQUINO NETO, 2003).

As regulamentações referentes à saúde ocupacional de ambientes industriais continuam a ser de competência do Ministério do Trabalho, que foram consolidadas através da Portaria MTE nº 3.214, de 8 de junho de 1978, que publicou as Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho, complementando a Consolidação das Leis Trabalhistas (CTL). Entre as NRs, destaca-se a NR-15 – Atividades e Operações Insalubres – (BETTINI, 2006).

Já os parâmetros de saúde ocupacional em ambientes industriais que não são definidos pela NR-15 seguem outros padrões nacionais ambientais, como os padrões definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – (BETTINI, 2006).

Parâmetros internacionais de saúde ocupacional como os do *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSHI), *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) e *World Health Organization* (WHO) e parâmetros ambientais como os da *U.S. Environmental Protection Agency* (USEPA, 1990), são utilizados apenas para fins comparativos e o mesmo é válido para avaliação do ar em ambientes não industriais (GIODA; AQUINO NETO, 2003).

Ressalta-se que na legislação brasileira pesquisada referente à qualidade do ar interior não foram encontrados parâmetros e recomendações para avaliação e controle do ar ambiental interior específico em ambientes de biotérios.

#### **2.4.2. Micro e macroambiente**

O ambiente onde o animal se encontra é separado em micro e macroambiente. Segundo Santos (2006) *apud* Lainetti (2009), a gaiola é o divisor entre esses dois, pois tudo que está do lado externo da gaiola constitui o macroambiente e tudo que está em seu interior constitui o microambiente.

O microambiente é o espaço físico imediatamente próximo ao animal, também definido como ambiente primário, com parâmetros próprios de temperatura, umidade relativa, composição de gases e partículas do ar. Já o

macroambiente é a própria sala e embora esteja relacionada ao microambiente, eles são bem diferentes (NRC, 2003 *apud* LAINETTI, 2009).

Durante décadas, acreditava-se que controlar as condições ambientais da sala de animais (macroambiente) seria suficiente para fornecer um ambiente adequado aos animais. Assim, os conceitos de conforto humano foram utilizados nas salas de animais (BAILARDI, 2003).

Porém, embora eficiente para o ser humano, o emprego deste princípio nos biotérios demonstrou-se inadequado, uma vez que as variáveis ambientais no interior das gaiolas (microambiente) possuem características distintas às do macroambiente. Alguns autores observaram que os níveis de vapor d'água, dióxido de carbono, partículas em suspensão e amônia (NH<sub>3</sub>) são mais elevados no microambiente (OPAS, 1968; CCAC, 1980; SLAS, 1989 *apud* BAILARDI, 2003).

Segundo Lang e Vessel (1976) *apud* Politi *et al.* (2008), os fatores ambientais que mais influenciam as respostas biológicas dos animais em relação à qualidade do ar interior são a temperatura, a umidade relativa, a ventilação, gases e substâncias particuladas. Dentre os gases destacam-se a amônia (NH<sub>3</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

#### **2.4.3. Temperatura e umidade relativa**

A maioria das espécies utilizadas em biotérios é homeoterma, ou seja, regula a temperatura corpórea dentro de uma faixa estreita utilizando mecanismos de compensação do organismo para se adaptar às condições do ambiente (VALERO *et al.*, 1990 *apud* LAINETTI, 2009).

O controle da temperatura nas salas dos animais deve ser feito individualmente, de acordo com a finalidade a que se destinam os animais, ou seja, para criação ou manutenção (POLITI *et al.*, 2006).

Segundo MAJEROWICS (2005) *apud* POLITI *et al.* (2006), a temperatura no interior da gaiola é superior à temperatura do macroambiente variando de acordo com a área e o número de animais alojados. Segundo LAINETTI (2009), a temperatura na gaiola pode aumentar de 3 a 5°C em relação ao macroambiente.

Variações extremas de temperatura são mais prejudiciais que temperaturas constantes próximas ao limite de tolerância, resultando em

alterações metabólicas compensatórias, as quais afetam os padrões normais de circulação, excreção, alterações comportamentais, por vezes induzindo a enfermidades e a morte (CLOUGH, 1982; DE LUCA, 1996; MAJEROWICS, 2000a *apud* POLITI *et al.*, 2008).

O controle da umidade relativa é outro fator fundamental na manutenção de um ambiente ideal em biotérios.

Baixa umidade relativa nos ambientes onde ficam os animais pode causar problemas respiratórios como ressecamento de mucosas, pele e surgimento de feridas nos animais, enquanto umidade relativa muito alta induz a problemas respiratórios (SANTOS, 2006 *apud* LAINETTI, 2009).

Segundo Majerowics (2008) a umidade relativa no interior das gaiolas é em torno de 10% maior que no macroambiente. Além disso, a alta umidade estimula a produção de amônia e é responsável pela rapidez da evaporação de gotículas e sua dispersão, sendo essas gotículas em suspensão de grande influência na sobrevivência de micro-organismos.

Devido à liberação contínua de vapor d'água através da respiração e pela evaporação da urina, a umidade dentro das salas tende sempre a aumentar, sendo necessário um sistema que retire com eficiência o excesso de água do ambiente (LAINETTI, 2009).

Tanto a temperatura quanto a umidade relativa estão associadas às condições ambientais das instalações físicas mas sofrem a influência dos níveis de metabolismo dos animais. Para se estabelecer as condições de temperatura e umidade, deve-se considerar a perda de calor livre ou forçado devido ao movimento do ar e a perda de calor por condução desde o corpo do animal aos materiais que entram em contato com ele (NRC, 2003 *apud* LAINETTI, 2009).

A interação entre as correntes de ar que se originam dos animais nas gaiolas, outras fontes de calor (equipamentos, lâmpadas e outras), bem como o próprio sistema de insuflamento e de exaustão do ar vão determinar o movimento de ar resultante em cada sala; essas correntes convectivas podem contribuir para gerar ou eliminar a contaminação cruzada (CARDOSO, 2001).

Segundo Costa (2005), alguns estudos mostram que se muito elevada, a temperatura pode até mesmo desencadear o processo de

liberação de determinadas substâncias químicas. Tanto a temperatura quanto a umidade do ar tem grande impacto na percepção da qualidade do ar.

Segundo Lainetti (2009), para cada espécie animal existe uma faixa de temperatura (tabela 3) e umidade relativa (tabela 4) requeridas, como definida pelo *National Research Council – NRC* (2003).

**Tabela 3- Faixa de temperatura ideal por espécie.**

| Animal   | Temperatura |       |
|--|-------------|-------|
|  | °C          | °F    |
| Camundongo, rato, <i>hamster</i> , gerbo, cobaia | 18-26       | 64-79 |
| Coelho   | 16-22       | 61-72 |
| Gato, cão, primata não-humano                    | 18-29       | 64-84 |
| Animais de fazenda e aves                        | 16-27       | 61-81 |

Fonte: Lainetti (2009).

**Tabela 4- Faixa de umidade relativa ideal.**

| Animal                                    | Umidade (%) |
|---|-------------|
| Camundongo, rato, <i>hamster</i> , coelho | 55 ±10      |

Fonte: Lainetti (2009).

A resolução RE nº 9 de 16 de janeiro de 2003 da ANVISA recomenda para fins de avaliação e controle do ar ambiental interior quanto à temperatura, umidade e velocidade do ar a norma técnica 003 que define o número de amostras tomando por base a área construída de acordo com a tabela 5.

**Tabela 5- Número de amostras por área construída.**

| Área construída (m <sup>2</sup> ) | Número mínimo de amostras |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Até 1.000                         | 1                         |
| 1.000 a 2.000                     | 3                         |
| 2.000 a 3.000                     | 5                         |
| 3.000 a 5.000                     | 8                         |
| 5.000 a 10.000                    | 12                        |
| 10.000 a 15.000                   | 15                        |
| 15.000 a 20.000                   | 18                        |
| 20.000 a 30.000                   | 21                        |
| Acima de 30.000                   | 25                        |

Fonte: RE nº 9 de 16 de janeiro de 2003 ANVISA.

A norma técnica 003 ainda define que os pontos amostrais devem ser distribuídos uniformemente e coletados com amostrador na altura de 1,50m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada.

#### **2.4.4. Ventilação**

O controle atmosférico em salas de animais consiste basicamente na movimentação do ar com a finalidade da remoção de poluentes e manutenção do conforto térmico (MERUSSE; LA PICHUIK, 1996 *apud* SILVA; ESPÍRITO-SANTO, 2009).

Segundo o *National Reserch Council* (2003) *apud* SILVA, ESPÍRITO-SANTO (2009), a ventilação em salas de animais tem um papel fundamental para a manutenção das condições ambientais adequadas. A ventilação nesses ambientes tem como objetivo fornecer suprimento de oxigênio adequado, remover as massas de ar quente produzidas pela respiração animal, pelas luzes e por equipamentos, diluir contaminantes gasosos e particulados, ajustar o conteúdo da umidade do ar da sala e, quando necessário, criar diferenças de pressão estática entre espaços adjacentes.

A direção e a velocidade do ar estão diretamente relacionadas com o transporte e a dispersão horizontal dos poluentes, enquanto a temperatura e umidade do ar estão relacionadas com a dispersão vertical de poluentes, uma vez que o ar não circula permanentemente em uma direção, devido a algum tipo de barreira física (MOTA, 1991 *apud* COSTA, 2005).

Segundo Macintyre (1988) *apud* Bailardi (2003), a ventilação divide-se em dois grandes princípios: ventilação local exaustora (VLE) e a ventilação geral diluidora (VGD).

Segundo a ASHRAE (1997) *apud* Bailardi (2003), a VLE consiste na retirada de poluentes, enquanto a VGD consiste no controle da temperatura e redução da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em ambientes destinados à utilização humana.

Foi no final dos anos 1930 que a VGD começou a ser aplicada em biotérios, com a utilização de um sistema em que se efetuava a ventilação por meio de uma mistura do ar externo com o interno recirculado após a filtragem (MUNKELT, 1938 *apud* BAILARDI, 2003).

O princípio da VGD foi empregado durante muitos anos em biotérios. Em 1963, Alschuler propôs um novo padrão de VGD em biotérios com o objetivo de melhorar a qualidade ambiental das salas de animais (BAILARDI, 2003).

Nesse novo padrão, a temperatura deveria ser o mais uniforme possível, a umidade relativa em torno de 50%, a taxa de renovação do ar de 18 trocas de ar por hora, sem recirculação, com a insuflação pelo teto e a exaustão na altura do piso (ALSCHULER, 1963 *apud* BAILARDI, 2003).

Como o padrão de VGD desenvolvido em 1963 por Alschuler não possibilitava a renovação direta do microambiente, Lane-Peter propôs em 1970 o uso de uma estante constituída por uma câmara capaz de promover o fluxo de ar filtrado sobre as gaiolas, utilizando o ar proveniente do macroambiente (LANE-PETER, 1970 *apud* BAILARDI, 2003).

Em 1983, Keller, Mattingly e Knape foram os primeiros a adotar um sistema de ventilação individual para gaiolas providas de cobertura filtrante, com a finalidade de remover os níveis internos de amônia (NH<sub>3</sub>) até 25ppm após 72 horas de alojamento dos animais, sendo alojados por gaiola cinco camundongos adultos. Segundo Gamble e Clouch (1976) *apud* Bailardi (2003), a amônia é o principal poluente em biotérios, sendo mais nocivo para os animais.

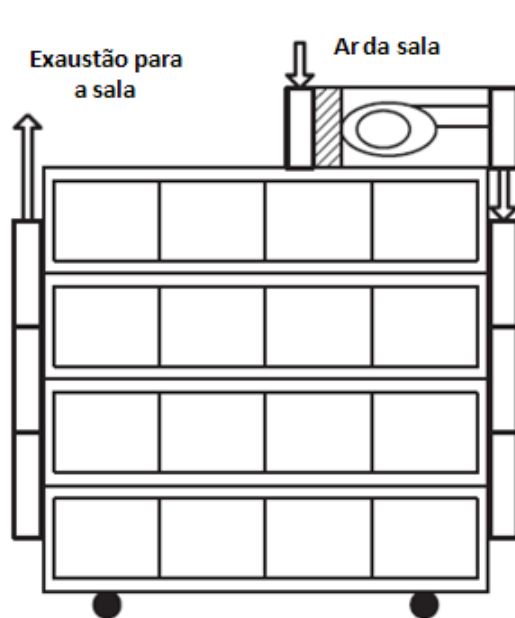
Para melhorar o microambiente, sistemas de ventilação com pressão positiva no interior das gaiolas foram desenvolvidos para controlar com mais eficiência a temperatura, umidade relativa do ar, níveis de amônia, dióxido de carbono e alérgenos (KUROSAWA *et al.*, 1993 *apud* BAILARDI, 2003).

Existem vários modelos de sistemas de ventilação que, embora diferentes em sua concepção, possuem características que permitem classificá-los como sistemas de ventilação microambiental (VMA), ou seja, promovem ventilação direta no interior das gaiolas (BAILARDI, 2003).

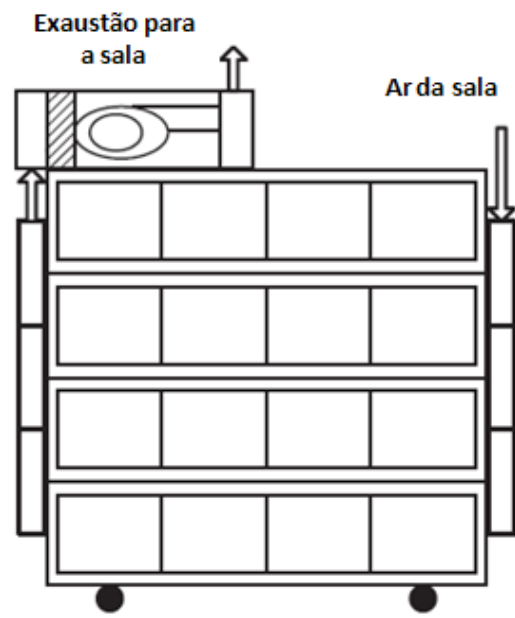
Atualmente, um desses sistemas de ventilação microambiental é o sistema tipo *rack* com microisoladores, tendo estes um impacto significativo sobre a concepção e utilização dos sistemas de climatização (CCAC, 2003).

Segundo CCAC (2003), um *rack* ventilado de pressão positiva (figura 8 e figura 10) protege os animais no interior das gaiolas: o ar retirado do interior da gaiola é livre de material particulado devido ao filtro na parte

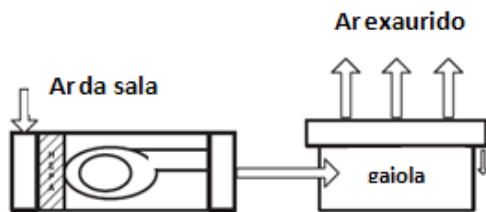
superior da mesma, porém tem consideráveis odores e contaminantes. Já o *rack* ventilado de pressão negativa é utilizado para proteger o macroambiente de alérgenos e contaminantes, sendo o fluxo contrário ao de pressão positiva (figura 9 e figura 11).



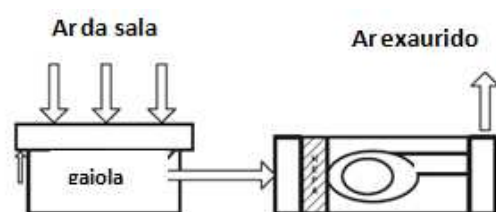
**Figura 9- Sistema *rack* com pressão positiva.**  
Fonte: adaptado de CCAC (2003).



**Figura 8- Sistema *rack* com pressão negativa.**  
Fonte: adaptado de CCAC (2003).



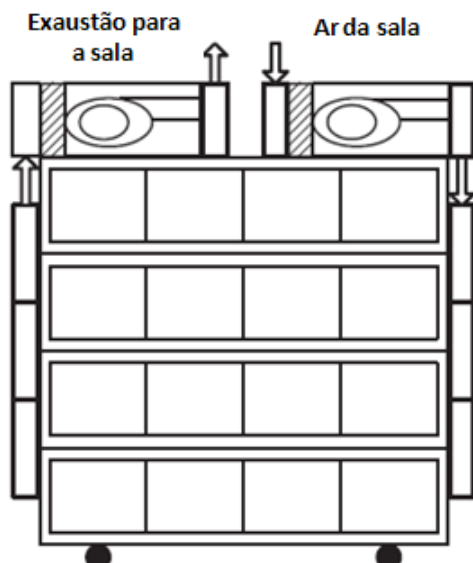
**Figura 11- Ventilação na gaiola pressão positiva.**  
Fonte: adaptado de CCAC (2003).



**Figura 10- Ventilação na gaiola pressão negativa.**  
Fonte: adaptado de CCAC (2003).

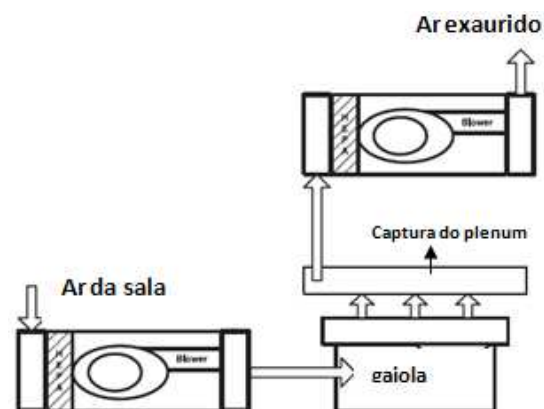
A utilização de dois motores independentes permite que as gaiolas sejam mantidas à pressão positiva ou negativa (figura 12 e figura 13), porém o calor gerado pelos motores deve ser retirado com a ventilação.

Segundo CARISSIMI (1998) *apud* BAILARDI, 2003, o uso de sistemas VMA propicia melhores condições ambientais ao microambiente. Além disso, reduz a frequência da troca de cama nas gaiolas, racionalizando o manejo e diminuindo custos em biotérios.



**Figura 12- Sistema rack com dois motores.**

Fonte: adaptado de CCAC (2003).



**Figura 13- Gaiolas com o sistema rack com dois motores.**

Fonte: adaptado de CCAC (2003).

Segundo CCAC (2003), o tipo de gaiola é imprescindível na determinação do sistema de climatização. É comum priorizar os fatores ambientais ao nível do macroambiente, mas a real preocupação deve estar ao nível do microambiente. Porém, o movimento e conseqüentemente a qualidade do ar no interior das gaiolas serão afetados pela distribuição do ar na sala e localização da gaiola dentro da sala, ou seja, ao nível do macroambiente.

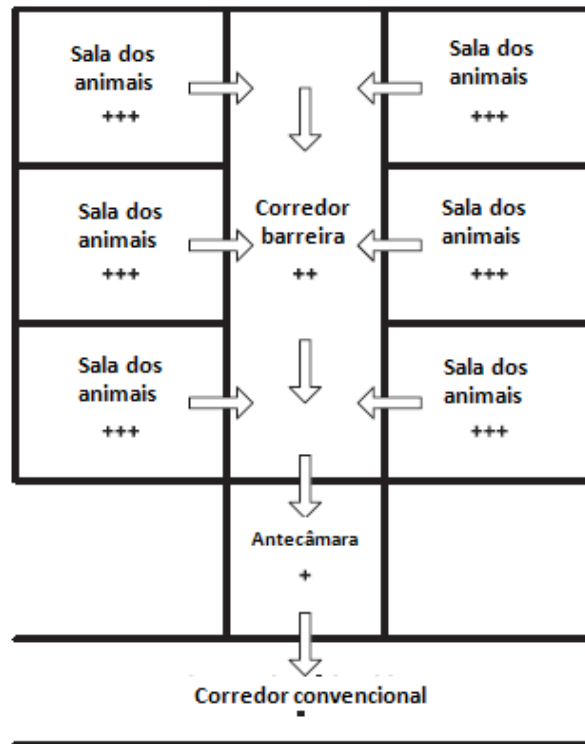
Em biotérios, a questão da ventilação é de extrema importância, uma vez que as barreiras sanitárias, segundo Kruger (1986), podem ser classificadas quanto:

- a) aos veículos, que podem ser o próprio ar, além de elementos construtivos, a água, as gaiolas, a roupa, cama, ração, pessoal e animal;
- b) aos vetores estranhos ao biotério que permitem ou não a difusão desses elementos nocivos.

Pressões diferenciais entre salas e corredores, por exemplo, são utilizadas como barreiras controlando o movimento do ar e eliminando fontes potenciais de contaminação (CCAC, 2003).

O fluxo de ar da área suja para a área limpa deve ser completamente banido e as pressões de ar deverão ser sempre maiores nas áreas limpas em que se requer maior assepsia (KRUGER, 1986).

Segundo CCAC (2003), antecâmaras são muito utilizadas uma vez que criam uma barreira de ar e um efeito cascata em que se diminui a pressão à medida que se caminha para o corredor (figura 14).



**Figura 14- Diferencial de pressão: efeito cascata.**  
Fonte: adaptado de CCAC (2003).

Para se manter a pressão diferencial, as portas devem ficar fechadas, isentas de frestas, assim como o ambiente não deve possuir janelas (CCAC, 2003).

Ainda em relação ao ar, sua filtragem deve ser feita com filtro HEPA (*High Efficiency Particles*). Nos biotérios de produção e de experimentação é recomendável um filtro de 95% de eficiência para partículas de 5µm e que esteja incorporado ao sistema de ventilação mecânica do biotério. Deve ser feita também a pré-filtragem do ar com filtro de média ou baixa eficiência em cada ambiente, que deve ser preparado para receber o filtro HEPA (KRUGER, 1986).

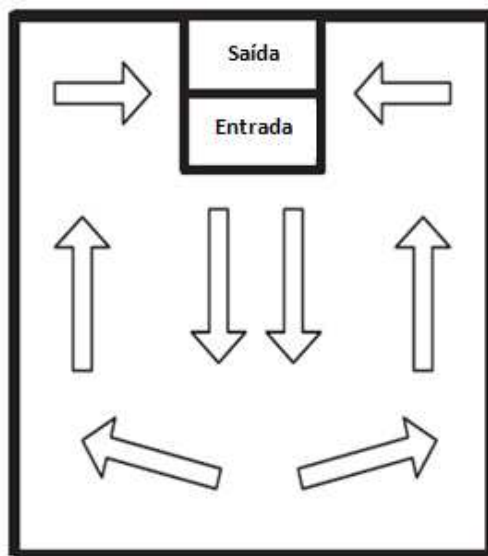
Ainda na sala de máquinas de ar condicionado, deve-se proceder à filtração grossa com painéis de alumínio, lã de vidro ou manta de bidim. Na saída do aparelho de ar condicionado é colocado o filtro de 95% e no duto, na entrada de cada sala, o filtro de 95% ou o filtro HEPA (KRUGER, 1986).

A localização da entrada e saída de ar do edifício é de extrema importância: o ar de entrada deve estar o mais livre possível de poluentes, assim como o ar contaminado que sai deve ser filtrado antes de ser liberado no ambiente (CCAC, 2003).

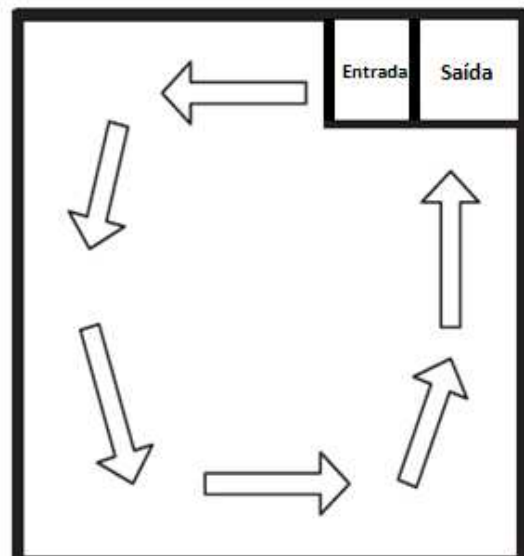
O ar contaminado deve ser eficientemente removido das salas dos animais de modo que não se acumulem contaminantes e poluentes, e nunca se deve utilizar a recirculação do ar. A taxa de renovação do ar nas salas dos animais, para se manter níveis de contaminantes aceitáveis, deve ser de 15 a 20 trocas de ar por hora, porém, essa recomendação não é absoluta, uma vez que deve-se considerar a eficiência da distribuição do ar, o número de animais e o tipo de gaiolas (CCAC, 2003).

A distribuição e circulação do ar nas salas dos animais não devem criar correntes de ar sobre os animais, pois isso pode afetar a capacidade de manutenção corporal.

As figuras 13 e 14 mostram dois possíveis posicionamentos de entrada e saída de ar que tem funcionado bem em biotérios.



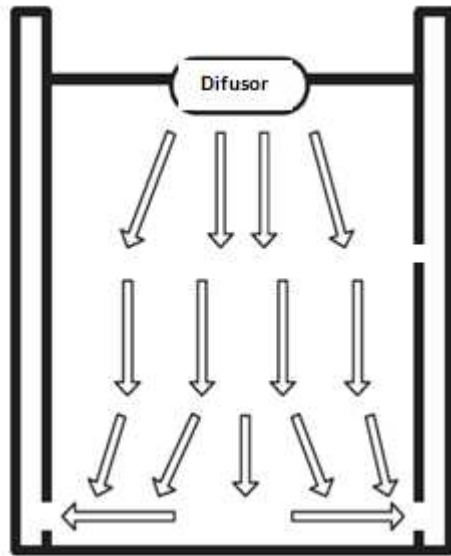
**Figura 15- Posicionamento central de admissão e exaustão do ar.**  
Fonte: CCAC (2003)



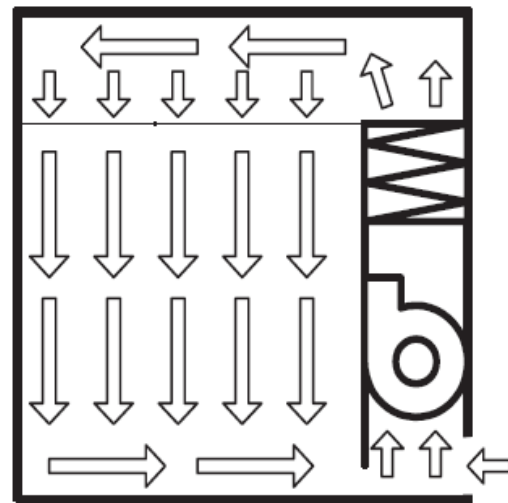
**Figura 16- Posicionamento lateral de admissão e exaustor do ar.**  
Fonte: CCAC (2003).

Por muitos anos recomendou-se utilizar difusores de ar pelo teto e exaustão nas extremidades da sala, próxima ao piso (figura 17). Porém estudos recentes realizados nos Estados Unidos pelo *National Institutes of Health* – NIH – indicaram que essa configuração funciona bem em salas que utilizam gaiolas com microisoladores.

O sistema de deslocamento de massas (figura 18) proposto por Swanson *et al.* (1990) é eficaz na remoção de poluentes, principalmente alérgenos liberados pelos animais, e pode fornecer de 100 a 150 trocas de ar por hora sem correntes de ar. O ar é fornecido através de pequenas aberturas ao longo de toda a superfície do teto para que o movimento global do ar seja imperceptível. Porém, esses sistemas possuem alto custo (CCAC, 2003).



**Figura 17- Difusores no teto e exaustor na parte inferior da parede.**  
Fonte: CCAC (2003).



**Figura 18- Sistema de deslocamento de massas.**  
Fonte: CCAC (2003).

#### **2.4.5. Contaminantes gasosos**

Biotérios são ambientes fechados e de pouca ventilação, fatores que tendem a fazer com que esses locais possam apresentar odores ofensivos para os técnicos e principalmente para os animais, afetando nestes, respostas fisiológicas e farmacológicas nos experimentos (POLITI *et al.*, 2008).

Segundo MAJEROWICS (2000b) *apud* POLITI (2008), a maioria das espécies de animais de laboratório são incapazes de promover a sudorese, o que faz com que o excesso de calor seja eliminado com o aumento de frequência respiratória. Se não houver uma ventilação adequada, certos produtos metabólicos começam a se acumular no ambiente prejudicando a saúde dos animais e de técnicos.

Para Basto (2005) *apud* Gauer *et al.* (2008), a produção de CO<sub>2</sub> em ambientes internos, em sua quase totalidade, é devida à atividade metabólica da respiração. Lu *et al.* (2010) afirmam que os ocupantes do espaço interno são a principal fonte de CO<sub>2</sub>, fazendo com que o mesmo se torne um indicador da eficiência da ventilação em relação à densidade de ocupação do ambiente e, conseqüentemente, um indicador importante da qualidade do ar interior.

O CO<sub>2</sub> é um gás incolor, inodoro e não inflamável, cuja concentração típica em ambientes internos varia de 700 a 2000ppm. É um gás considerado não tóxico, e somente em uma concentração acima de 10000ppm pode causar efeitos significativos à saúde. Porém, conforme sua concentração aumenta, a pessoa sente como se não houvesse ar suficiente no ambiente e a taxa respiratória aumenta no sentido de compensar essa falta de ar (CARMO; PRADO, 1999).

LU *et al.* (2010) destacam que níveis elevados de CO<sub>2</sub> causam principalmente dores de cabeça e mudanças no padrão respiratório.

Como produto da respiração, as principais fontes de dióxido de carbono são seres humanos e animais, ou seja, os próprios usuários. Se a renovação de ar for deficiente, este gás pode se acumular no ar, atingindo níveis de concentração que podem prejudicar a saúde dos usuários (POLITI *et al.*, 2010).

Segundo a Resolução nº 9 de 2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) recomendada para conforto e bem-estar dos usuários não deve exceder 1000ppm, sendo este um valor de referência para uma renovação adequada de ar externo. A RE nº 9 de 2003 da ANVISA ainda estabelece através da norma técnica 002 um método de amostragem e análise da concentração de CO<sub>2</sub> em ambientes interiores climatizados. O número de amostras é definido em função da área construída (m<sup>2</sup>), de acordo com a tabela 5, já citada, referente a norma técnica 003 que define o número de amostras para temperatura, umidade e velocidade do ar.

Os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada (BRASIL, 2003).

Além do dióxido de carbono, a qualidade do ar interior em biotérios é prejudicada principalmente pela alta concentração de amônia no ar. A amônia (NH<sub>3</sub>) é um gás tóxico, corrosivo, incolor e não inflamável. Seu cheiro é característico e sufocante. É um gás mais leve que o ar e pode ser facilmente condensado no estado líquido mediante frio e pressão sendo, por isso, utilizado como gás de refrigeração (CARMO; PRADO, 1999).

Em ambientes internos, a amônia é um gás muito comum em banheiros, por ser o principal gás exalado pela urina. Em ambientes onde são criados animais, como biotérios, a amônia é tida como o gás poluente encontrado em altas concentrações devido às excretas dos animais criados nesses locais (LIMAS *et al.*, 2007).

Presente em altas concentrações nas excretas de animais criados em biotérios, a amônia gera odores desagradáveis e pode, de acordo com sua concentração, comprometer a saúde dos usuários e sua produtividade no trabalho, além de causar reações adversas de comportamento e saúde dos animais, comprometendo a confiabilidade das pesquisas (LIMAS *et al.*, 2007).

Como produto nitrogenado oriundo da ação de bactérias uréase positivas sobre as excretas dos animais, o acúmulo de amônia pode afetar o sistema respiratório dos usuários do biotério, assim como causar inflamações e infecções secundárias nos próprios animais (CAMPOS, 2006). Em alta concentração, a amônia tende a causar um odor bastante desagradável e alergias. Além disso, pode gerar congestão pulmonar grave com sintomas clínicos como aumento de secreção ocular, coriza nasal, principalmente à noite, asma ou diminuição do fôlego, ou ainda manifestações cutâneas (LIMAS *et al.*, 2007).

De acordo com o *National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH*– (2005) *apud* Campos (2006), a concentração máxima de amônia no ar a que podem ser expostos seres humanos é de 25ppm (17mg/m<sup>3</sup>) por tempo de exposição de 8 horas, de 35ppm (24mg/m<sup>3</sup>) por 15 minutos e 50ppm (34mg/m<sup>3</sup>) por 5 minutos. Para preservar a saúde animal, recomendam-se valores abaixo de 20ppm.

Segundo Aarnink (1997) *apud* Campos (2006), a volatilização da amônia depende de fatores como concentração, temperatura, umidade

relativa, sistema de ventilação utilizado, intervalo das trocas das camas, e está diretamente relacionada com a área superficial total de emissão devendo ser analisada com o objetivo de proteger o ambiente e seus usuários e de melhorar a qualidade do ar no interior dos ambientes.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

A presente pesquisa, de caráter exploratório-descritivo, utilizou-se da estratégia metodológica de Estudo de Casos para responder à questão de investigação e alcançar os objetivos expostos.

As unidades de análise foram determinadas conforme a possibilidade e permissão para serem realizados os procedimentos definidos.

#### **3.1. Material**

Os espaços selecionados foram dois biotérios localizados em uma IPES na latitude 20°45'37" S, longitude 42°52'4"W e altitude de 680m, sendo um biotério de produção e um biotério de experimentação. De acordo com a NBR 15220, o local estudado encontra-se na zona bioclimática 3 que recomenda como diretriz construtiva paredes externas leves refletoras, cobertura leve isolada e paredes internas pesadas (inércia térmica).

Os seguintes materiais foram utilizados para a realização da pesquisa experimental:

- material de consumo (caneta, papel e prancheta);
- máquina fotográfica;
- detector de amônia;
- medidor de dióxido de carbono;
- termopar de fio quente;
- máscara para proteção de gases.

#### **3.2. Métodos**

Os métodos definidos constituem o conjunto de procedimentos e técnicas necessários para a obtenção, análise e apresentação dos dados. Esses procedimentos são tratados nas próximas seções.

##### **3.2.1. Pesquisa bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica correspondeu ao levantamento do estado da arte sobre qualidade do ar interior, relacionando-a a requisitos e critérios

para o desenvolvimento de projetos de biotérios, objeto do estudo de caso da presente pesquisa.

### **3.2.2. Visitas técnicas e entrevistas**

Para identificar e caracterizar de forma preliminar a situação relacionada com a qualidade do ar interior, além dos aspectos funcionais, operacionais e construtivos característicos nos ambientes onde permanecem os animais em biotérios, foram feitas visitas, inspeções prévias e entrevistas não estruturadas com pessoas chaves em biotérios de três IPES de Minas Gerais para subsidiar a elaboração de questionários (v. Apêndice A).

Durante as visitas técnicas em dois dos biotérios não foram permitidos registros fotográficos e nem foram disponibilizados registros documentais referentes aos aspectos arquitetônico-construtivos das edificações. Além disso, constatou-se a impossibilidade da realização de outros procedimentos definidos como necessários para o desenvolvimento da pesquisa, limitando, assim, os biotérios de uma única IPES como unidades de análises, nos quais foi possível realizar os procedimentos da pesquisa.

### **3.2.3. Questionários**

A fim de complementar os dados das visitas técnicas e entrevistas quanto à situação relacionada à qualidade do ar interior e de aspectos funcionais, operacionais e construtivos de biotérios, foram aplicados questionários elaborados com base nos dados da pesquisa bibliográfica, das visitas e entrevistas preliminares nas unidades de análise.

### **3.2.4. Levantamentos geométrico-fotográficos e dos aspectos arquitetônico-construtivos dos locais estudados**

Visto que não foi disponibilizado e ou não localizado nenhum registro documental referente aos aspectos arquitetônico-construtivos das edificações analisadas, foram feitos levantamentos geométricos e fotográficos *in loco* das características construtivas, arquitetônicas e funcionais, além das condições de exposição ambiental relevantes à qualidade do ar interior nas unidades de análise.

### **3.2.5. Medições**

Para o levantamento experimental, foram realizadas medições de qualidade do ar interior (gases  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$ ) e fatores ambientais (umidade, temperatura e velocidade do ar) nas salas onde permanecem os animais. As medições foram realizadas no período de quatro semanas nos meses de novembro e dezembro. Foram programadas duas semanas de medições em cada biotério.

Os dados das medições de gases, temperatura e umidade do ar foram coletados em todos os dias da semana na parte da manhã e na parte da tarde. Nas segundas e quintas-feiras, foram feitas medições antes e após as trocas das camas dos animais. Os dados de velocidade do ar foram coletados uma vez, na parte da manhã e da tarde, durante uma semana em cada biotério.

#### **3.2.5.1. Qualidade do ar interior**

Foram feitas medições de concentrações instantâneas de amônia ( $\text{NH}_3$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), em ppm.

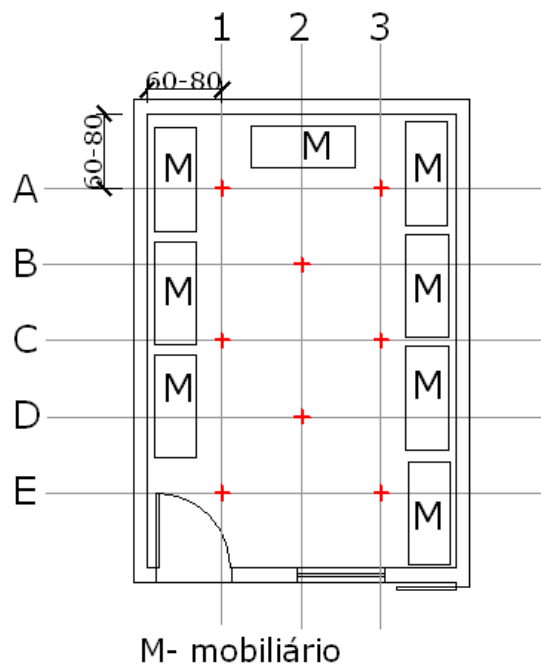
Para coleta de dados de  $\text{NH}_3$ , foi utilizado o detector de amônia Gasalert Extreme da *BW Technologies*, de sensor do tipo células eletroquímicas de *plug-in*, princípio infravermelho, temperatura operacional de  $-20^\circ\text{C}$  a  $+40^\circ\text{C}$ , umidade relativa operacional de 15% a 90%, com intervalo de detecção instantânea para  $\text{NH}_3$  operando na faixa de medição 0-100ppm (incrementos de 1ppm; limite superior: 0-400ppm) e tempo de resposta de 30 segundos.

Para as concentrações de  $\text{CO}_2$ , foi utilizado o medidor de dióxido de carbono digital portátil do fabricante Sonambra, modelo AZ-77535, de princípio infravermelho, temperatura operacional de  $-10^\circ\text{C}$  a  $+60^\circ\text{C}$ , umidade relativa operacional de 0% a 95%, resolução de 2ppm, precisão de  $\pm 30\text{ppm}$  ou  $\pm 5\%$  de leitura, com intervalo de detecção instantânea para  $\text{CO}_2$  operando na faixa de medição de 0-5000ppm, tempo de resposta de 30s. O aparelho também mede temperatura e umidade do ar.

Nos procedimentos encontrados na literatura pesquisada está previsto apenas um ponto de medição de qualidade do ar em cada

ambiente, o que foi considerado insuficiente para responder aos questionamentos da pesquisa. Constatado esse fato, optou-se por fazer um refinamento para os procedimentos das medições, segundo pontos de uma malha ortogonal. Não tendo sido identificadas normas para procedimentos de medição de qualidade do ar, tendo-se por analogia as referências normativas para medições térmicas, lumínicas e acústicas; paralelamente, procurou-se também fazer a percepção do espaço, tendo sido, durante os levantamentos experimentais, percebida uma diferença de concentração de gases, principalmente  $\text{NH}_3$ , em diferentes posições de um mesmo ambiente.

Os pontos de medição foram nomeados de acordo com as linhas (definidas por letras) e colunas (definidas por números) de uma malha ortogonal e distribuídos uniformemente distando na horizontal de 0,60m a 0,80m (figura 19), de acordo com área do ambiente, o leiaute do mobiliário e a posição de trabalho dos funcionários e técnicos.



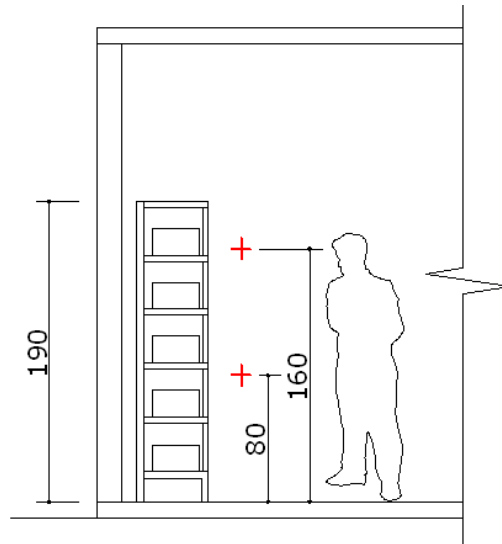
**Figura 19- Malha ortogonal de medição.**

A medição foi feita por linhas para diminuir o tempo de permanência do operador dos instrumentos de medição e reduzir possíveis interferências nos resultados.

Em cada ponto, também foram estabelecidas duas alturas de medição (figura 20). Esta definição se baseou na equidistância entre os pontos

extremos das estantes, uma vez que as gaiolas onde ficam os animais estão distribuídas de 0,20m do chão até 1,90m, além de considerar a altura da posição de trabalho dos técnicos e funcionários.

A estratificação em alturas diferentes de medição permitiu verificar possível alteração na distribuição e concentração dos gases ( $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$ ) e verificar o comportamento dos fatores ambientais (temperatura e umidade do ar) nos ambientes analisados.



**Figura 20- Alturas de medições.**

### **3.2.5.2. Temperatura, umidade e velocidade do ar**

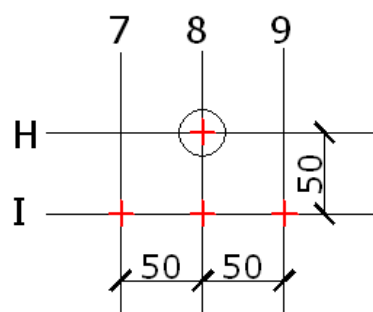
As medições de temperatura e umidade do ar foram feitas simultaneamente às medições de qualidade do ar interior (gases), com o mesmo aparelho que mediu a concentração de dióxido de carbono. Os pontos amostrais para medições foram os mesmos definidos para a medição de gases, com as mesmas alturas e a mesma frequência de medição.

Para medições de velocidade do ar foi utilizado um termoanemômetro digital modelo TAFR-180 de fio quente, próprio para medir baixo fluxo de ar. Sua escala de medição para velocidade do ar é de 0,2 a 20,0m/s, resolução de 0,1m/s, precisão de 3%+1d da leitura. A escala de medição da temperatura é de 0 a 50°C, resolução de 0,1°C e precisão  $\pm 0,8^\circ\text{C}$ .

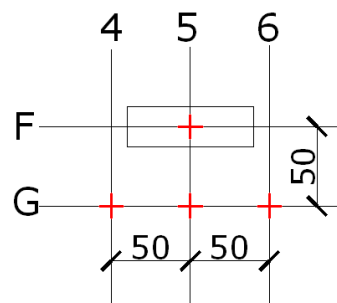
Como o equipamento permite medição de temperatura do ar (TBS), para fins de conferência com os dados coletados pelos outros

equipamentos, optou-se por registrar também a TBS durante as medições com esse instrumento.

Nas visitas técnicas foram identificados o uso de aparelhos de condicionamento ambiental do tipo central e individual do tipo *split* e exaustor. Como nos estudos de casos só foram identificados equipamentos do tipo individual, os pontos amostrais de medição foram definidos a partir do centro dos equipamentos e suas proximidades, numa malha ortogonal de 50cm x 50cm (figuras 21 e figura 22), visando a identificar a vazão de ar relacionada com esses aparelhos.

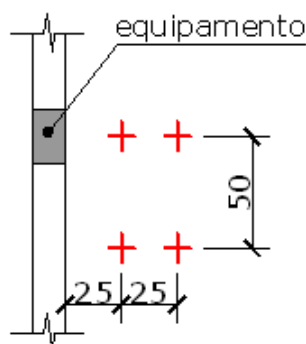


**Figura 21- Pontos de medição para o exaustor.**



**Figura 22- Pontos de medição para o ar condicionado.**

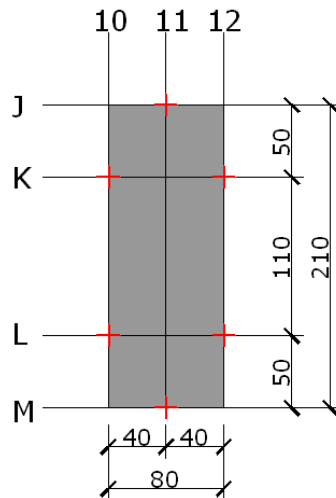
Em relação ao exaustor e ao ar condicionado, também foram definidas para medição nesses pontos duas distâncias perpendiculares à parede (figura 23).



**Figura 23- Distâncias perpendiculares para medir velocidade do ar.**

Foram ainda definidos pontos de medição distribuídos uniformemente nas portas (figura 24), e definidas duas distâncias perpendiculares de medição: 5 e 10cm, visando a identificar a vazão de ar relacionada a possíveis infiltrações, sendo consideradas infiltrações, segundo a NBR

15220-1, a vazão de ar exterior que circula por um ambiente através de aberturas não intencionais.



**Figura 24- Pontos amostrais de medições em relação a porta.**

### **3.2.6. Organização final da pesquisa**

A partir da coleta dos dados, o passo seguinte consistiu em organizar, tratar e analisar criticamente os dados, para gerar informações predominantemente gráficas para descrever e avaliar as condições estudadas, buscando responder as questões e objetivos da pesquisa. Consequentemente, com as informações geradas e feitas análises, buscou-se verificar a existência de correlações entre os resultados obtidos, e inter-relacionar condições arquitetônico-construtivas com a qualidade do ar interior em biotérios.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Visitas técnicas, entrevistas e questionários**

Feitas as visitas técnicas de reconhecimento de biotérios (unidades de análise no estudo de caso) e realizadas entrevistas preliminares com pessoas-chaves nessas unidades, passou-se à aplicação de questionários junto a técnicos administrativos que trabalham nessas unidades, e a professores e alunos de graduação e pós-graduação que utilizam essas edificações para a realização de experimentos e aulas práticas. Disso resultou o entendimento de serem considerados usuários os próprios animais e as pessoas que fazem uso e frequentam os biotérios.

Nas entrevistas e questionários constatou-se que nenhuma pessoa se apresentou como fumante ou com históricos de alergias, o que poderia dar margem sobre sintomas relativos à qualidade do ar interior.

Segundo os respondentes dos questionários, são atividades características nos biotérios: a limpeza geral das salas, a alimentação dos animais, a autoclavagem da maravalha (constitui a cama das gaiolas dos animais) e a trocas dessas camas. A última atividade, trocar a cama dos animais nas salas onde ficam os animais, é onde se percebe o odor característico com maior intensidade.

Em termos de expediente administrativo, os dois biotérios estudados funcionam de segunda a sexta-feira de 8h as 12h e de 14h as 18h. Na manhã das segundas e quintas-feiras procede-se à troca das camas dos animais.

O odor nas salas onde ficam os animais é descrito pelos respondentes como odor de urina e os sintomas devido a esse odor se caracterizaram em ardência, coceira e lacrimejamento nos olhos, dificuldade para respirar, espirros, nariz entupido e coriza. Segundo os respondentes, os sintomas são piores na parte da manhã. Relataram também que acabam se acostumando com o odor.

O ar nesses ambientes é considerado abafado e pesado, enquanto a sensação térmica (temperatura) é considerada confortável. Os respondentes

afirmaram também que a percepção do odor independe das condições meteorológicas, uma vez que os ambientes são climatizados.

## 4.2. Levantamentos geométrico-fotográficos

Os levantamentos geométricos e fotográficos *in loco* permitiram identificar que os locais estudados são edificações adaptadas para funcionarem como biotérios e serviram para caracterizar os aspectos construtivos, arquitetônicos e funcionais, e as condições de exposição ambiental relacionadas com a qualidade do ar interior nas unidades analisadas. Esses levantamentos nos biotérios de produção e de experimentação estão sintetizados nas próximas seções.

### 4.2.1. Biotério de produção

A edificação adaptada para funcionar como biotério de produção possui fechamentos em alvenaria e suas dimensões em planta baixa são de 17,40m x 11,55m, com área total de 200,95m<sup>2</sup> (figura 25).



**Figura 25- Biotério de Produção.**

A edificação está assim setorizada (figura 26):

- a) área administrativa e apoio aos funcionários (recepção, sanitário/vestiário e uma pequena lavanderia);
- b) área de infraestrutura (sala de higienização/assepsia e depósitos);
- c) área de permanência dos animais (salas dos animais).

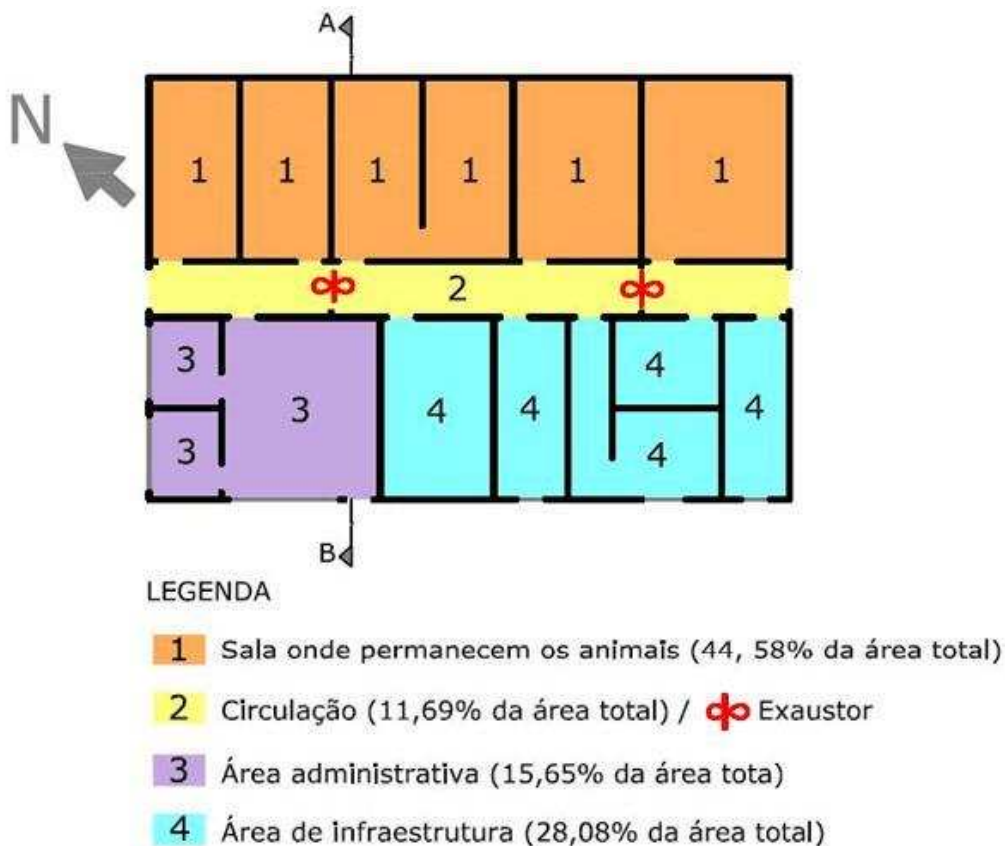


Figura 26- Setorização do biotério de produção.

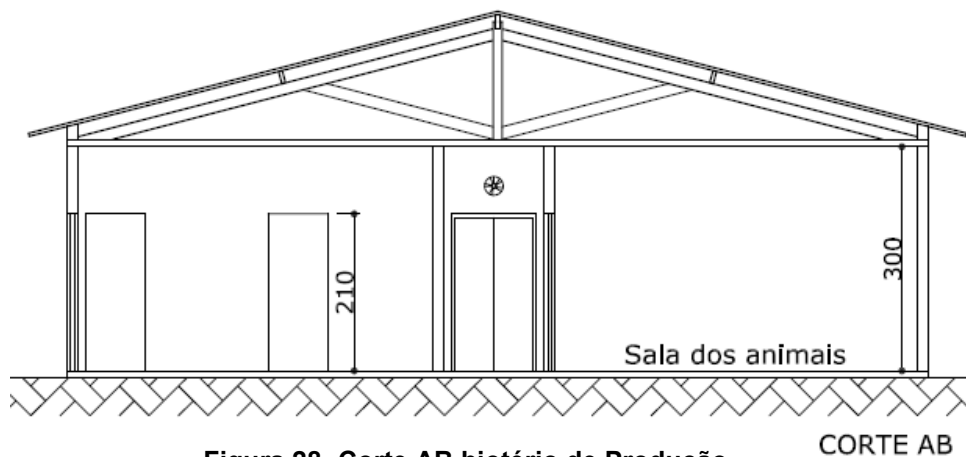
Essas áreas, em bloco único, são interligadas por meio de um corredor por onde circulam pessoas, animais, material limpo, material sujo etc. A circulação por um único corredor aumenta as possibilidades de contaminação. As salas onde permanecem os animais estão voltadas para orientação nordeste, portanto sujeitas à radiação solar direta de manhã.

As salas onde permanecem os animais têm pé-direito de 3,00m, piso de cimento queimado, teto pintado com tinta acrílica branca e paredes revestidas de azulejo branco até o teto, não sendo esta última uma solução de uso recomendado para biotérios, devido às reentrâncias do rejunte que facilitam o acúmulo de material particulado. Na circulação existem dois exaustores que são ligados esporadicamente (figura 27).

As portas (0,80m de largura e 2,10m de altura) não são herméticas. A cobertura é constituída de telha de amianto com beiral de 0,50m em toda a sua extensão, e não apresenta nenhuma abertura lateral (figura 28).



**Figura 27- Exaustores na circulação.**



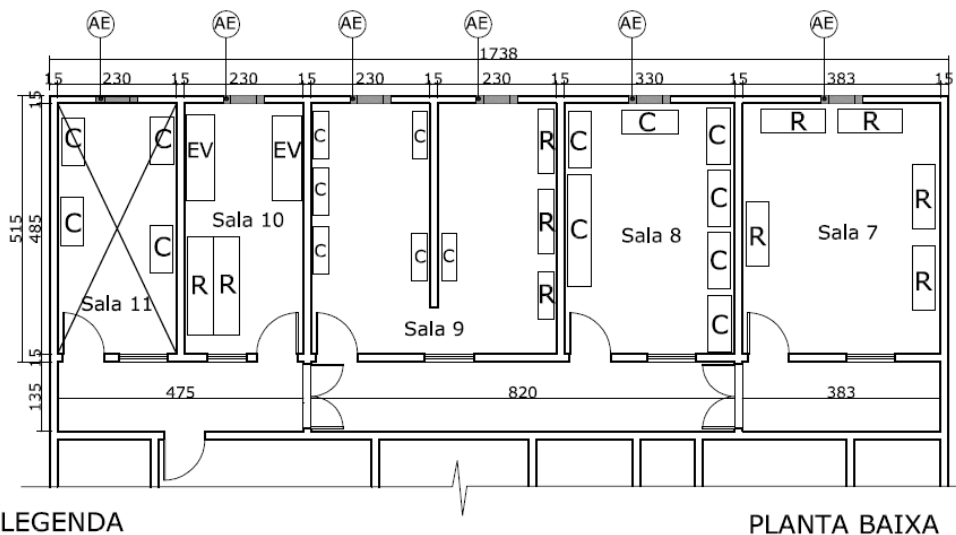
**Figura 28- Corte AB biotério de Produção.**

CORTE AB

O biotério possui seis salas para produção e permanência dos animais com 3 tipos de estantes; uma das salas encontrava-se desativada quando da realização dos levantamentos, não sendo incluída na amostra dos ambientes avaliados (figura 29).

As salas estudadas possuem as seguintes dimensões e áreas:

- Sala 10 (2,30m x 4,85m): 11,15m<sup>2</sup>
- Sala 9 em dois ambientes comunicantes (2,30m x 4,85m, cada): 22,35m<sup>2</sup>
- Sala 8 (3,30m x 4,85m): 16,10m<sup>2</sup>
- Sala 7 (3,85m x 4,85m): 18,70m<sup>2</sup>



- AE - Parede com ar condicionado e exaustor
- C - Estante com gaiolas convencionais
- H - Sistema Hack
- EV - Estante ventilada

**Figura 29- Tipo de estantes por sala.**

No biotério de produção, são criadas espécies de ratos e camundongos. As salas onde permanecem os animais possuem estantes com alturas até 1,90m dos seguintes tipos:

- estantes convencionais com gaiolas abertas, em que o microambiente se comunica totalmente com o macroambiente (figura 30 e 31);



**Figura 31- Estantes convencionais (sala BP08)**



**Figura 30- Gaiolas abertas.**

- sistemas *racks*: com microisoladores que permitem o estabelecimento de sistema fechado de criação para cada microambiente. A estante é constituída de dois motores responsáveis pelo insuflamento e exaustão do

ar por meio de dutos por orifícios para cada gaiola de animais (figura 32 e 33);



**Figura 32- Estantes do tipo rack (sala 07)**



**Figura 33- Microisoladores.**

- Estante ventilada: o ar é duplamente filtrado até chegar aos ambientes dos animais e é filtrado quando sai das estantes para ser liberado no ambiente externo, possuindo controle das condições de temperatura e umidade (figura 34).



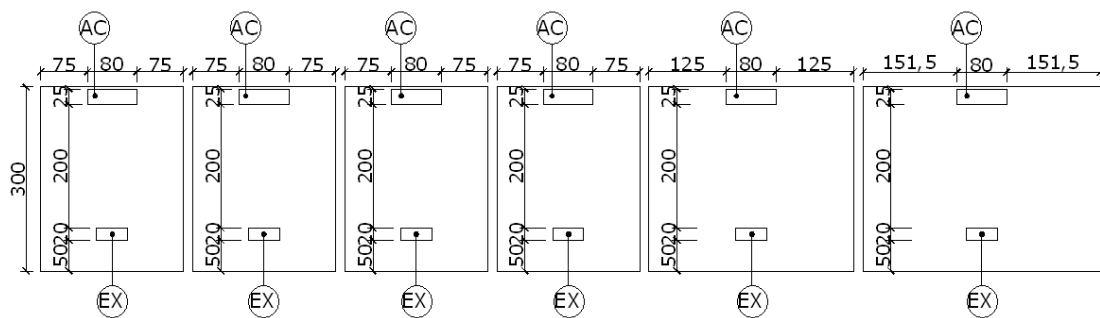
**Figura 34- Estante ventilada (sala 10).**

A relação entre espécies, tipos e números de gaiolas por ambiente se encontra na tabela 6.

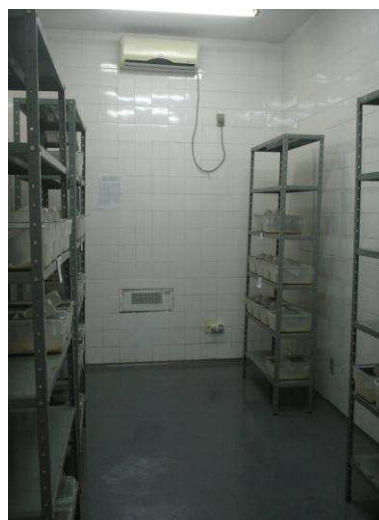
**Tabela 6- Relação entre espécies, tipos e números de gaiolas por ambiente.**

| AMBIENTE | ESPÉCIE             | Nº MACHO | Nº FÊMEA | TIPO DE GAIOLA           | TOTAL DE GAIOLAS |
|----------|---------------------|----------|----------|--------------------------|------------------|
| Sala 11  | —                   | —        | —        | Convencional             | 0                |
| Sala 10  | wistar              | 37       | 52       | Estante ventilada e Hack | 60               |
|          | SHR                 | 6        | 15       |                          |                  |
| Sala 9   | Camundongo suíço    | 30       | 60       | Convencional e Hack      | 210              |
|          | Camundongo tonina   | 15       | 30       |                          |                  |
|          | Camundongo selvagem | 15       | 30       |                          |                  |
| Sala 8   | wistar              | 50       | 108      | Convencional             | 96               |
| Sala 7   | Camundongo Balb C   | 30       | 60       | Hack                     | 175              |
|          | Camundongo C57      | 20       | 40       |                          |                  |

O sistema de climatização ambiental das salas onde permanecem os animais é constituído por um aparelho de ar condicionado do tipo *split* na parte superior (AC) e por um exaustor (EX) na parte inferior da parede (figuras 35 e 36).



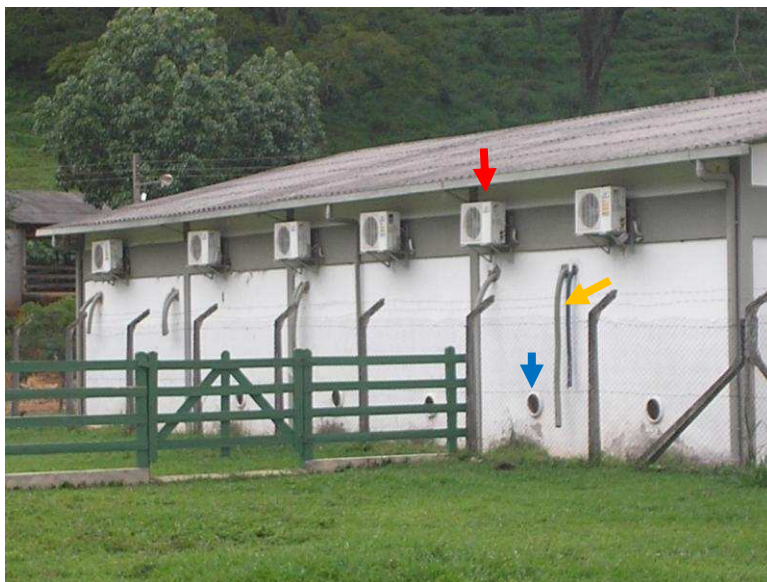
**Figura 35- Ar condicionado e exaustor na sala dos animais**



**Figura 36- Imagem da posição do ar condicionado e exaustor na sala dos animais.**

O ar condicionado do tipo *split* não promove a renovação do ar, necessária nas salas onde permanecem os animais: apenas condiciona o ar (filtra e resfria).

Nas salas 7, 9 e 10, o exaustor estava desativado, e através do espaço onde estava instalado o ar do exterior penetrava nesses recintos. Quanto ao ar exterior, a edificação localiza-se distante do centro urbano, o que é recomendado pela literatura devido a fontes poluidoras. Porém, a edificação localiza-se próxima a um estábulo que é voltado para a parede onde estão partes integrantes do sistema de climatização ambiental (figura 37) das salas dos animais: a unidade condensadora do ar condicionado (seta vermelha), o exaustor (seta azul) e a tubulação das estantes do tipo *rack* (seta amarela).



**Figura 37- Vista externa do posicionamento do ar condicionado, exaustor e tubulação das estantes tipo *rack*.**

Somente na sala 8, o exaustor estava ativado no período da pesquisa. Este estava ligado no *timer*: 40 minutos ligado e 15 minutos desligado. Quando desligado também permitia passagem do ar exterior para a edificação. Na sala 10, o exaustor foi retirado e estava somente a abertura de onde estava instalado, permitindo que o ar do exterior adentrasse no ambiente (figura 38).



**Figura 38- Parede sem o exaustor (sala 10).**

#### **4.2.2. Biotério de experimentação**

A edificação onde funciona o biotério de experimentação é adaptada, possui fechamentos em alvenaria e tem dimensões de 32,85m x 11,55m em planta baixa, totalizando uma área de 218,10m<sup>2</sup> (figura 39).



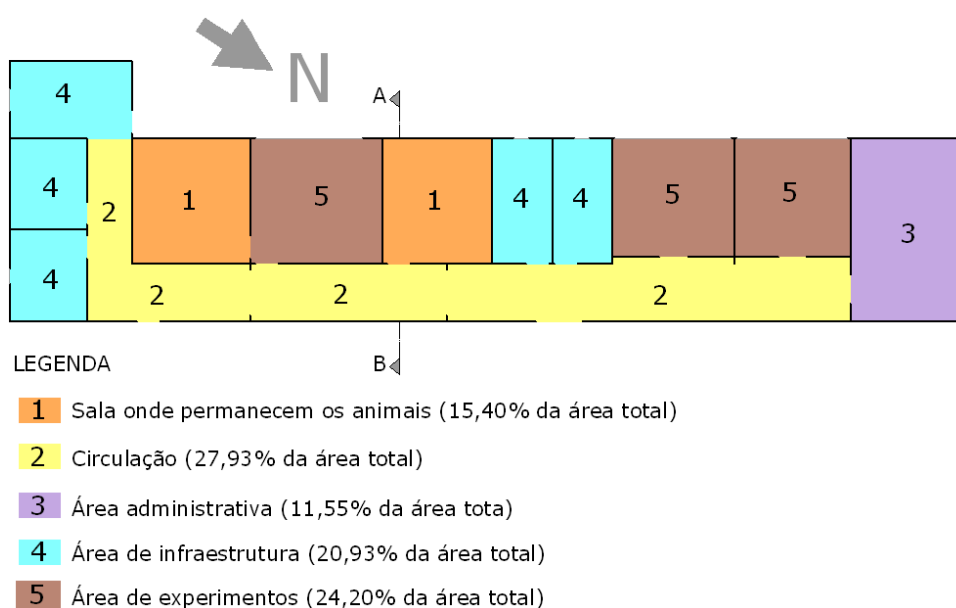
**Figura 39- Biotério de experimentação.**

A edificação está assim setorizada (figura 40):

- a) área administrativa e apoio aos funcionários (recepção, sanitário/ vestiário);
- b) área de infraestrutura (sala de higienização/assepsia e almoxarifados);

- c) área de permanência dos animais (salas dos animais);
- d) área de experimentos (sala de exercícios dos animais e laboratórios).

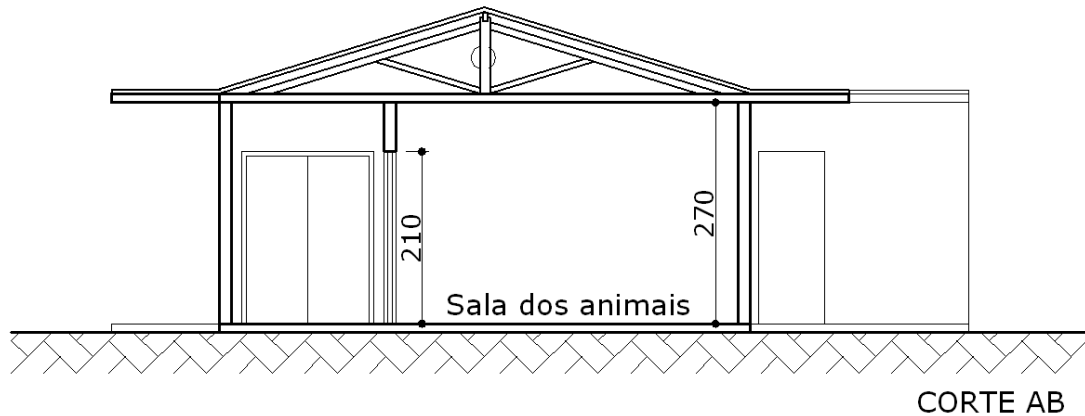
Essas áreas, em bloco único, são interligadas por meio de um corredor por onde circulam pessoas, animais, material limpo, material sujo etc. Também, neste biotério, a circulação por um único corredor aumenta as possibilidades de contaminação. A fachada das salas onde permanecem os animais está voltada para a orientação sudoeste e recebe radiação solar direta em boa parte tarde, sendo isso acentuado no período de verão.



**Figura 40- Setorização biotério de experimentação.**

As duas salas onde permanecem os animais têm pé-direito de 2,70m, piso cerâmico e teto em forro de PVC, o que não é recomendado para biotérios devido a reentrâncias existentes nesses materiais que contribuem para o acúmulo de sujidades. As paredes são pintadas com tinta acrílica branca.

As portas (0,80m de largura e 2,10m de altura) não são herméticas (figura 41). A cobertura é constituída de telha de amianto com beiral de 1,00m em toda sua extensão, sem nenhuma abertura lateral.



**Figura 41- Corte AB biotério de experimentação.**

Além disso, observa-se que nas duas extremidades da cobertura existem dois exaustores que são ligados esporadicamente nos períodos mais quentes (figura 42).

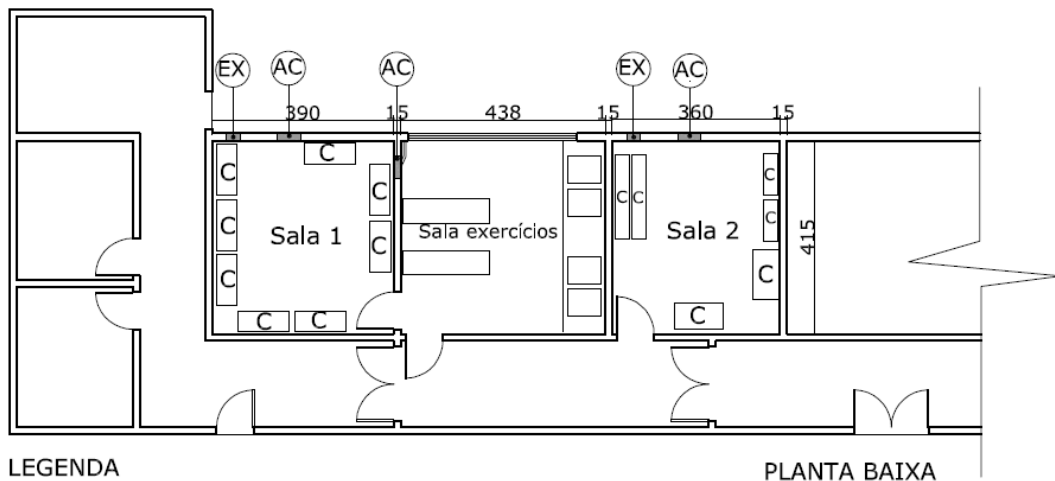


**Figura 42- Exaustores nas extremidades da edificação.**

O biotério possui duas salas onde permanecem animais, sendo que os dois ambientes possuem apenas estantes convencionais com gaiolas abertas (figura 43).

As salas possuem as seguintes dimensões e áreas:

- Sala 1 (3,90m x 4,15m): 16,20m<sup>2</sup>
- Sala 2 (3,60m x 4,15m): 14,95m<sup>2</sup>



LEGENDA

AC - Ar condicionado

EX - Exaustor

C - Estante com gaiola convencional

PLANTA BAIXA

**Figura 43- Tipo de estantes por sala.**

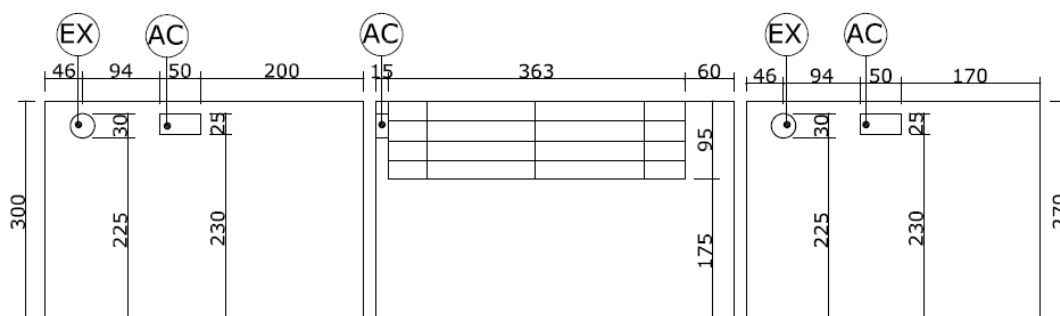
A sala de exercícios, anteriormente aberta para circulação, recebeu fechamento de painéis de madeira (figura 44).



**Figura 44- Fechamento de painéis de madeira na circulação.**

O sistema de climatização ambiental das salas onde permanecem os animais é constituído por um aparelho de ar condicionado do tipo *split* (que não promove a renovação do ar) na parte superior (AC) e por um exaustor (EX) também na parte superior da parede (figura 45). Como a sala de

exercício dos animais é adjacente à sala 1 dos animais, esta também foi especificada.



**Figura 45- Ar condicionado e exaustor nas salas dos animais.**

Nesse biotério, as espécies de roedores utilizados nos experimentos são as fornecidas pelo biotério de produção.

O número de gaiolas e as espécies podem variar de acordo com o número de experimentos por período.

Quanto à localização, a edificação se encontra distante do centro urbano e de outras fontes de poluição.

### **4.3. Medições**

Concluídas as medições, sobre os dados foram feitas estatísticas descritivas.

Para análise dos resultados das medições, primeiramente foram isolados dois grupos de ambientes dos dois biotérios estudados, considerando o funcionamento do exaustor, uma vez que em relação ao ar condicionado este estava funcionando em todas as salas dos dois biotérios (quadro 2).

As medições foram caracterizadas de acordo com o provável aumento de poluentes nos ambientes em relação às trocas das camas dos animais, conforme tabela 7. Para visualizar os resultados de uma forma mais didática, foi ainda utilizada uma escala de cores (tabela 7), sendo os extremos a cor branca (logo após a troca da cama dos animais) e a cor laranja (imediatamente antes da troca da cama dos animais).

Quadro 2- Grupos para análise.

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>GRUPO 1- SALAS COM EXAUSTOR A TIVADO</b>            | BP08                           |
|  | BE01                           |
|  | BE02                           |
| <b>GRUPO 2- SALAS COM EXAUSTOR DESA TIVADO</b>         |                                |
|  | BP10                           |
|  | BP09e                          |
|  | BP09d                          |
|  | BP07                           |
| <b>Legenda:</b>  |                                |
| BP: biotério de produção                               | BE: biotério de experimentação |
| 08,01,02,10,09,07: número da sala                      | e:lado esquerdo                |
|  | d:lado direito                 |
| BP09e:lado esquerdo da sala 09 do biotério de produção |                                |

As medições foram caracterizadas de acordo com o provável aumento de poluentes nos ambientes em relação às trocas das camas dos animais, conforme tabela 8. Para visualizar os resultados de uma forma mais didática, foi ainda utilizada uma escala de cores (tabela 8), sendo os extremos a cor branca (logo após a troca da cama dos animais) e a cor laranja (imediatamente antes da troca da cama dos animais).

Quadro 3- Caracterização das medições.

|              |           |           |           |           |           |           |           |              |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
|              | 2M / 3M   | 2T / 3T   | 3M / 4M   | 3T / 4T   | 4M / 5M   | 2M / 5T   | 5M / 6M   |              |
| <b>TROCA</b> | <b>M1</b> | <b>M2</b> | <b>M3</b> | <b>M3</b> | <b>M3</b> | <b>M4</b> | <b>M5</b> | <b>TROCA</b> |
|              | 5M / 6M   | 5T / 6T   | 6M / 2M   | 6T / 2T   | 2M / 3M   |           |           |              |

sendo: 2M / 3M: a troca ocorre de manhã, na segunda ou na terça-feira  
 5M / 6M: a troca ocorre de manhã, na quinta ou na sexta-feira  
 M1: primeira medição após a troca (2M e 5M) ou (3M e 6M);  
 M2: segunda medição após a troca;  
 M3: terceira medição após a troca;  
 M4: quarta medição após a troca;  
 M5: quinta medição após a troca;  
 2M | 2T: segunda-feira de manhã | segunda-feira de tarde;  
 3M | 3T: terça-feira de manhã | terça-feira de tarde;  
 4M | 4T: quarta-feira de manhã | quarta-feira de tarde;  
 5M | 5T: quinta-feira de manhã | quinta-feira de tarde;  
 6M | 6T: sexta-feira de manhã | sexta-feira de tarde.

As características dos ambientes do **GRUPO 1** estão dispostas no quadro 4 e as características dos ambientes do **GRUPO 2** dispostas no quadro 5.

**Quadro 4- Características ambientes GRUPO 1.**

| Ambiente | Dimensões[m]           | Área[m <sup>2</sup> ] |          |
|----------|------------------------|-----------------------|----------|
| BP08     | 4,85x3,39              | 16,1                  |          |
| BE01     | 4,15x3,90              | 16,2                  |          |
| BE02     | 4,15x3,60              | 14,95                 |          |
|          |                        |                       |          |
| Ambiente | Orient. parede externa | Tipo de alojamento    |          |
| BP08     | Nordeste               | gaiola convencional   |          |
| BE01     | Sudoeste               | gaiola convencional   |          |
| BE02     | Sudoeste               | gaiola convencional   |          |
|          |                        |                       |          |
| Ambiente | nº de gaiolas          | média nº de animais   | Espécie  |
| BP08     | 96                     | 384                   | wistar   |
| BE01     | 104                    | 520                   | variável |
| BE02     | 80                     | 400                   | variável |

**Quadro 5- Características ambientes GRUPO 2.**

| Ambiente | Dimensões [m]                      | Área [m <sup>2</sup> ]             |  |
|----------|------------------------------------|------------------------------------|--|
| BP10     | 2,30x4,85                          | 11,15                              |  |
| BP09e    | 2,30x4,85                          | 22,35                              |  |
| BP09d    | 2,30x4,85                          | 22,35                              |  |
| BP07     | 3,85x4,85                          | 18,7                               |  |
|          |                                    |                                    |  |
| Ambiente | Orient. parede externa             | Tipo de alojamento                 |  |
| BP10     | Nordeste                           | EV e R                             |  |
| BP09e    | Nordeste                           | C                                  |  |
| BP09d    | Nordeste                           | C e R                              |  |
| BP07     | Nordeste                           | R                                  |  |
|          |                                    |                                    |  |
| Ambiente | nº de gaiolas                      | média nº de animais                |  |
| BP10     | 60                                 | 300                                |  |
| BP09e    | 105                                | 500                                |  |
| BP09d    | 105                                | 500                                |  |
| BP07     | 175                                | 875                                |  |
|          |                                    |                                    |  |
| Ambiente | Espécie                            | Legenda                            |  |
| BP10     | wistar e SRH                       | EV:estante ventilada               |  |
| BP09e    | camundongo suíço,tonina e selvagem | C: estante com gaiola convencional |  |
| BP09d    |                                    | R:sistema rack                     |  |
| BP07     | camundongo Balbi C e C57           |                                    |  |

Dentro dos dois grupos foram feitas análises comparando-se os resultados das medições das variáveis (CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, temperatura do ar e umidade relativa do ar) com o *exaustor ligado* e com o *exaustor desligado* nas duas alturas de medições.

Os valores de referências tanto para os seres humanos quanto para os animais estão no quadro 6.

**Quadro 6- Valores de referência.**

| Fonte ref.   | Seres humanos        | Font ref.  | Animais (ratos e camundongos)           |
|--------------|----------------------|------------|---|
| NIOSH (2005) | NH3 [ppm]            | NIOSH      | NH3 [ppm]                               |
|              | ≤ 25ppm por 8hs      |            | 20                                      |
|              | ≤ 35ppm por 15min.   |            |   |
|              | ≤ 50ppm por 15min.   |            |   |
| RESOLUÇÃO N  | CO2 [ppm]            | -          | CO2 [ppm]                               |
|              | ≤ 1000               |            | Não encontrado em literatura pesquisada |
| RESOLUÇÃO N  | Temperatura (°C)     | NRC (2003) | Temperatura (°C)                        |
|              | verão: 23°C a 26°C   |            | 18 a 26°C                               |
|              | verão: 20°C a 22°C   |            |   |
| RESOLUÇÃO N  | Umidade relativa (%) | NRC        | UMIDADE RELATIVA                        |
|              | verão: 40% a 65%     |            | 55± 10                                  |
|              | verão: 35% a 65%     |            |   |

A fim de abranger todos os usuários – animais e seres humanos – foram adotados como valores de referência: NH<sub>3</sub> ≤ 20ppm; CO<sub>2</sub> ≤ 1000ppm; 18°C ≤ temperatura ≤ 26°C; 45% ≤ UR ≤ 65%.

## **GRUPO 1**

### **4.3.1. Análise do recinto BP08**

#### **4.3.1.1. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

Com o *exaustor ligado*, os valores de concentração de CO<sub>2</sub> em 99,32% das medições na altura de 80cm ultrapassaram o valor de referência limite superior do CO<sub>2</sub> – VRLs – que é de 1000ppm, e em todas as medições na altura de 160cm, os valores ultrapassaram o VRLs. Nas duas alturas (80cm e 160cm), em 99,66% das medições, os valores de concentração de CO<sub>2</sub> ultrapassaram o VRLs. Já comparando as duas alturas de medições de CO<sub>2</sub>, os valores de concentração de CO<sub>2</sub> registrados foram maiores em 1,2% na altura de 160 cm (quadro 7).

Com o *exaustor desligado*, em todas as medições de CO<sub>2</sub> os valores de concentração registrados ultrapassaram o valor de referência limite superior de CO<sub>2</sub> nas duas alturas de medição. Comparando-se as duas

alturas de medições de CO<sub>2</sub> (80cm e 160cm), os valores de concentração registrados também foram maiores em 1,2% na altura de 160cm tanto para o *exaustor ligado* quanto para o *exaustor desligado* (quadro 7).

**Quadro 7- Resumo resultados CO<sub>2</sub> na sala BP08.**

| Exaustor <i>LIGADO</i>  |              |               |  |
|---|--------------|---------------|--|
| 80cm  | 160cm        | (80cm+160cm)  | Comparação entre as alturas de medição |
| 99,32%M> VRLs   | 100%M> VRLs  | 99,66%M> VRLs | VM >em 1,2% na altura de 160cm         |
| Exaustor <i>DESLIGADO</i>   |              |               |  |
| 80cm  | 160cm        | (80cm+160cm)  | Comparação entre as alturas de medição |
| 100% M> VRLs  | 100% M> VRLs | 100% M> VRLs  | VM>em 1,2% na altura de 160cm          |
| Legenda:  |              |               |  |
| M - das medições  |              | > VRLs        | < VRLs                                 |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 1000ppm (CO <sub>2</sub> ) |              |               |  |
| VM- Valores médios  |              |               |  |

O valor médio mínimo [Vm] de 1073,25ppm foi registrado com o *exaustor ligado*, na altura de 80cm e em M1M, ou seja, logo após a troca das camas dos animais. Já o valor médio máximo [VM] de 1354,76ppm foi registrado com o *exaustor desligado*, na altura de 160cm e em M5M, ou seja, no momento anterior a troca das camas dos animais (figura 46).

As concentrações médias de CO<sub>2</sub> com o *exaustor ligado* foram menores que as concentrações com o *exaustor desligado* (figura 46), porém essa diferença foi pequena, indicando um provável mau funcionamento do exaustor. Observa-se também que próximo às trocas das camas dos animais, essa diferença entre as concentrações de CO<sub>2</sub> com o exaustor ligado e desligado foi ainda menor, o que também pode ser causa da abertura da porta na preparação dos materiais para limpeza. Além disso, durante a própria limpeza das camas dos animais as portas geralmente eram mantidas abertas, devido ao forte odor proveniente das excretas dos animais.

As concentrações de CO<sub>2</sub> altas são generalizadas na sala, indicando que a mesma possui deficiência de ventilação, além disso, deve-se considerar o tipo de alojamento (gaiola aberta) e a quantidade de animais no recinto.

A hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais não se confirma em todos os momentos, conforme pode se observar no gráfico

acima (figura 46). Destaque de M2 para M3 que diminui, e de M1 para M2 que também diminui.

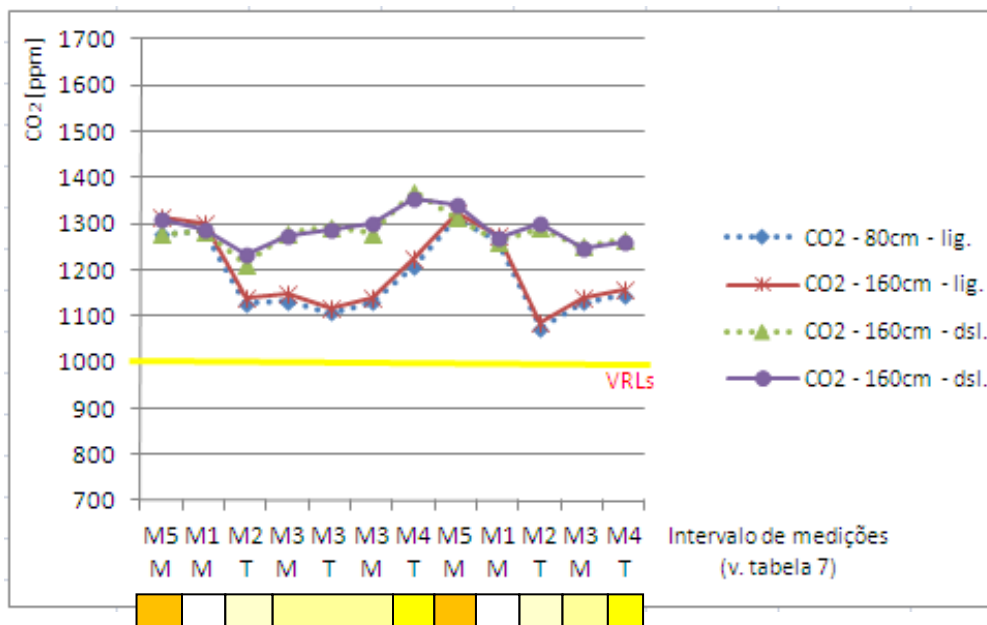


Figura 46- Concentrações de CO<sub>2</sub> (Sala BP08).

#### 4.3.1.2. Amônia (NH<sub>3</sub>)

Com o *exaustor ligado*, constatou-se que em 1,35% das medições na altura de 80cm os valores de concentração de NH<sub>3</sub> registrados ultrapassaram o valor de referência limite superior – VRLs (20ppm) –, e em 4,05% das medições os valores medidos na altura de 160cm ultrapassaram o VRLs. Nas duas alturas de medições (80cm e 160cm), obteve-se um total de 2,7% das medições em que os valores de concentração registrados ultrapassaram o VRLs. Comparando as duas alturas de medições de NH<sub>3</sub>, os valores de concentração registrados foram maiores em 7,6% na altura de 160cm (quadro8).

Com o *exaustor desligado*, constatou-se que em 35,47% das medições na altura de 80cm, os valores registrados de concentração ultrapassaram o valor de referência limite superior – VRLs –, e 44,77% dos valores registrados na altura de 160cm, ultrapassaram o VRLs (quadro8).

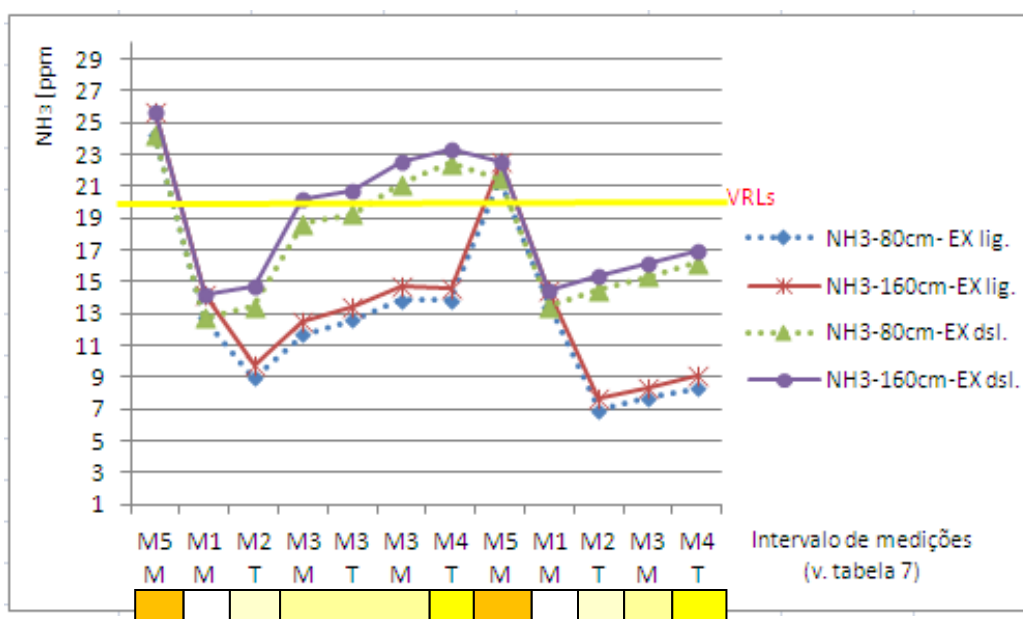
Já nas duas alturas de medições (80cm e 160cm), em 90,12% das medições os valores de concentração registrados ultrapassaram o VRLs. Comparando as duas alturas de medições de NH<sub>3</sub>, os valores de

concentração registrados foram maiores em 6,5% na altura de 160cm (quadro8)..

**Quadro 8- Resumo resultados NH<sub>3</sub> na sala BP08.**

| Exaustor <i>LIGADO</i>  |                 |                 |  |
|---|-----------------|-----------------|--|
| 80cm  | 160cm           | (80cm+160cm)    | Comparação entre as alturas de medição |
| 1,35%M > VRLs   | 4,05%M > VRLs   | 2,7%M > VRLs    | VM > em 7,6% na altura de 160cm        |
| Exaustor <i>DESLIGADO</i>   |                 |                 |  |
| 80cm  | 160cm           | (80cm+160cm)    | Comparação entre as alturas de medição |
| 35,47% M > VRLs   | 44,77% M > VRLs | 90,12% M > VRLs | VM > em 6,5% na altura de 160cm        |
| Legenda:  |                 |                 |  |
| M- das medições   |                 |                 | > VRLs < VRLs                          |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 20ppm (CO <sub>2</sub> ) |                 |                 |  |
| VM- Valores médios  |                 |                 |  |

O valor médio mínimo [Vm] de 6,94ppm foi registrado com o *exaustor ligado*, na altura de 80cm e em M1M, ou seja, logo após a troca das camas dos animais. Já o valor médio máximo [VM] de 25,75ppm foi registrado com o *exaustor desligado*, na altura de 160cm e em M5M, ou seja, no momento anterior a troca das camas dos animais (figura 47).



**Figura 47- Concentrações de NH<sub>3</sub> (Sala BP08).**

A diferença entre as concentrações de NH<sub>3</sub> quando o exaustor estava *ligado* e quando estava *desligado* foram maiores, porém essa diferença diminui acentuadamente nas medições antes e depois das trocas das camas

dos animais, o que pode ser causa da abertura constante das portas nesses momentos.

As concentrações se distribuíram uniformemente em todos os pontos de medição, indicando que o recinto possui deficiência de ventilação, visto que foram registrados altos valores concentração de  $\text{NH}_3$ , de até aproximadamente 26ppm, mesmo com o exaustor *ligado*. Além de possuir deficiência de ventilação deve-se considerar o tipo de gaiolas utilizadas no ambiente, - gaiolas abertas-, que permitem que os gases produzidos no microambiente se propaguem livremente e sem nenhum tipo de filtração.

A hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais não se confirma em todos os momentos, conforme pode se observar no gráfico acima (figura 47). Destaque de M1M para M2T que diminui.

#### 4.3.1.3. Temperatura do ar

Quanto à temperatura do ar, em nenhuma das duas alturas de medições (80cm e 160cm) e tanto com o *exaustor ligado ou desligado* foram registrados valores maiores que o valor de referência limite superior de temperatura do ar –  $\text{VRL}_s$  (26°C) –, nem menores que o valor de referência limite inferior –  $\text{VRL}_i$  (18°C) –. Comparadas as duas alturas de medições de temperatura do ar, os valores registrados foram maiores em 0,7% na altura de 160cm tanto com o *exaustor ligado* quanto *desligado*.

*Com o exaustor ligado*, os valores médios mínimos [Vm] foram de 22,92°C na altura de 80cm e 23,09°C na altura de 160cm. Os valores médios máximos [VM] foram de 23,85°C a 80cm e 23,98°C a 160cm. *Com o exaustor desligado*, os valores médios mínimos [Vm] foram de 23,14°C na altura de 80cm e 23,31°C na altura de 160cm e os valores médios máximos [VM] foram de 24,43°C a 80cm e 24,71°C a 160cm (figura 48).

Os valores de temperatura do ar se distribuíram uniformemente nos pontos de medições.

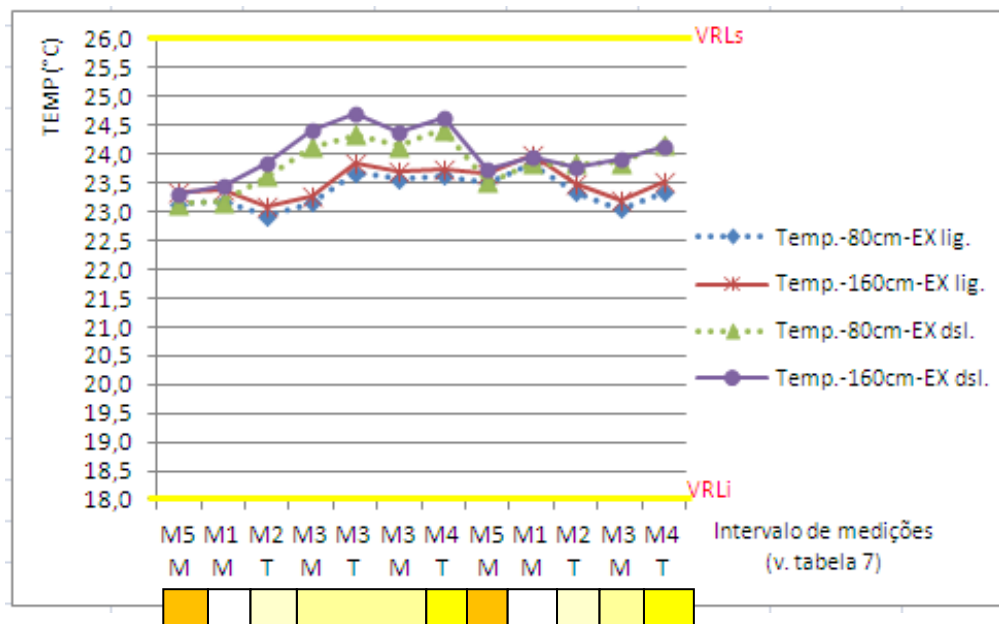


Figura 48- Temperatura do ar na sala BP08.

#### 4.3.1.4. Umidade relativa do ar

Quanto à umidade relativa do ar, nas duas alturas de medições (80cm e 160cm) seja com *exaustor ligado* ou *desligado*, constatou-se que em todas as medições os valores registrados ultrapassaram o valor de referência limite superior – VRL<sub>s</sub> (65%). Comparadas as duas alturas de medições de umidade relativa do ar, os valores registrados foram maiores em 0,4% na altura de 160cm para o caso de *exaustor ligado* e em 0,5% na altura de 160cm para o caso de *exaustor desligado*.

Com o *exaustor ligado*, os valores médios mínimos [Vm] foram de 69,85% na altura de 80cm e 70,05% na altura de 160cm em M4. Os valores médios máximos [VM] foram de 79,09% a 80cm e 79,53% a 160cm em M5. Com o *exaustor desligado*, os valores médios mínimos [Vm] foram de 74,47% na altura de 80cm e 74,83% na altura de 160cm em M1 e os valores médios máximos [VM] foram de 81,18% na altura de 80cm e 81,45% na altura de 160cm em M3. Os valores de temperatura se distribuíram uniformemente nos pontos com variações (figura 49).

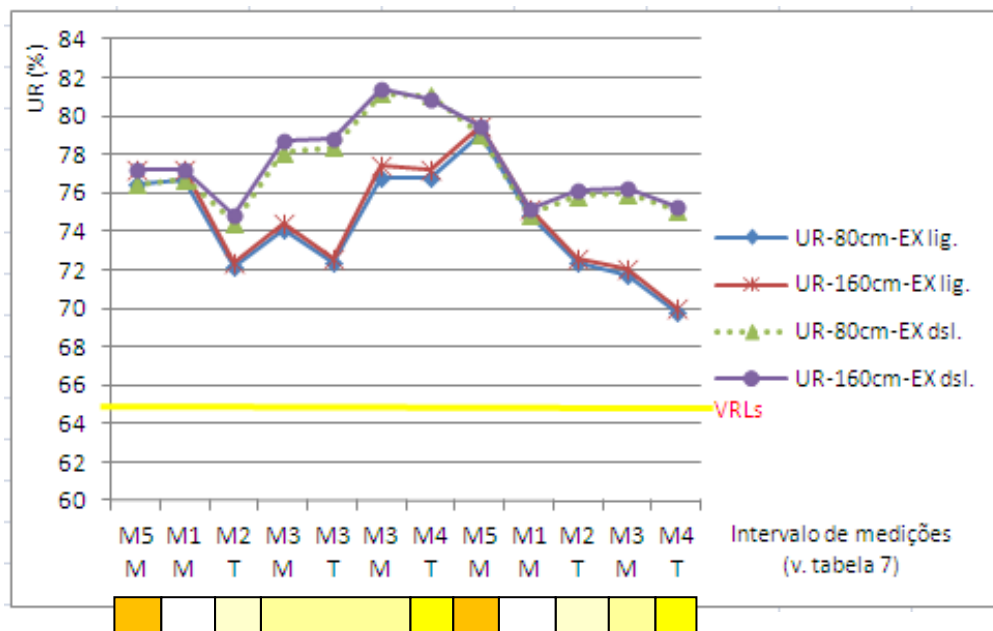


Figura 49- Umidade relativa do ar na sala BP08.

Observa-se que os valores de umidade relativa do ar não foram crescentes em relação ao momento anterior a troca da cama dos animais, tendo oscilações ao longo dos intervalos de medições (figura 49).

#### 4.3.1.5. Velocidade do ar

O valor máximo registrado de velocidade do ar foi 0,2m/s, medido junto às extremidades do ar condicionado.

Nas extremidades do exaustor, com o mesmo *desligado*, nenhum valor superou 0,1m/s, indicativo de possível fluxo de ar cruzado, movimentando-se entre as frestas da porta e abertura na parede onde esse equipamento está instalado. Com o *exaustor ligado*, foram encontrados valores de 0,1m/s a 0,4m/s.

Em relação às frestas na junção da folha da porta com o marco, com o *exaustor desligado* os valores medidos não superaram 0,1m/s, indicando movimentação cruzada de ar entre as aberturas nas fachadas da sala e suas portas voltadas a circulação interna. Já com o *exaustor ligado*, foram registrados valores de até 0,6m/s junto às frestas das portas, com ar passando da parte externa da porta para dentro da sala.

### 4.3.2. Análise do recinto BE01

#### 4.3.2.1. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Com o *exaustor ligado*, na altura de 80 cm, em 42,11% das medições os valores de concentração registrados de CO<sub>2</sub> ultrapassaram o valor de referência limite superior do CO<sub>2</sub> – VRL<sub>s</sub>– que é de 1000ppm, enquanto na altura de 160 cm, em 37,50% das medições os valores de concentração registrados de CO<sub>2</sub> ultrapassaram o VRL<sub>s</sub>. Nas duas alturas (80cm e 160cm), em 39,80% das medições os valores de concentração de CO<sub>2</sub> ultrapassaram o VRL<sub>s</sub>. Já comparando as duas alturas de medições de CO<sub>2</sub>, os valores registrados foram menores em 1,45% na altura de 160 cm (quadro 9).

Com o *exaustor desligado*, na altura de 80 cm, em 95,39% das medições os valores de concentração registrados de CO<sub>2</sub> ultrapassaram o valor de referência limite superior do CO<sub>2</sub> – VRL<sub>s</sub> – que é de 1000ppm, enquanto na altura de 160cm das medições, em 100% das medições os valores registrados ultrapassaram o VRL<sub>s</sub>. Nas duas alturas de medições de CO<sub>2</sub> (80cm e 160cm), em 97,70% das medições os valores registrados ultrapassaram o VRL<sub>s</sub>. Comparando as duas alturas de medições de CO<sub>2</sub>, os valores médios foram maiores na altura de 160 cm em 1,26% (quadro 9).

**Quadro 9- Resumo dos resultados de CO2 na sala BE01.**

| Exaustor <b>LIGADO</b>                                     |               |                |  |
|--|---------------|----------------|--|
| 80cm   | 160cm         | (80cm+160cm)   | Comparação entre as alturas de medição |
| 42,11%M> VRLs  | 37,50%M> VRLs | 39,80%M> VRLs  | VM<em 1,45% na altura de 160cm         |
| Exaustor <b>DESLIGADO</b>                                  |               |                |  |
| 80cm   | 160cm         | (80cm+160cm)   | Comparação entre as alturas de medição |
| 95,39% M> VRLs   | 100% M> VRLs  | 97,70% M> VRLs | VM>em 1,26% na altura de 160cm         |
| Legenda:   |               |                |  |
| M- das medições  |               |                | > VRLs < VRLs                          |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 1000ppm (CO2) |               |                |  |
| VM- Valores médios   |               |                |  |

O valor médio mínimo [Vm] de 925,82ppm foi registrado com o *exaustor ligado*, na altura de 160cm e em M2M. Já o valor médio máximo [VM] de 1329,79ppm foi registrado com o *exaustor desligado*, na altura de

160cm e em M5M, ou seja, no momento anterior a troca das camas dos animais (figura 50).

Os valores médios foram menores na altura de 160cm com o *exaustor ligado*, o que provavelmente se deve ao posicionamento do exaustor no ambiente, que se encontra na parte superior do recinto. Porém o equipamento não foi o suficiente para impedir concentrações maiores que o VRLs, também na altura de 80cm e mesmo quando estava *ligado*, indicando um possível mau funcionamento do equipamento e deficiência de ventilação no recinto.

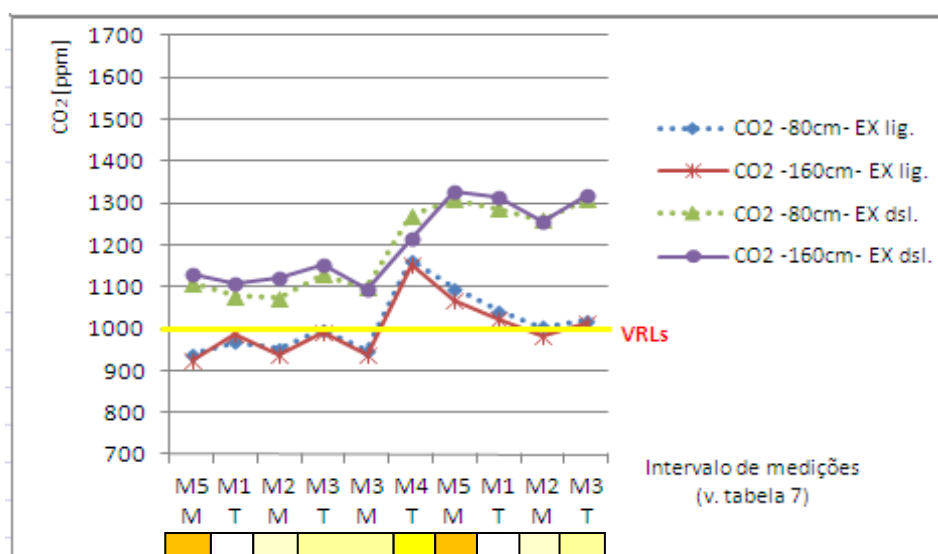


Figura 50- Concentrações de CO<sub>2</sub> na sala BE01.

As altas concentrações de CO<sub>2</sub> são generalizadas na sala, indicando que a mesma possui deficiência de ventilação, além disso, deve-se considerar o tipo de alojamento (gaiola aberta) que deixa o macroambiente mais propenso a dispersão dos gases gerados no microambiente.

A hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais não se confirma em todos os momentos, conforme pode se observar no gráfico acima (figura 50). Com o exaustor ligado as concentrações oscilam, sendo que após a troca das camas as tanto as concentrações foram crescentes quanto decrescentes.

#### 4.3.2.2. Amônia (NH<sub>3</sub>)

Com o *exaustor ligado*, constatou-se que nas duas alturas de medições (80cm e 160cm) não foram registrados valores maiores que VRL<sub>s</sub> – que é de 20ppm. Comparando as duas alturas de medições de NH<sub>3</sub>, os valores médios foram menores em 14,8% na altura de 160cm (quadro 10).

Com o *exaustor desligado*, nas duas alturas de medições (80cm e 160cm) também não foram registrados valores maiores que VRL<sub>s</sub> – que é de 20ppm. Já comparando as duas alturas de medições de NH<sub>3</sub>, os valores de concentrações foram maiores na altura de 160 cm em 8,5% (quadro 10).

**Quadro 10- Resumo resultados de NH<sub>3</sub> na sala BE01.**

| Exaustor <i>LIGADO</i>  |           |              |  |
|---|-----------|--------------|--|
| 80cm  | 160cm     | (80cm+160cm) | Comparação entre as alturas de medição |
| 0%M> VRLs   | 0%M> VRLs | 0%M> VRLs    | VM<em 14,8% na altura de 160cm         |
| Exaustor <i>DESLIGADO</i>   |           |              |  |
| 80cm  | 160cm     | (80cm+160cm) | Comparação entre as alturas de medição |
| 0%M> VRLs   | 0%M> VRLs | 0%M> VRLs    | VM>em 8,5% na altura de 160cm          |
| Legenda:  |           |              |  |
| M- das medições   |           |              | > VRLs < VRLs                          |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 20ppm (NH <sub>3</sub> ) |           |              |  |
| VM- Valores médios  |           |              |  |

O valor médio mínimo [Vm] de 2,57ppm foi registrado com o *exaustor ligado*, na altura de 160cm e em M1M, ou seja, logo após a troca das camas dos animais. Já o valor médio máximo [VM] de 13,19ppm foi registrado com o *exaustor desligado*, na altura de 160cm e em M5M, ou seja, no momento anterior a troca das camas dos animais (figura 51).

A diferença entre as concentrações de NH<sub>3</sub> quando o exaustor estava *ligado* e quando estava *desligado* foram de até 50%.

A hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais não se confirma em todos os momentos, conforme pode se observar no gráfico acima (figura 51). Na primeira medição depois da troca (M1) observa-se a concentração aumentando gradualmente, obviamente devido ao aumento das excretas ao longo dos dias. Porém na segunda medição depois da troca

os valores diminuem o que pode ser causa da abertura de portas não ser controlada.

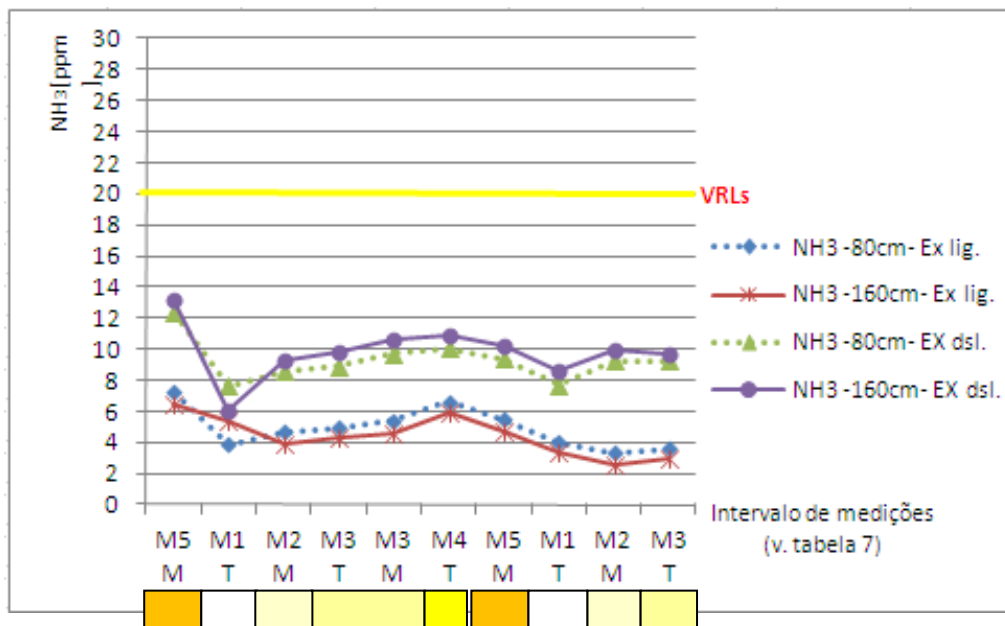


Figura 51- Concentrações de NH<sub>3</sub> na sala BE01.

A diferença entre as concentrações de NH<sub>3</sub> quando o exaustor estava *ligado* e quando estava *desligado* foram de até 50%.

A hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais não se confirma em todos os momentos, conforme pode se observar no gráfico acima (figura 50). Na primeira medição depois da troca (M1) observa-se a concentração aumentando gradualmente, obviamente devido ao aumento das excretas ao longo dos dias. Porém na segunda medição depois da troca os valores diminuem o que pode ser causa da abertura de portas não ser controlada.

#### 4.3.2.3. Temperatura do ar

Quanto à temperatura do ar, em nenhuma das duas alturas de medições (80cm e 160cm) e tanto *exaustor ligado* ou *desligado* foram constatados valores maiores que o valor de referência limite superior de temperatura do ar – VRL<sub>s</sub> (26°C) –, nem menores que o valor de referência limite inferior – VRL<sub>i</sub> (18°C) –. Comparadas as duas alturas de medições de

temperatura do ar, os valores médios foram menores em 1% das medições na altura de 160cm para o *exaustor ligado* e 0,9% maior na altura de 160cm para o *exaustor desligado*.

Com o *exaustor ligado*, os valores mínimos [Vm] foram de 20,10°C na altura de 80cm e 19,94°C na altura de 160cm. Os valores máximos [VM] foram de 22,28°C a 80cm e 22,21°C a 160cm. Com o *exaustor desligado*, os valores mínimos [Vm] foram de 22,08°C na altura de 80cm e 22,24°C na altura de 160cm e os valores máximos [VM] foram de 24,30°C a 80cm e 24,45°C a 160cm (figura 52).

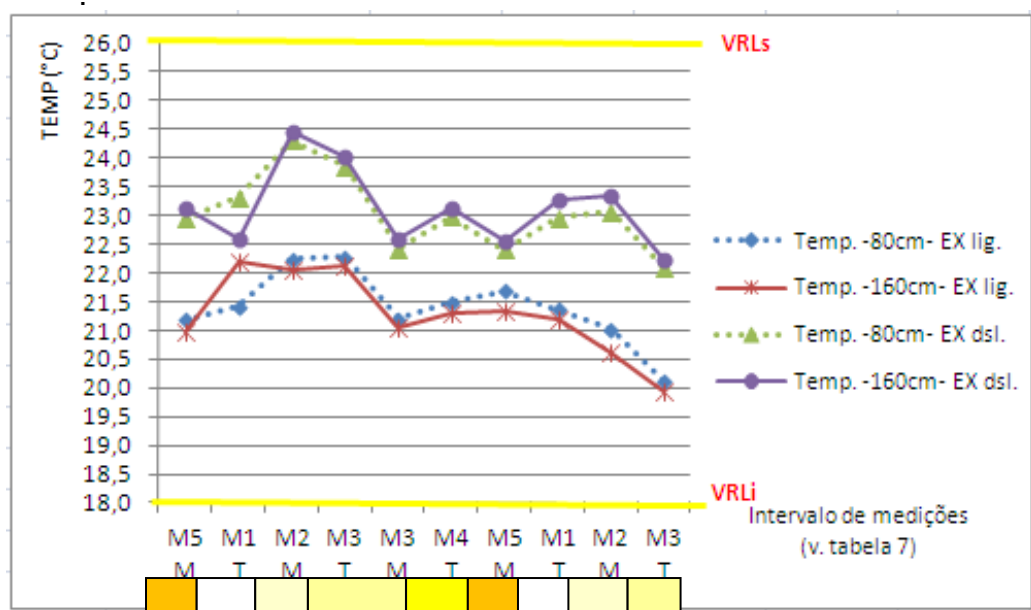


Figura 52- Temperatura do ar na sala BE01.

Os valores de temperatura do ar se distribuíram uniformemente nos pontos com variações.

#### 4.3.2.4. Umidade relativa do ar

Quanto à umidade relativa do ar, nas duas alturas de medições (80cm e 160cm) e *exaustor ligado* ou *desligado* constatou-se que em todas as medições seus valores ultrapassaram o valor de referência limite superior – VRL<sub>s</sub> (65%). Comparadas as duas alturas de medições de umidade relativa do ar, os valores médios foram menores em 0,31% das medições na altura

de 160cm para o caso de *exaustor ligado* e em 0,25% das medições na altura de 160cm para o caso de *exaustor desligado*.

Com o *exaustor ligado*, o valor mínimo medido nas duas alturas de medições [Vm] foi 65,89% na altura de 80cm e 65,70% na altura de 160cm em M3, enquanto o valor máximo [VM] foi de 73,16% na altura de 80cm e 74,87% na altura de 160cm em M1. Com o *exaustor desligado*, o valor mínimo [Vm] medido na altura de 80cm foi 67,31% e na altura de 160cm foi de 67,34% em M1. Já o valor máximo [VM] na altura de 80cm foi de 82,05% e 82,17% na altura de 160cm em M5 (figura 53).

Os altos valores de umidade se distribuíram uniformemente nos pontos de medição. Observa-se que os valores de umidade relativa do ar não foram crescentes em relação ao momento anterior a troca da cama dos animais, tendo oscilações ao longo dos intervalos de medições (figura 53).

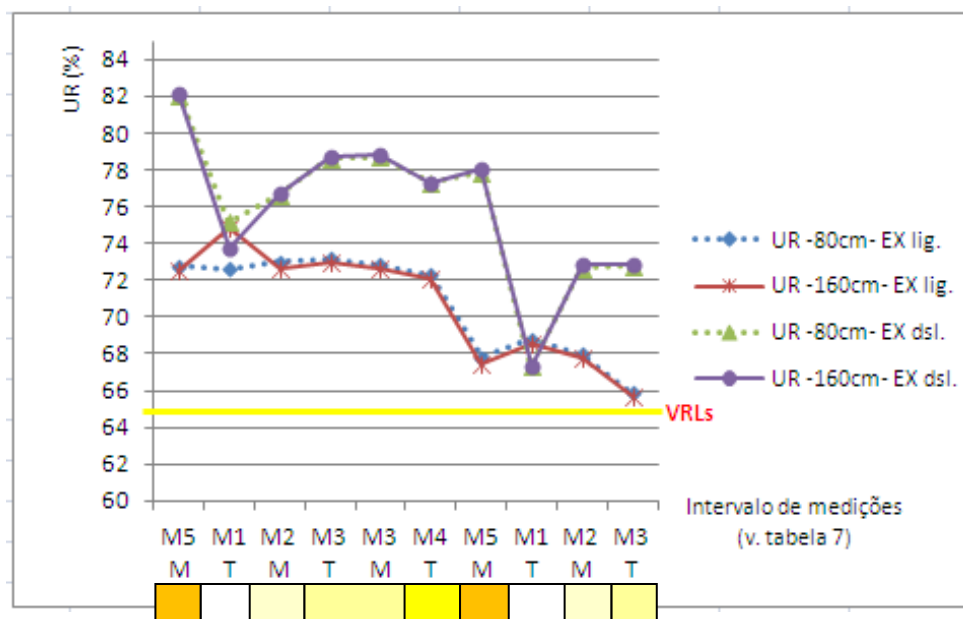


Figura 53- Umidade relativa do ar da sala BE01.

#### 4.3.2.5. Velocidade do ar

O valor máximo registrado de velocidade do ar foi 0,3m/s, medido junto às extremidades do ar condicionado.

Nas extremidades do exaustor, com o mesmo *desligado*, nenhum valor superou 0,1m/s, indicativo de possível fluxo de ar cruzado, movimentando-se entre as frestas da porta e abertura na parede onde esse

equipamento está instalado. Com o *exaustor ligado*, foram encontrados valores de 0,2m/s a 0,4m/s.

Em relação às frestas na junção da folha da porta com o marco, com o *exaustor desligado* os valores medidos não superaram 0,1m/s, indicando movimentação cruzada de ar entre as aberturas nas fachadas da sala e suas portas voltadas a circulação interna. Já com o *exaustor ligado*, foram registrados valores de até 0,6m/s junto às frestas das portas, com ar passando da parte externa da porta para dentro da sala.

### 4.3.3. Análise do recinto BE02

#### 4.3.3.1. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Com o *exaustor ligado*, na altura de 80 cm, em 19,74% das medições os valores de concentração registrados de CO<sub>2</sub> ultrapassaram o valor de referência limite superior do CO<sub>2</sub> – VRL<sub>s</sub> – que é de 1000ppm, enquanto na altura de 160 cm, em 11,84% das medições de CO<sub>2</sub> os valores registrados ultrapassaram o VRL<sub>s</sub>. Nas duas alturas (80cm e 160cm), em 15,79% das medições de CO<sub>2</sub> os valores ultrapassaram o VRL<sub>s</sub>. Já comparando as duas alturas de medições de CO<sub>2</sub>, os valores de concentração registrados foram menores em 1,63% na altura de 160 cm (quadro 11).

Com o *exaustor desligado*, tanto na altura de 80 cm quanto na altura de 160cm, em 78,95% das medições de CO<sub>2</sub> os valores registrados ultrapassaram o valor de referência limite superior do CO<sub>2</sub> – VRL<sub>s</sub> – que é de 1000ppm. Comparando as duas alturas de medições de CO<sub>2</sub>, os valores registrados foram maiores na altura de 160 cm em 1,34% (quadro 11).

**Quadro 11- Resumo dos resultados de CO<sub>2</sub> na sala BP02.**

| Exaustor <b>LIGADO</b>  |                |                |  |
|---|----------------|----------------|--|
| 80cm  | 160cm          | (80cm+160cm)   | Comparação entre as alturas de medição |
| 19,74%M> VRLs   | 11,84%M> VRLs  | 15,79%M> VRLs  | VM <em 1,63% na altura de 160cm        |
| Exaustor <b>DESLIGADO</b>   |                |                |  |
| 80cm  | 160cm          | (80cm+160cm)   | Comparação entre as alturas de medição |
| 78,95% M> VRLs  | 78,95% M> VRLs | 78,95% M> VRLs | VM >em 1,34% na altura de 160cm        |
| Legenda:  |                |                |  |
| M- das medições   |                | > VRLs         | < VRLs                                 |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 1000ppm (CO <sub>2</sub> ) |                |                |  |
| VM- Valores médios  |                |                |  |

O valor médio mínimo [Vm] de 859,88ppm foi registrado com o *exaustor ligado*, na altura de 160cm e em M5M. Já o valor médio máximo [VM] de 1345ppm foi registrado com o *exaustor desligado*, na altura de 160cm e em M3T (figura 54).

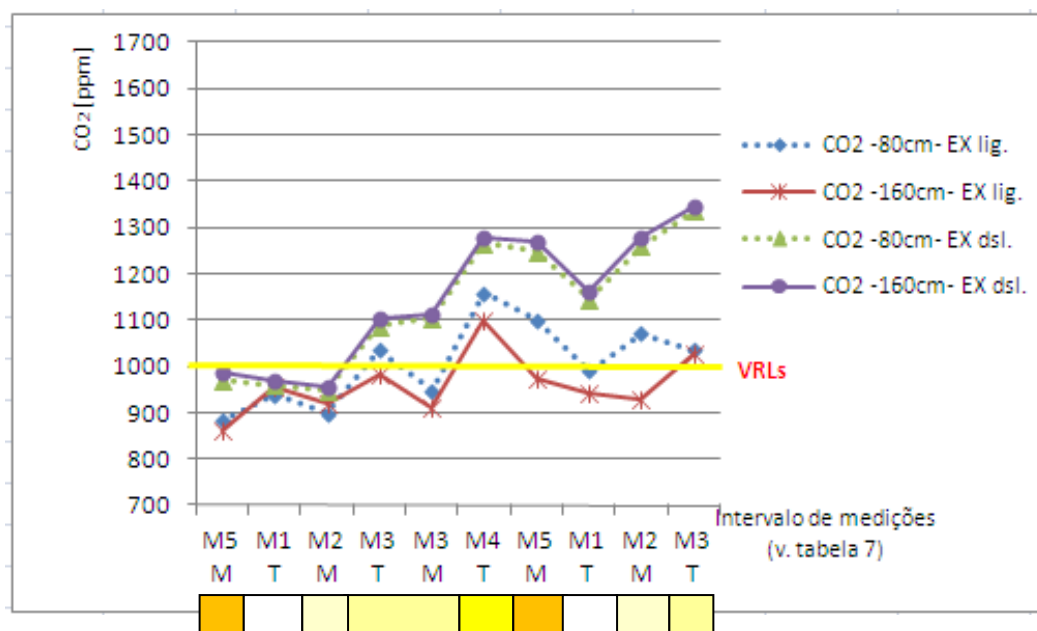


Figura 54- Concentrações de CO<sub>2</sub> na sala BP02.

Assim como no recinto BE01, as concentrações de CO<sub>2</sub> com o *exaustor ligado* foram menores que as concentrações com o *exaustor desligado*, sendo essa diferença pequena e se acentuando nas medições próximas a troca das camas dos animais, o que pode ser causa da abertura constante da porta durante essa atividade.

Os valores médios menores na altura de 160cm se repetiram nesse recinto, assim como ocorreu no recinto BE01, provavelmente devido a mesma configuração do posicionamento na parte superior da parede. Apesar disso, a pequena diferença de concentração entre *exaustor ligado* e *desligado*, indica um possível mau funcionamento do equipamento e deficiência de ventilação.

Além disso, deve-se considerar o tipo de alojamento dos animais, que são estantes convencionais com gaiolas abertas, que deixa o macroambiente mais propenso a dispersão dos gases gerados no microambiente.

A hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais não se confirma em todos os momentos, conforme pode se observar no gráfico acima (figura 54).

#### 4.3.3.2. Amônia (NH<sub>3</sub>)

Com o *exaustor ligado*, constatou-se que nas duas alturas de medições (80cm e 160cm) não foram registrados valores maiores que VRL<sub>s</sub> – que é de 20ppm. Comparando as duas alturas de medições de NH<sub>3</sub>, os valores médios foram menores em 16% na altura de 160cm (quadro 12).

Com o *exaustor desligado*, nas alturas de 80cm (80cm e 160cm) também não foram registrados valores maiores que VRL<sub>s</sub> – que é de 20ppm. Já comparando as duas alturas de medições de NH<sub>3</sub>, os valores de concentrações foram maiores na altura de 160 cm em 10% (quadro 12).

**Quadro 12- Resumo dos resultados de NH<sub>3</sub> na sala BP02.**

| Exaustor <i>LIGADO</i>  |           |              |  |
|---|-----------|--------------|--|
| 80cm  | 160cm     | (80cm+160cm) | Comparação entre as alturas de medição |
| 0%M> VRLs   | 0%M> VRLs | 0%M> VRLs    | VM<em 14,8% na altura de 160cm         |
| Exaustor <i>DESLIGADO</i>   |           |              |  |
| 80cm  | 160cm     | (80cm+160cm) | Comparação entre as alturas de medição |
| 0%M> VRLs   | 0%M> VRLs | 0%M> VRLs    | VM>em 8,5% na altura de 160cm          |
| Legenda:  |           |              |  |
| M- das medições   |           |              | > VRLs < VRLs                          |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 20ppm (CO <sub>2</sub> ) |           |              |  |
| VM- Valores médios  |           |              |  |

O valor médio mínimo [Vm] de 2,57ppm foi registrado com o *exaustor ligado*, na altura de 160cm e em M5M. Já o valor médio máximo [VM] de 10,88ppm foi registrado com o *exaustor desligado*, na altura de 160cm e em M3T (figura 55).

Assim com o recinto BE02, a diferença entre as concentrações de NH<sub>3</sub> quando o exaustor estava *ligado* e quando estava *desligado* foram pequenas, indicando possível mau funcionamento do equipamento.

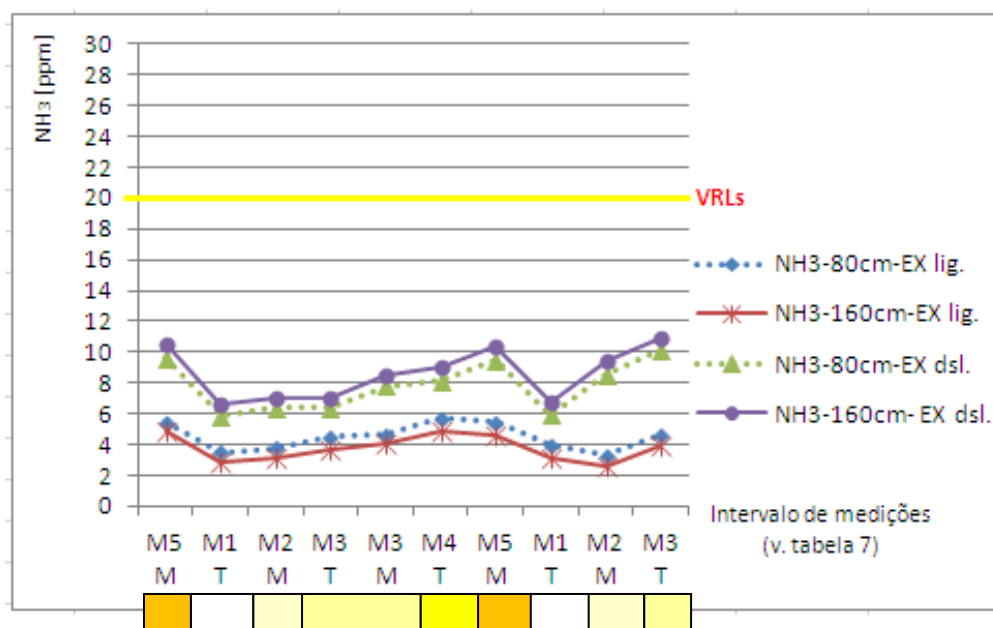


Figura 55- Concentrações de NH<sub>3</sub> na sala BP02.

Neste ambiente, a hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais se confirma em todos os momentos, conforme pode se observar no gráfico acima (figura 55).

#### 4.3.3.3. Temperatura do ar

Quanto à temperatura do ar, em nenhuma das duas alturas de medições (80cm e 160cm) e tanto com o *exaustor ligado* ou *desligado* foram constatados valores maiores que o valor de referência limite superior de temperatura – VRL<sub>s</sub> (26°C) –, nem menores que o valor de referência limite inferior – VRL<sub>i</sub> (18°C) –. Comparadas as duas alturas de medições de temperatura, os valores médios foram menores em 0,8% das medições na altura de 160cm para o *exaustor desligado* e menores em 1% na altura de 160cm para o *exaustor ligado* (figura 56).

Com o *exaustor ligado*, os valores mínimos [V<sub>m</sub>] foram de 20,78°C na altura de 80cm e 20,61°C na altura de 160cm. Os valores máximos [V<sub>M</sub>] foram de 22,29°C a 80cm e 22,12°C a 160cm. Com o *exaustor desligado*, os valores mínimos [V<sub>m</sub>] foram de 22,28°C na altura de 80cm e 22,39°C na

altura de 160cm e os valores máximos [VM] foram de 24,05°C a 80cm e 24,20°C a 160cm (figura 56).

Os valores de temperatura se distribuíram uniformemente nos pontos com variações.

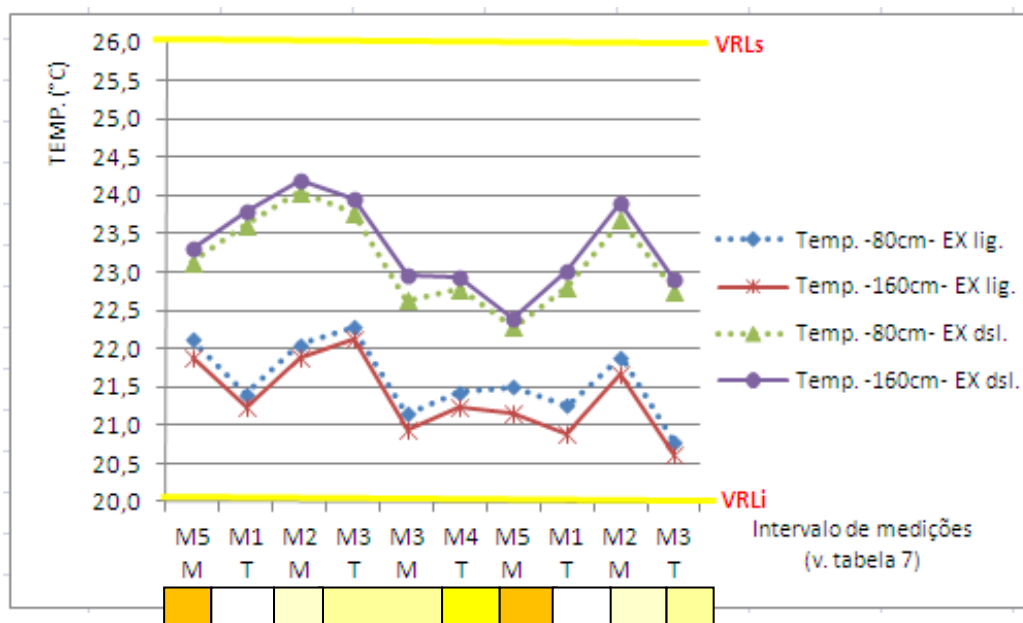


Figura 56- Temperatura do ar na sala BE02.

#### 4.3.3.4. Umidade relativa do ar

Quanto à umidade relativa do ar, nas duas alturas de medições (80cm e 160cm) e *exaustor ligado* ou *desligado* constatou-se que 94,74% dos valores ultrapassaram o valor de referência limite superior – VRL<sub>s</sub> (65%). Comparadas as duas alturas de medições de umidade relativa, os valores médios foram menores em 0,33% das medições na altura de 160cm para o caso de *exaustor ligado* e maiores em 0,25% na altura de 160cm para o caso de *exaustor desligado* (figura 57).

Com o *exaustor ligado*, o valor mínimo registrado [Vm] foi 65,06% na altura de 80cm e 64,73% na altura de 160cm em M1T, enquanto o valor máximo [VM] foi de 72,59% na altura de 80cm e 72,31% na altura de 160cm também em M1T. Com o *exaustor desligado*, o valor mínimo [Vm] registrado na altura de 80cm foi 69,57% e na altura de 160cm foi de 70,17% em M1T. Já o valor máximo [VM] registrado na altura de 80cm foi de 79,85% e 80,14% na altura de 160cm em M5M (figura 57).

Os altos valores de umidade se distribuíram uniformemente nos pontos de medição. Observa-se que os valores de umidade relativa do ar não foram somente crescentes em relação ao momento anterior a troca da cama dos animais (figura 57).

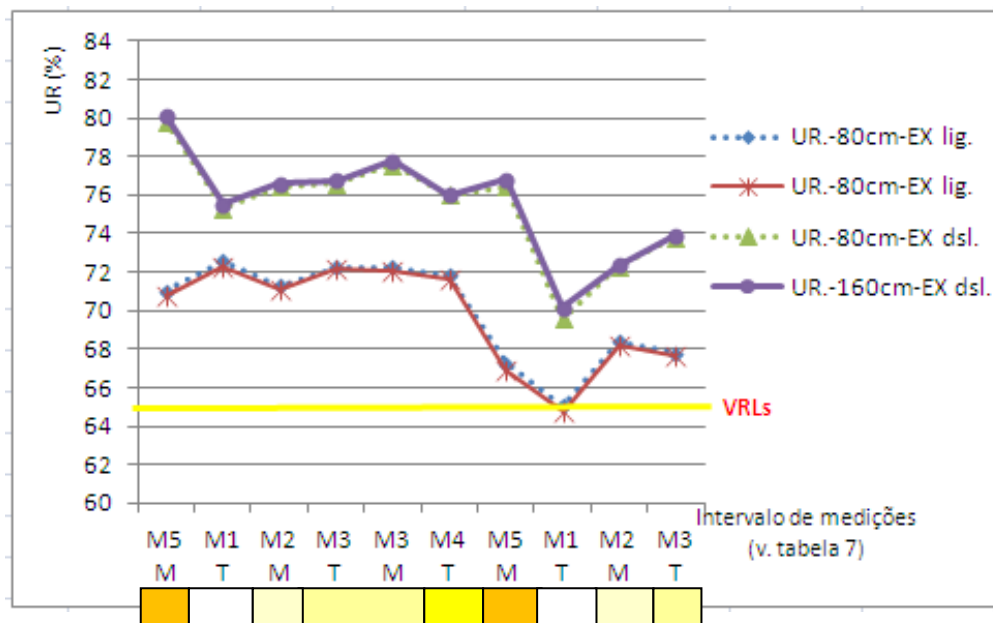


Figura 57- Umidade relativa do ar na sala BP02.

#### 4.3.3.5. Velocidade do ar

O valor máximo registrado de velocidade do ar foi 0,4m/s, medido junto às extremidades do ar condicionado.

Nas extremidades do exaustor, com o mesmo *desligado*, o valor máximo foi de 0,2m/s, indicativo de possível fluxo de ar cruzado, movimentando-se entre as frestas da porta e abertura na parede onde esse equipamento está instalado. Com o *exaustor ligado*, foram encontrados valores de 0,1m/s a 0,5m/s.

Em relação às frestas na junção da folha da porta com o marco, com o *exaustor desligado* os valores medidos não superaram 0,1m/s, indicando movimentação cruzada de ar entre as aberturas nas fachadas da sala e suas portas voltadas a circulação interna. Já com o *exaustor ligado*, foram registrados valores de até 0,7m/s junto às frestas das portas, com ar passando da parte externa da porta para dentro da sala.

## GRUPO 2

### 4.3.4. Análise do recinto BP07

#### 4.3.4.1. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Na altura de 80cm constatou-se que em 14,06% das medições os valores de concentração de CO<sub>2</sub> registrados ultrapassaram o valor de referência limite superior do CO<sub>2</sub> – VRL<sub>s</sub> – que é de 1000ppm, enquanto na altura de 160cm, os valores registrados ultrapassaram o VRL<sub>s</sub> em 18,23% das medições (quadro 13).

Nas duas alturas de medições de CO<sub>2</sub> (80cm e 160cm), constatou-se que os valores de concentração registrados ultrapassaram o VRL<sub>s</sub> em 16,15% das medições. Comparando as duas alturas de medições de CO<sub>2</sub>, estas foram maiores na altura de 160 cm em 1,2% (quadro 13).

**Quadro 13- Resumos dos resultados de CO<sub>2</sub> na sala BP07.**

| Exaustor <i>DESATIVADO</i>  |               |               |  |
|---|---------------|---------------|--|
| 80cm  | 160cm         | (80cm+160cm)  | Comparação entre as alturas de medição |
| 14,06%M> VRLs   | 18,23%M> VRLs | 16,15%M> VRLs | VM >em 1,2% na altura de 160cm         |
| Legenda:  |               |               |  |
| M- das medições   |               |               | > VRLs < VRLs                          |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 1000ppm (CO <sub>2</sub> ) |               |               |  |
| VM- Valores médios  |               |               |  |

Os valores mínimos [Vm] foram de 860,88 ppm para a altura de 80cm e 874,75ppm na altura de 160cm em M3T, e os valores máximos [VM] foram de 1010,38ppm na altura de 80 cm e 1125,38 ppm na altura de 160cm em M2T (figura 58).

Observa-se que mesmo com valores abaixo do VRL<sub>s</sub>, estes estão próximos ao VRL<sub>s</sub>, apesar de neste ambiente os tipos de alojamento serem somente do tipo *rack* com microisoladores. A hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais não se confirma em todos os momentos, conforme pode se observar no gráfico acima (figura 58).

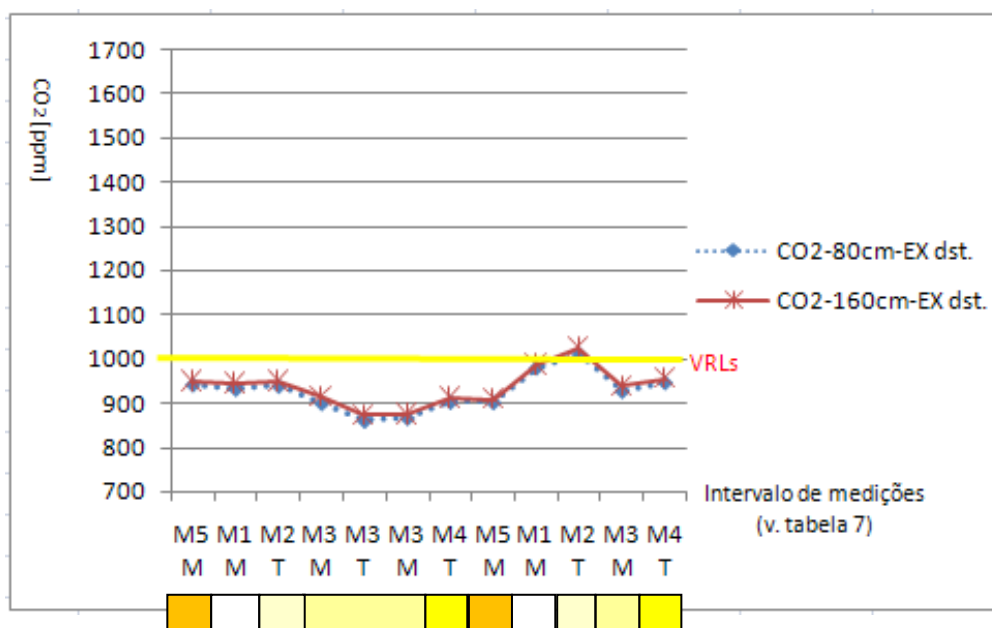


Figura 58- Concentrações de CO2 na sala BP07.

#### 4.3.4.2. Amônia (NH<sub>3</sub>)

Quanto às medições de NH<sub>3</sub>, tanto na altura de 80 cm como na de 160 cm das medições, não foram encontrados valores acima do VRL<sub>s</sub> da amônia que é de 20ppm. Já comparando as duas alturas de medições de NH<sub>3</sub>, estas foram maiores na altura de 160 cm em 15,3% (quadro 14).

Quadro 14- Resumo dos resultados de NH<sub>3</sub> na sala BP07.

| Exaustor <i>DESATIVADO</i>  |           |              |  |
|---|-----------|--------------|--|
| 80cm  | 160cm     | (80cm+160cm) | Comparação entre as alturas de medição |
| 0%M> VRLs   | 0%M> VRLs | 0%M> VRLs    | VM >em 15,3% na altura de 160cm        |
| Legenda:  |           |              |  |
| M- das medições   |           |              | > VRLs < VRLs                          |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 20ppm (CO <sub>2</sub> ) |           |              |  |
| VM- Valores médios  |           |              |  |

O valor médio mínimo [Vm] 1,94 ppm foi registrado para a altura de 80cm e 2,69ppm na altura de 160cm em M1M, e os valores máximos [VM] foram de 5,63ppm na altura de 80 cm e 6,26ppm na altura de 160cm em M5M (figura 59).

Neste ambiente, a hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais

também se confirma em todos os momentos, conforme pode se observar no gráfico acima (figura 59).

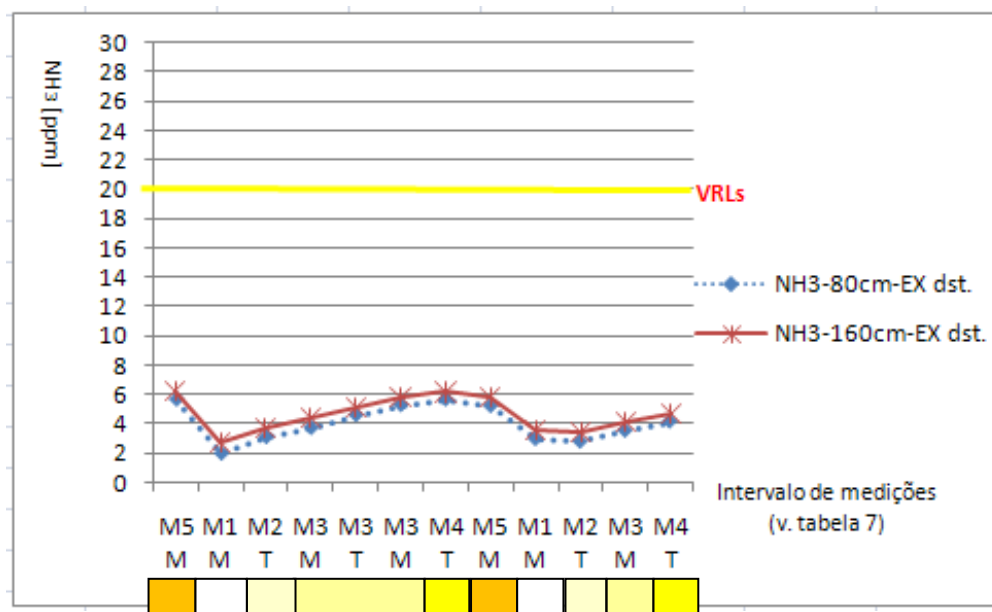


Figura 59- Concentrações de NH<sub>3</sub> na sala BP07.

#### 4.3.4.3. Temperatura do ar

Quanto à temperatura do ar, em nenhuma das duas alturas de medições (80cm e 160cm) foram registrados valores maiores que o valor de referência limite superior de temperatura – VRL<sub>s</sub> (26°C) –, nem menores que o valor de referência limite inferior – VRL<sub>i</sub> (18°C) –. Comparadas as duas alturas de medições de temperatura do ar, os valores registrados foram maiores em 0,8% na altura de 160cm.

Os valores médios mínimos [Vm] foram de 22,53°C na altura de 80cm e 22,77°C na altura de 160cm. Os valores máximos [VM] foram de 23,96°C a 80cm e 24,13°C a 160cm (figura 60).

Os valores de temperatura se distribuíram uniformemente nos pontos.

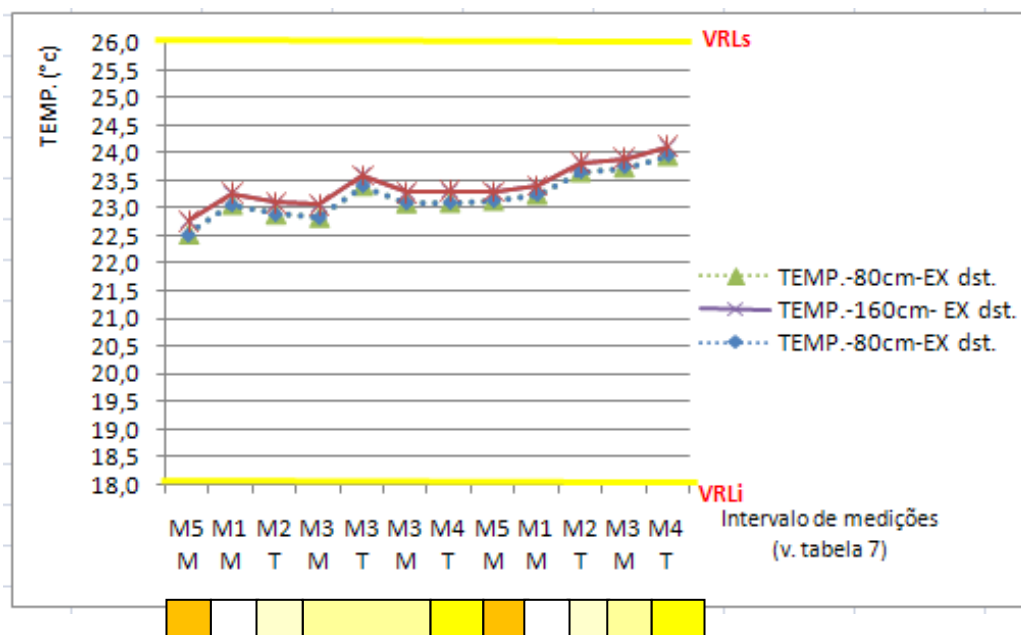


Figura 60- Temperatura do ar na sala BP07.

#### 4.3.4.4. Umidade relativa do ar

Quanto à umidade relativa do ar, nas duas alturas de medições (80cm e 160cm) constatou-se que 100% dos valores ultrapassaram o valor de referência limite superior – VRL<sub>s</sub> (65%). Comparadas as duas alturas de medições de umidade relativa, os valores médios foram maiores em 0,4% das medições na altura de 160cm.

Os valores mínimos medidos nas duas alturas de medições [Vm] foi 70,35% na altura de 80cm e 70,56% na altura de 160cm em M5M, enquanto o valor máximo [VM] foi de 74,25% na altura de 80cm e 74,47% na altura de 160cm em M4T (figura 61).

Os altos valores de umidade se distribuíram uniformemente nos pontos de medição.

Observa-se que os valores de umidade relativa do ar não foram somente crescentes em relação ao momento anterior a troca da cama dos animais oscilando ao longo dos intervalos de medições (figura 61)

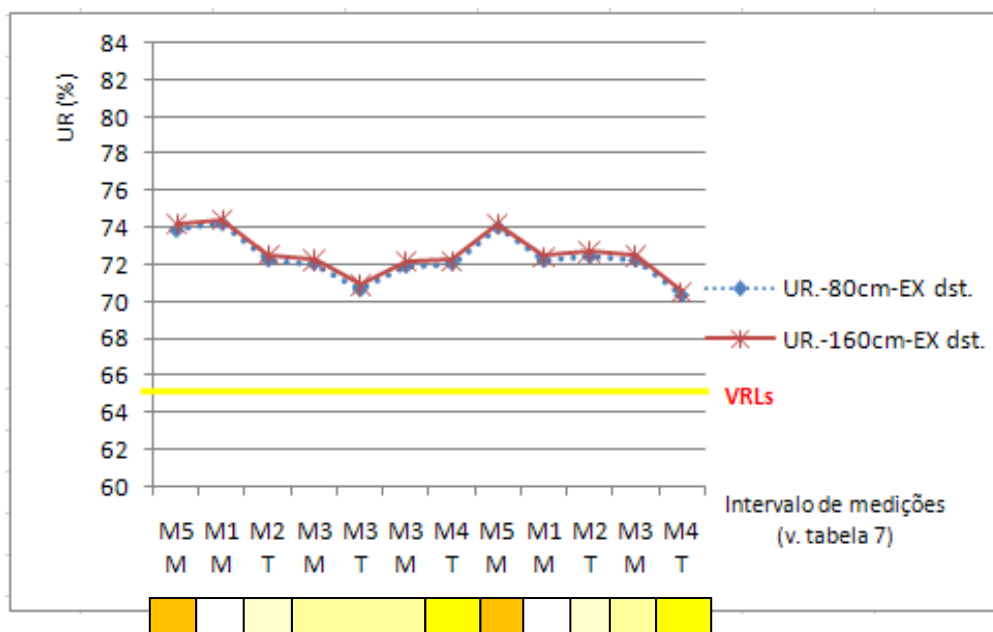


Figura 61- Umidade relativa do ar na sala BP07.

#### 4.3.4.4. Velocidade do ar

O valor máximo registrado de velocidade do ar foi 0,3m/s, medido junto às extremidades do ar condicionado.

Nas extremidades do exaustor desativado o valor máximo foi de 0,1m/s, indicativo de possível fluxo de ar cruzado, movimentando-se entre as frestas da porta e abertura na parede onde esse equipamento está instalado. Em relação às frestas na junção da folha da porta com o marco, os valores medidos não superaram 0,1m/s, indicando movimentação cruzada de ar entre as aberturas nas fachadas da sala e suas portas voltadas a circulação interna.

#### 4.3.5. Análise do recinto BP09

##### 4.3.5.1. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

No lado esquerdo da sala 09 (BP09e), na altura de 80 cm das medições de CO<sub>2</sub> constatou-se que em 94,44% das medições os valores de concentração registrados ultrapassaram o valor de referência limite superior

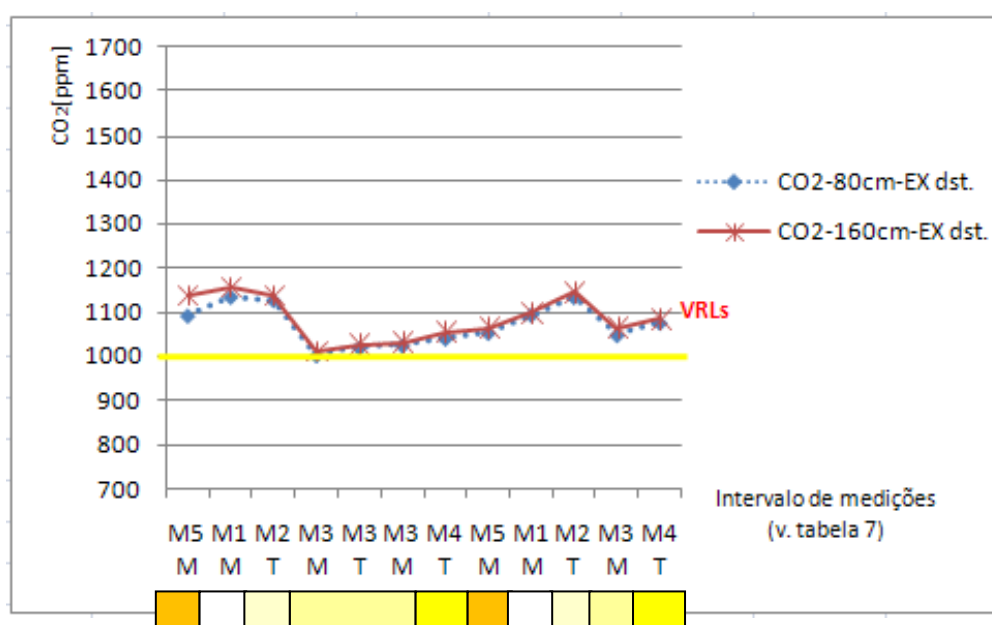
do CO<sub>2</sub> – VRL<sub>s</sub> – que é de 1000ppm, enquanto na altura de 160cm, em 97,92% das medições os valores registrados ultrapassaram o VRL<sub>s</sub>. Nas duas alturas de medições de CO<sub>2</sub> (80cm e 160cm), constatou-se que 96,18% do total delas ultrapassaram o VRL<sub>s</sub> (quadro 15).

Comparando as duas alturas de medições de CO<sub>2</sub>, estas foram maiores na altura de 160 cm em 1,3% (quadro 15).

**Quadro 15- Resumo de resultados de CO<sub>2</sub> na sala BP09e.**

| Exaustor <i>DESATIVADO</i>  |                |                |  |
|---|----------------|----------------|--|
| 80cm  | 160cm          | (80cm+160cm)   | Comparação entre as alturas de medição |
| 94,44%M> VRLs   | 97,92% M> VRLs | 96,18% M> VRLs | VM >em 1,3% na altura de 160cm         |
| Legenda:  |                |                |  |
| M- das medições   |                |                | > VRLs < VRLs                          |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 1000ppm (CO <sub>2</sub> ) |                |                |  |
| VM- Valores médios  |                |                |  |

O valor médio mínimo [Vm] 1002ppm foi registrado na altura de 80cm e 1012ppm na altura de 160cm em M3M, e os valores médios máximos [VM] foram de 1134,17ppm na altura de 80 cm e 1155ppm na altura de 160cm em M1M (figura 62).



**Figura 62- Concentrações de CO<sub>2</sub> na sala BP09e.**

No lado direito da sala 09 (BP09d), na altura de 80 cm constatou-se que em 38,19% das medições os valores de concentração de CO<sub>2</sub>

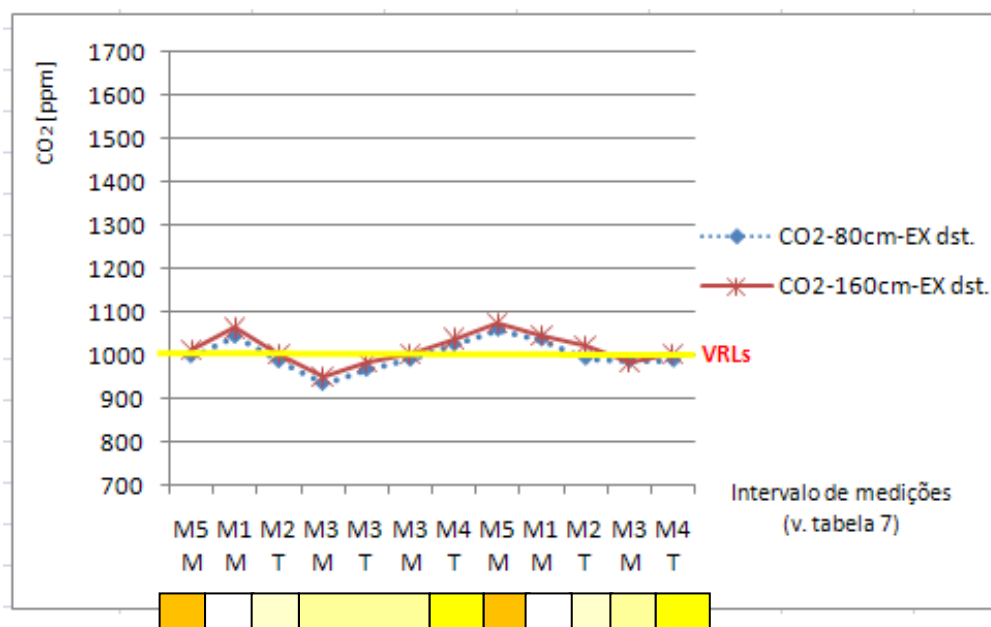
registrados ultrapassaram o valor de referência limite superior do CO<sub>2</sub> – VRL<sub>s</sub> – que é de 1000ppm, enquanto na altura de 160cm, em 59,72% das medições os valores registrados ultrapassaram o VRL<sub>s</sub>. Nas duas alturas de medições de CO<sub>2</sub> (80cm e 160cm), constatou-se que 48,96% do total delas ultrapassaram o VRL<sub>s</sub> (quadro 16).

Comparando as duas alturas de medições de CO<sub>2</sub>, estas foram maiores na altura de 160 cm em 1,4% (quadro 16).

**Quadro 16 -Resumo dos resultados de CO<sub>2</sub> na sala BP09d.**

| Exaustor <i>DESATIVADO</i>  |                |                |  |
|---|----------------|----------------|--|
| 80cm  | 160cm          | (80cm+160cm)   | Comparação entre as alturas de medição |
| 38,19%M> VRLs   | 59,72% M> VRLs | 48,96% M> VRLs | VM >em 1,4% na altura de 160cm         |
| Legenda:  |                |                |  |
| M- das medições   |                |                | > VRLs < VRLs                          |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 1000ppm (CO <sub>2</sub> ) |                |                |  |
| VM- Valores médios  |                |                |  |

O valor médio mínimo [Vm] 934,67ppm foi registrado na altura de 80cm e 948,59ppm na altura de 160cm em M3M, e os valores médios máximos [VM] foram de 1058,92ppm na altura de 80 cm e 1071,92ppm na altura de 160cm em M5M (figura 63).



**Figura 63- Concentrações de CO<sub>2</sub> na sala BP09d.**

Neste ambiente, tanto do lado esquerdo quanto do lado direito, a hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais também não se confirma

em todos os momentos, havendo oscilações de concentração ao longo das medições conforme pode se observar no gráfico acima (figura 62).

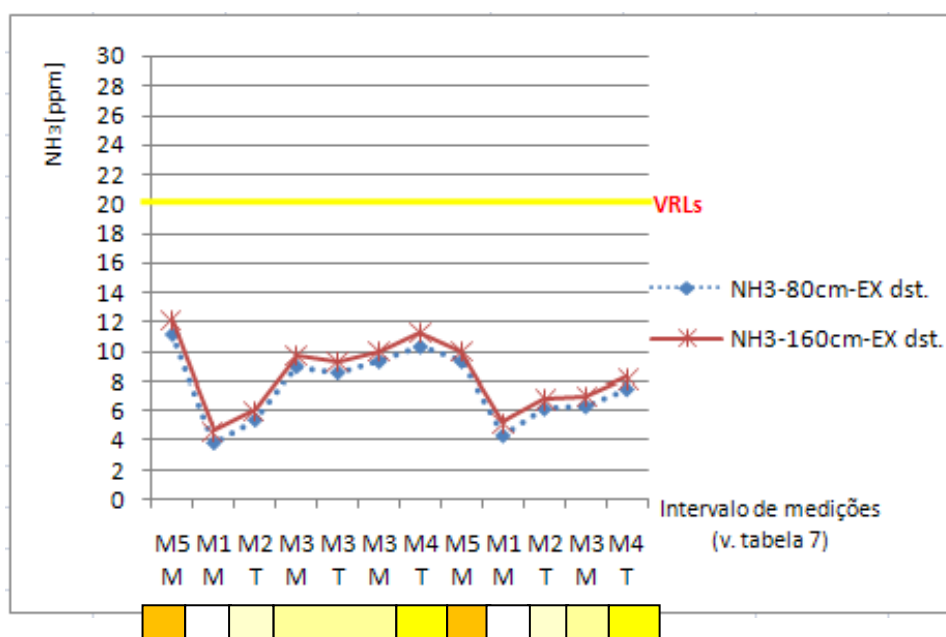
#### 4.3.5.2. Amônia (NH<sub>3</sub>)

No lado esquerdo da sala 09 (BP09e), tanto na altura de 80 cm como na de 160 cm das medições, não foram encontrados valores acima do VRL<sub>s</sub> da amônia que é de 20ppm. Já comparando as duas alturas de medições de NH<sub>3</sub>, estas foram maiores na altura de 160 cm em 10% (quadro 17).

**Quadro 17- Resumo resultados de CO<sub>2</sub> na sala BP09e**

| Exaustor <i>DESATIVADO</i>  |           |              |  |
|---|-----------|--------------|--|
| 80cm  | 160cm     | (80cm+160cm) | Comparação entre as alturas de medição |
| 0%M> VRLs   | 0%M> VRLs | 0%M> VRLs    | VM >em 10% na altura de 160cm          |
| Legenda:  |           |              |  |
| M- das medições   |           |              | > VRLs < VRLs                          |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 20ppm (CO <sub>2</sub> ) |           |              |  |
| VM- Valores médios  |           |              |  |

O valor médio mínimo [Vm] 3,84ppm foi registrado na altura de 80cm e 4,67ppm na altura de 160cm em M3M, e os valores médios máximos [VM] foram de 11,17ppm na altura de 80 cm e 11,33ppm na altura de 160cm em M5M (figura 64).



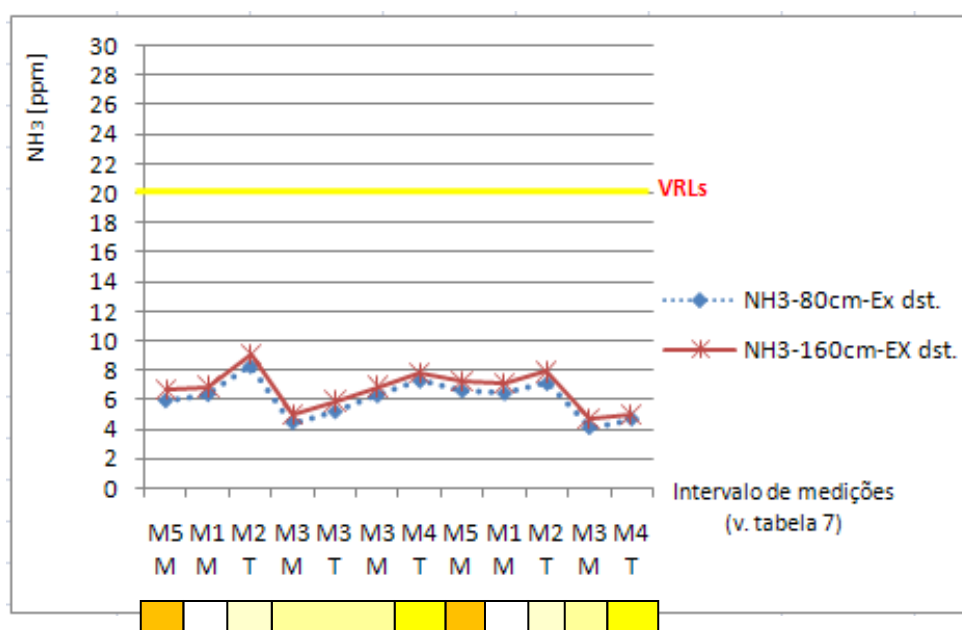
**Figura 64- Concentrações de NH<sub>3</sub> na sala BP09e.**

No lado direito da sala 09 (BP09d), tanto na altura de 80 cm como na de 160 cm das medições, também não foram encontrados valores acima do VRL<sub>s</sub> da amônia que é de 20ppm. Já comparando as duas alturas de medições de NH<sub>3</sub>, estas foram maiores na altura de 160 cm em 11,5% (quadro 18).

**Quadro 18 - Resumo dos resultados de NH<sub>3</sub> na sala BP09d.**

| Exaustor <i>DESATIVADO</i>  |           |              |  |
|---|-----------|--------------|--|
| 80cm  | 160cm     | (80cm+160cm) | Comparação entre as alturas de medição |
| 0%M> VRLs   | 0%M> VRLs | 0%M> VRLs    | VM >em 11,5% na altura de 160cm        |
| Legenda:  |           |              |  |
| M- das medições   |           | > VRLs       | < VRLs                                 |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 20ppm (NH <sub>3</sub> ) |           |              |  |
| VM- Valores médios  |           |              |  |

O valor médio mínimo [Vm] 4,09ppm foi registrado na altura de 80cm e 4,75ppm na altura de 160cm em M3M, e os valores médios máximos [VM] foram de 8,25ppm na altura de 80 cm e 9,33ppm na altura de 160cm em M2T (figura 65).



**Figura 65- Concentrações de NH<sub>3</sub> na sala BP09d.**

Assim como as concentrações de CO<sub>2</sub>, tanto do lado esquerdo quanto do lado direito, a hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais também não se confirma em todos os momentos, havendo oscilações de

concentração ao longo das medições conforme pode se observar no gráfico acima (figura 64).

#### 4.3.5.3. Temperatura do ar

No lado esquerdo da sala 09 (BP09e), em nenhuma das duas alturas de medições (80cm e 160cm) foram registrados valores maiores que o valor de referência limite superior de temperatura do ar –  $VRL_s$  ( $26^{\circ}C$ ) –, nem menores que o valor de referência limite inferior –  $VRL_i$  ( $18^{\circ}C$ ) –. Comparadas as duas alturas de medições de temperatura do ar, os valores médios foram maiores em 0,8% na altura de 160cm.

Os valores médios mínimos [Vm] foram de  $22,87^{\circ}C$  na altura de 80cm e  $23,08^{\circ}C$  na altura de 160cm. Os valores máximos [VM] foram de  $23,55^{\circ}C$  a 80cm e  $23,74^{\circ}C$  a 160cm (figura 66).

Os valores de temperatura do ar se distribuíram uniformemente nos pontos com variações.

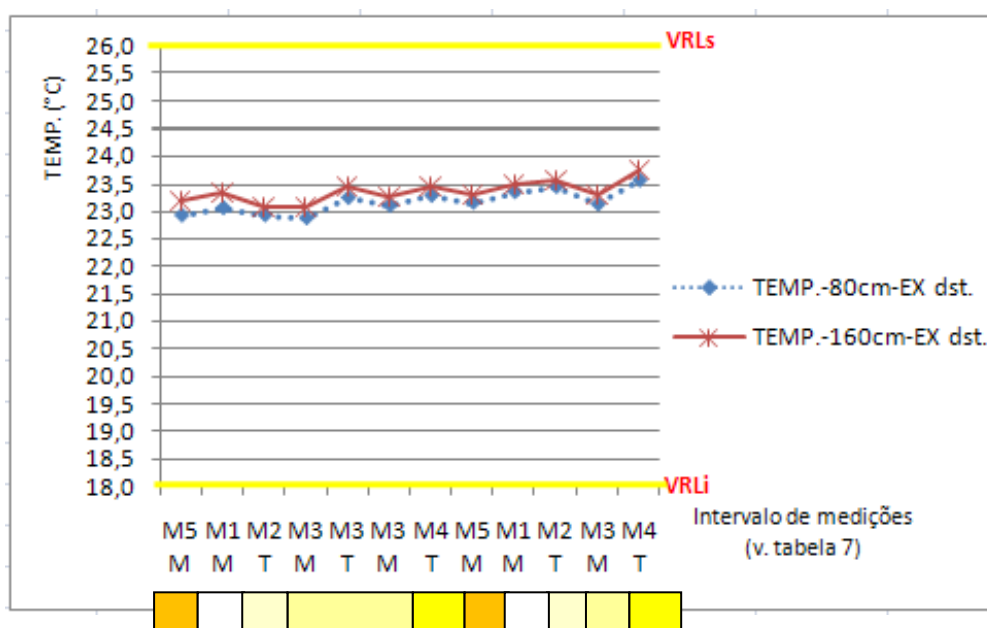


Figura 66- Temperatura do ar na sala BP09e.

No lado direito da sala 09 (BP09d), em nenhuma das duas alturas de medições (80cm e 160cm) foram registrados valores maiores que o valor de referência limite superior de temperatura do ar –  $VRL_s$  ( $26^{\circ}C$ ) –, nem menores que o valor de referência limite inferior –  $VRL_i$  ( $18^{\circ}C$ ) –.

Comparadas as duas alturas de medições de temperatura, os valores médios foram maiores em 0,9% na altura de 160cm.

Os valores médios mínimos [Vm] foram de 22,50°C na altura de 80cm e 22,67°C na altura de 160cm. Os valores máximos [VM] foram de 23,59°C a 80cm e 23,83°C a 160cm (figura 67).

Os valores de temperatura do ar se distribuíram uniformemente nos pontos com variações.

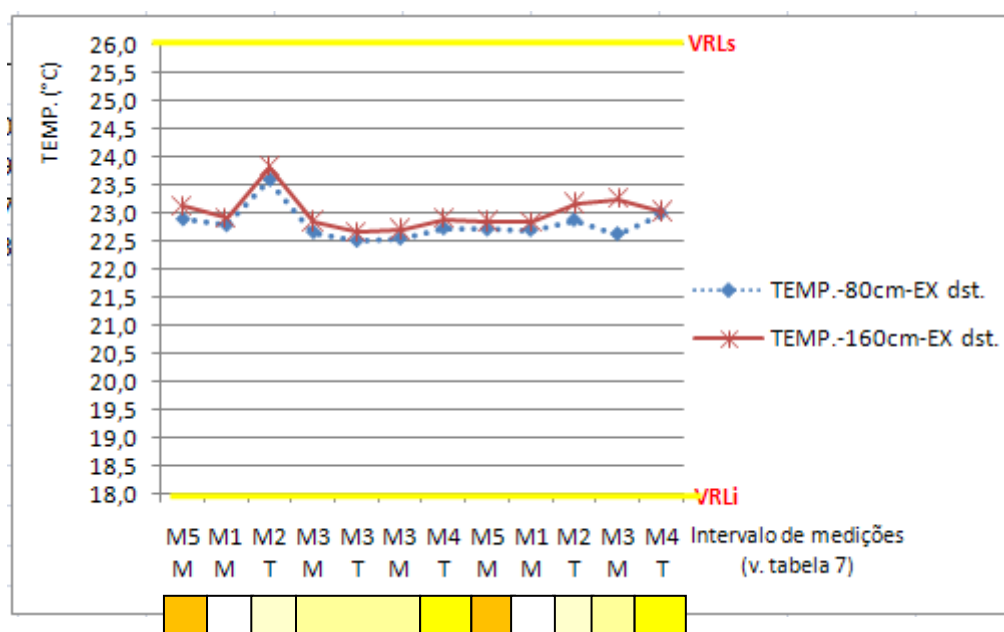


Figura 67- Temperatura do ar na sala BP09d.

#### 4.3.5.4. Umidade relativa do ar

No lado esquerdo da sala 09 (BP09e), nas duas alturas de medições (80cm e 160cm) constatou-se que 100% dos valores ultrapassaram o valor de referência limite superior – VRL<sub>s</sub> (65%). Comparadas as duas alturas de medições de umidade relativa do ar, os valores médios foram maiores em 0,6% das medições na altura de 160cm.

O valor mínimo medido nas duas alturas de medições [Vm] foi 72,19% na altura de 80cm e 72,69% na altura de 160cm em M2T, enquanto o valor máximo [VM] foi de 77,54% na altura de 80cm e 77,98% na altura de 160cm em M3M (figura 68).

Os altos valores de umidade relativa do ar se distribuíram uniformemente nos pontos de medição.

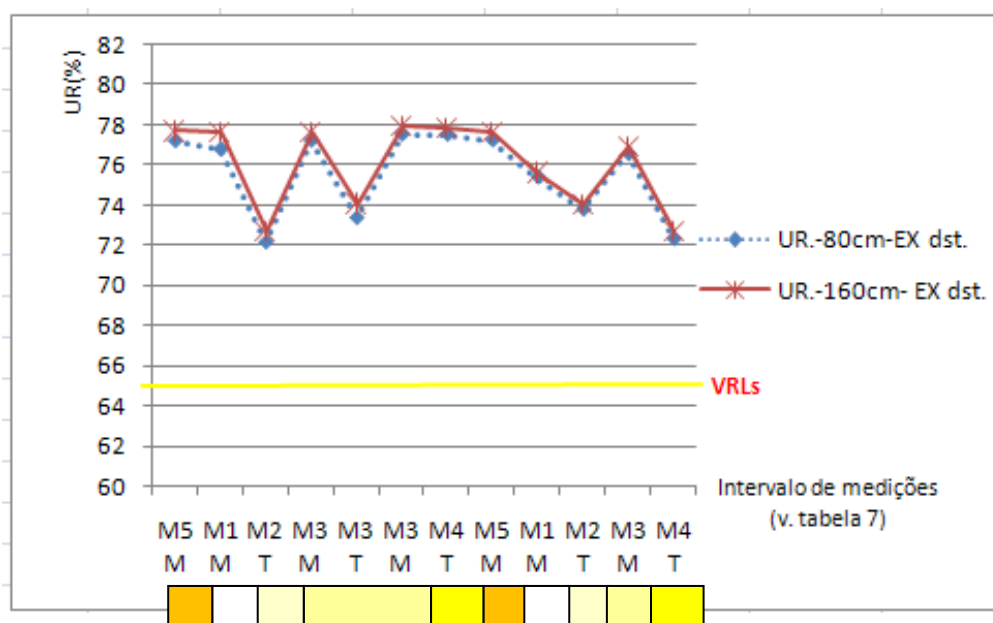


Figura 68- Umidade relativa do ar na sala BP09e.

No lado direito da sala 09 (BP09d), na altura de 80cm constatou-se que 96,50% dos valores ultrapassaram o valor de referência limite superior – VRL<sub>s</sub> (65%) e na altura de 160cm, 96,53% ultrapassaram. Comparadas as duas alturas de medições de umidade relativa do ar, os valores médios foram maiores em 0,4% das medições na altura de 160cm.

O valor mínimo medido nas duas alturas de medições [Vm] foi 67,03% na altura de 80cm e 65,17% na altura de 160cm em M4T, enquanto o valor máximo [VM] foi de 74,91% na altura de 80cm e 75,21% na altura de 160cm em M2T (figura 68).

Os altos valores de umidade relativa do ar se distribuíram uniformemente nos pontos de medição.

Observa-se que os valores de umidade relativa do ar não foram somente crescentes em relação ao momento anterior a troca da cama dos animais oscilando ao longo dos intervalos de medições (figura 69).

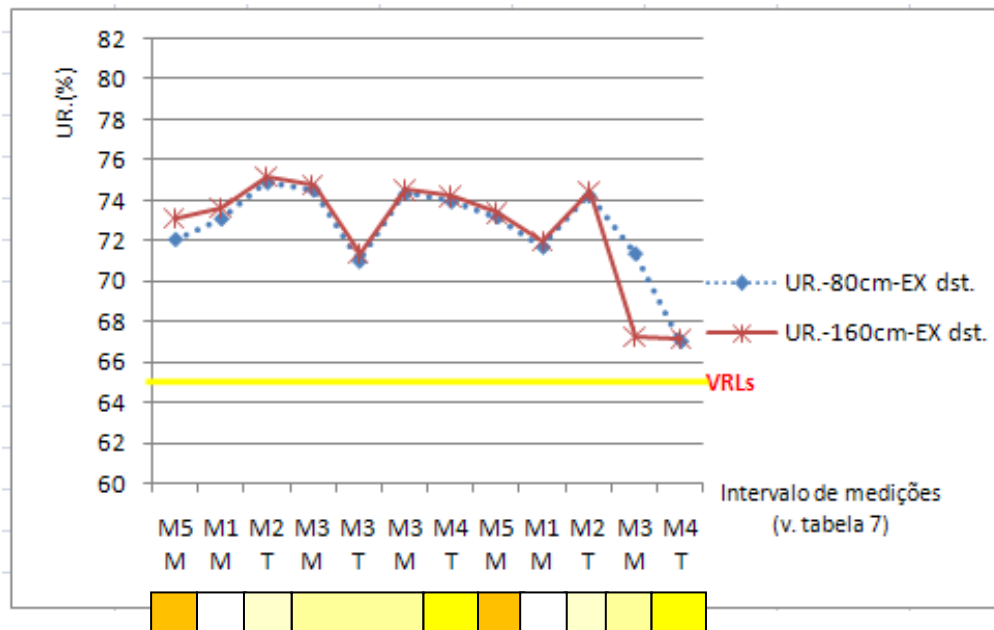


Figura 69- Umidade relativa do ar na sala BP09d.

#### 4.3.5.5. Velocidade do ar

Tanto do lado esquerdo da sala 09 (BP09e) quanto do lado direito (BP09d), o valor máximo registrado de velocidade do ar foi 0,3m/s, medido junto às extremidades do ar condicionado.

Nas extremidades do exaustor desativado o valor máximo foi de 0,1m/s, indicativo de possível fluxo de ar cruzado, movimentando-se entre as frestas da porta e abertura na parede onde esse equipamento está instalado. Em relação às frestas na junção da folha da porta com o marco, os valores medidos não superaram 0,1m/s, indicando movimentação cruzada de ar entre as aberturas nas fachadas da sala e suas portas voltadas a circulação interna.

#### 4.3.6. Análise do recinto BP10

##### 4.3.6.1. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

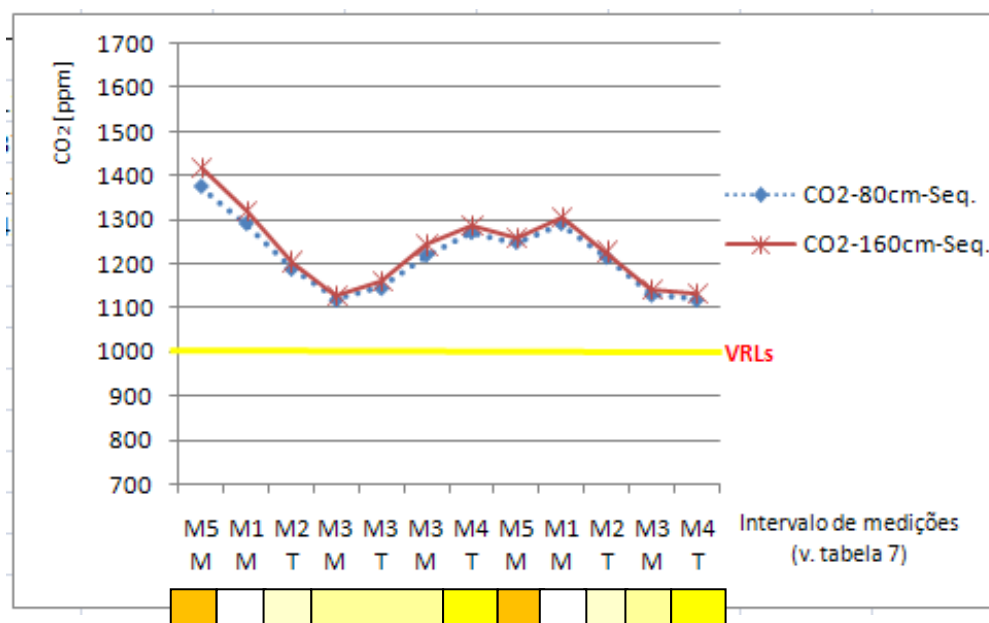
Nas duas alturas de medições de CO<sub>2</sub> (80 cm e 160cm) constatou-se que em 100% das medições os valores registrados ultrapassaram o valor de

referência limite superior do CO<sub>2</sub> – VRLs – que é de 1000ppm indicando uma deficiência de ventilação . Comparando as duas alturas de medições de CO<sub>2</sub>, estas foram maiores na altura de 160 cm em 1,4% (quadro 19).

**Quadro 19- Resumo dos resultados de CO<sub>2</sub> na sala BP10.**

| Exaustor <i>DESATIVADO</i>   |             |              |  |
|--|-------------|--------------|--|
| 80cm   | 160cm       | (80cm+160cm) | Comparação entre as alturas de medição |
| 100%M> VRLs  | 100%M> VRLs | 100%M> VRLs  | VM >em 1,4% na altura de 160cm         |
| Legenda:   |             |              |  |
| M- das medições  |             | > VRLs       | < VRLs                                 |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 100ppm (CO <sub>2</sub> ) |             |              |  |
| VM- Valores médios   |             |              |  |

O valor médio mínimo [Vm] 1118,70ppm foi registrado na altura de 80cm e 1127,80ppm na altura de 160cm em M2T, e os valores médios máximos [VM] foram de 1375,50ppm na altura de 80 cm e 1418ppm na altura de 160cm em M5M (figura 70).



**Figura 70- Concentrações de CO<sub>2</sub> na sala BP10.**

A hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais também não se confirma em todos os momentos, havendo oscilações de concentração ao longo das medições conforme pode se observar no gráfico acima (figura 70).

#### 4.3.6.2. Amônia (NH<sub>3</sub>)

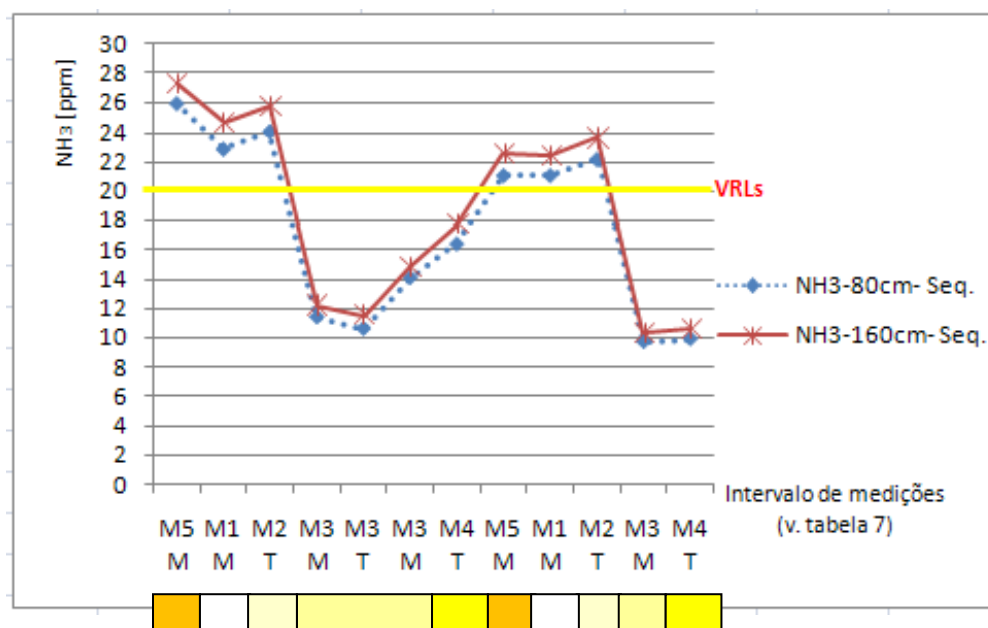
Quanto à NH<sub>3</sub>, na altura de 80 cm das medições constatou-se que em 42,50% os valores de concentração registrados ultrapassaram o valor de referência limite superior – VRL<sub>s</sub> - de NH<sub>3</sub> de 20ppm, enquanto na altura de 160cm, em 52,50% das medições os valores registrados ultrapassaram o VRL<sub>s</sub>. Já nas duas alturas de medições (80cm e 160cm), obteve-se um total de 47,50% das medições que ultrapassaram o VRL<sub>s</sub> (quadro 19).

Comparando as duas alturas de medições de NH<sub>3</sub>, os valores registrados foram maiores em 6,9% na altura de 160cm (quadro 20).

**Quadro 20- Resumo dos resultados de NH<sub>3</sub> na sala BP10.**

| Exaustor <i>DESATIVADO</i>  |               |               |  |
|---|---------------|---------------|--|
| 80cm  | 160cm         | (80cm+160cm)  | Comparação entre as alturas de medição |
| 42,50%M> VRLs   | 52,50%M> VRLs | 47,50%M> VRLs | VM >em 6,9% na altura de 160cm         |
| Legenda:  |               |               |  |
| M- das medições   |               |               | > VRLs < VRLs                          |
| VRLs - Valor de referência limite superior = 20ppm (NH <sub>3</sub> ) |               |               |  |
| VM- Valores médios  |               |               |  |

O valor médio mínimo [Vm] 9,70ppm foi registrado na altura de 80cm e 10,30ppm na altura de 160cm em M2T, e os valores médios máximos [VM] foram de 25,90ppm na altura de 80 cm e 27,30ppm na altura de 160cm em M5M (figura 71).



**Figura 71- Concentrações de NH<sub>3</sub> na sala BP10.**

A hipótese de que a concentração de gases aumenta conforme a proximidade ao momento anterior a troca da cama dos animais também não se confirma em todos os momentos, havendo grandes oscilações de concentração ao longo das medições conforme pode se observar no gráfico acima (figura 71).

#### 4.3.6.3. Temperatura do ar

Quanto à temperatura do ar, em nenhuma das duas alturas de medições (80cm e 160cm) foram registrados valores maiores que o valor de referência limite superior de temperatura –  $VRL_s$  ( $26^{\circ}\text{C}$ ) –, nem menores que o valor de referência limite inferior –  $VRL_i$  ( $18^{\circ}\text{C}$ ) –. Comparadas as duas alturas de medições de temperatura do ar, os valores médios foram maiores em 0,7% na altura de 160cm.

Os valores médios mínimos [Vm] foram de  $22,89^{\circ}\text{C}$  na altura de 80cm e  $23,09^{\circ}\text{C}$  na altura de 160cm. Os valores máximos [VM] foram de  $24,02^{\circ}\text{C}$  a 80cm e  $24,22^{\circ}\text{C}$  a 160cm (figura 72).

Os valores de temperatura do ar se distribuíram uniformemente nos pontos com variações.

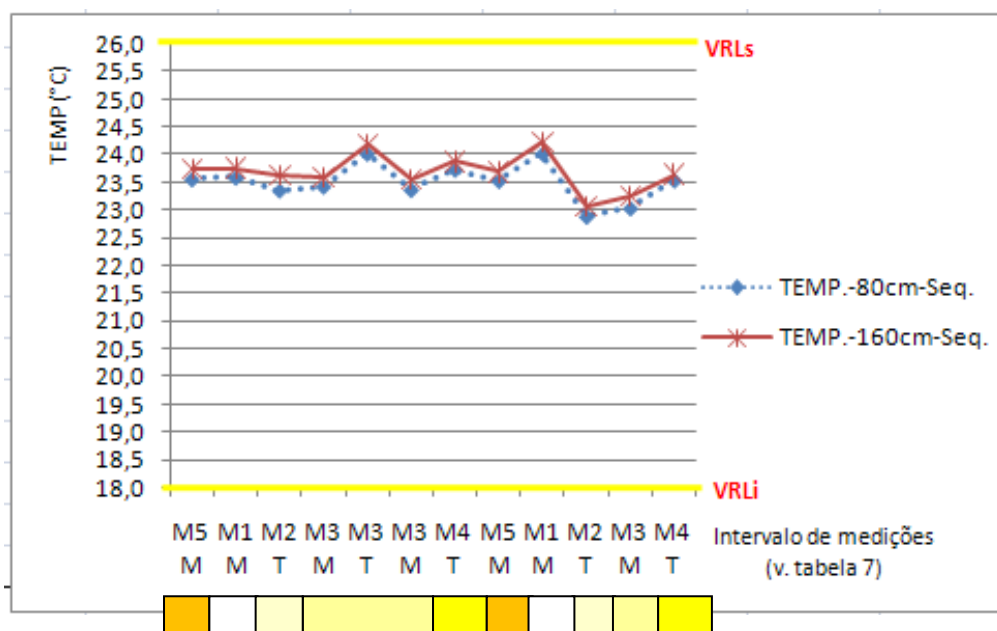


Figura 72- Temperatura do ar na sala BP10.

#### 4.3.6.4. Umidade relativa do ar

Quanto à umidade relativa do ar, nas duas alturas de medições (80cm e 160cm) constatou-se que 100% dos valores ultrapassaram o valor de referência limite superior –  $VRL_s$  (65%). Comparadas as duas alturas de medições de umidade relativa do ar, os valores médios foram maiores em 0,4% das medições na altura de 160cm.

O valor mínimo medido nas duas alturas de medições [Vm] foi 70,26% na altura de 80cm e 70,59% na altura de 160cm em M4T, enquanto o valor máximo [VM] foi de 78,48% na altura de 80cm e 78,66% na altura de 160cm em M5M (figura 73).

Os altos valores de umidade se distribuíram uniformemente nos pontos de medição.

Observa-se que os valores de umidade relativa do ar não foram somente crescentes em relação ao momento anterior a troca da cama dos animais oscilando ao longo dos intervalos de medições (figura 73).

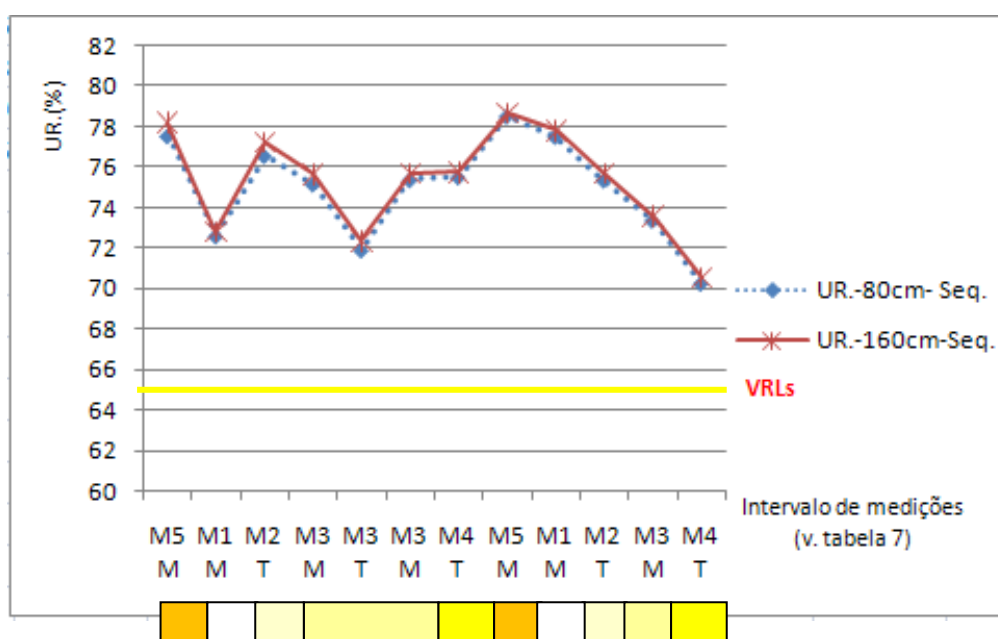


Figura 73- Umidade relativa do ar na sala BP10.

#### 4.3.6.5. Velocidade do ar

O valor máximo registrado de velocidade do ar foi 0,2m/s, medido junto às extremidades do ar condicionado.

Nas extremidades do exaustor desativado o valor máximo foi de 0,2m/s, indicativo de possível fluxo de ar cruzado, movimentando-se entre as frestas da porta e abertura na parede onde esse equipamento está instalado. Em relação às frestas na junção da folha da porta com o marco, os valores medidos não superaram 0,1m/s, indicando movimentação cruzada de ar entre as aberturas nas fachadas da sala e suas portas voltadas a circulação interna.

#### 4.3.7. Resumo dos resultados

O quadro 21 sintetiza os principais resultados das medições.

**Quadro 21- Síntese dos resultados de todas as salas.**

| VARIÁVEIS                                     | GRUPO 1 |       |       | GRUPO 2 |       |       |        |
|---|---------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|
|   | BP08    | BE01  | BE02  | BP07    | BP09e | BP09d | BP10   |
| CO <sub>2</sub>                               | ☹️      | 😊     | 😊     | 😊       | ☹️    | 😊     | ☹️     |
| NH <sub>3</sub>                               | 😊       | 😊     | 😊     | 😊       | 😊     | 😊     | 😊      |
| TEMP. DO AR                                   | 😊       | 😊     | 😊     | 😊       | 😊     | 😊     | 😊      |
| UR. DO AR                                     | ☹️      | ☹️    | ☹️    | ☹️      | ☹️    | ☹️    | ☹️     |
| animais/m <sup>2</sup>                        | 23,85   | 32,09 | 26,75 | 47,55   | 44,56 | 44,56 | 26,9   |
| Tipo de alojamento                            | C       | C     | C     | R       | C     | R e C | R e EV |
| Área das salas(m <sup>2</sup> )               | 16,1    | 16,2  | 14,95 | 18,7    | 11,22 | 11,22 | 11,15  |
| Volume (m <sup>3</sup> )                      | 48,3    | 43,74 | 40,36 | 56,1    | 33,66 | 33,66 | 33,45  |
| Legenda                                       |         |       |       |         |       |       |        |
| ☹️ Acima do limite máximo admitido            |         |       |       |         |       |       |        |
| 😊 Variável                                    |         |       |       |         |       |       |        |
| 😊 Dentro do limite máximo admitido            |         |       |       |         |       |       |        |
| C: Estantes convencionais com gaiolas abertas |         |       |       |         |       |       |        |
| R: Sistema Rack com microisoladores           |         |       |       |         |       |       |        |
| EV: Estante Ventilada                         |         |       |       |         |       |       |        |

**CO<sub>2</sub>** - as salas cujas concentrações ultrapassaram o limite máximo admitido (salas BP08, BP09d e BP10) não foram necessariamente as salas que possuíam a maior número da animais/m<sup>2</sup> e nem com o maior volume , mas todas possuem estantes convencionais com gaiolas abertas que não impedem a dispersão dos gases. As demais tiveram valores de concentrações oscilando abaixo e acima do limite admitido.

**NH<sub>3</sub>** - na maioria das salas as concentrações não ultrapassaram o limite máximo admitido, somente as salas BP08 e BP10 tiveram os valores de

concentrações variáveis. E estas, assim como para concentração de CO<sub>2</sub> não foram necessariamente as salas que possuíam a maior número de animais/m<sup>2</sup> e nem com o maior volume, mas todas possuem estantes convencionais com gaiolas abertas que não impedem a dispersão dos gases.

**Temperatura do ar** - em todas as salas, independentemente de todas as variáveis, foram registrados valores dentro do limite máximo admitido.

**Umidade relativa do ar** - em todas as salas, independentemente, de todas as variáveis, foram registrados valores acima do limite máximo admitido.

## 5. CONCLUSÕES

Conclui-se que essas variáveis não podem ser consideradas separadamente na análise e conseqüentemente na concepção de espaços do tipo biotério.

A hipótese de que a concentração de poluentes aumenta à medida que se aproxima do momento anterior à troca dos animais se confirmou apenas na sala BP02. Nas demais salas, as concentrações oscilaram ao longo das medições. Supõe-se que essas oscilações ocorreram devido a abertura das portas (que não era controlada), principalmente no momento anterior à troca das camas dos animais e durante a troca devido ao odor que se intensificava nesse período. Apesar de a abertura das portas diminuir a concentração dos gases, deve-se considerar que este não é o procedimento adequado, devido à contaminação que os poluentes podem gerar nos ambientes adjacentes.

Segundo os valores registrados de velocidade do ar e a área das frestas, a renovação de ar nas salas é mínima e feita somente pelas frestas das portas e dos equipamentos de condicionamento de ar. Sendo assim, conclui-se que o sistema de condicionamento de ar do tipo *split* é inadequado para ambientes de permanência dos animais, uma vez que esse equipamento apenas faz o controle de temperatura e nesses ambientes é necessária uma taxa de renovação de 15 a 20 trocas de ar por hora.

Como as concentrações de gases foram maiores na altura de medição de 160cm (plano de trabalho de técnicos e funcionários) tanto com o exaustor ligado quanto com o exaustor desligado no biotério de produção (exaustor na parte inferior da parede) e quando o exaustor estava desligado no biotério de experimentação (exaustor na parte superior da parede), as medições confirmaram a diferença de concentrações de gases em diferentes alturas.

Nas salas do biotério de experimentação, mesmo com estantes convencionais e gaiolas abertas, foram registrados valores de concentrações de gases menores que o valor limite máximo admitido. O posicionamento do exaustor na parte superior, quando ligado, contribui para a diminuição da concentração na altura de medição de 160cm. Já nas salas do biotério de produção, onde foram registrados os maiores valores de concentração de gases, o posicionamento do exaustor na parte inferior, mesmo quando ligado, não foi suficiente para que os valores fossem menores que o limite de referência máximo admitido. Ou seja, é indispensável aprofundar a análise das condições arquitetônicas e construtivas dos ambientes de permanência de animais em biotérios, em função da necessidade de garantia, preservação e controle da qualidade do ar nesses locais, principalmente dos equipamentos para esse fim.

E visto que as concentrações aumentam à medida que a altura aumenta, sugere-se que esses ambientes possuam um pé direito maior, para que as maiores concentrações ultrapassem a altura do plano de trabalho de técnicos e funcionários. Porém deve se considerar os animais, uma vez que as gaiolas estão dispostas a partir de 20cm de altura.

As concentrações dos gases dependem principalmente da variável tipo de alojamento, mesmo que os sistemas fechados de alojamento (tipo *rack* e estantes ventiladas) não impeçam totalmente a dispersão dos poluentes no macroambiente, mas diminuem consideravelmente a concentração destes.

Apenas o funcionamento dos equipamentos de condicionamento do ar não é suficiente para diminuir as concentrações de poluentes. Estes devem estar funcionando corretamente e receberem manutenção adequada.

## **5.1. Contribuições da pesquisa**

O tema qualidade do ar interno tem se tornado cada vez mais relevante em todas as tipologias de edificações visto que, atualmente, há uma estimativa de que grande parte das pessoas, principalmente em ambientes urbanos, passa entre 80 e 90% do seu tempo sujeitas a um ambiente artificial que é modificado, na maioria das vezes, de maneira negativa pelo espaço fechado do edifício.

Em biotérios a qualidade do ar interior pode interferir na saúde das espécies e conseqüentemente em resultados de experimentos de pesquisa, portanto é de grande importância a avaliação dos aspectos construtivos e arquitetônicos relacionados a qualidade do ar interior uma vez que representa um importante instrumento na identificação de fatores de risco desses ambientes como a contaminação da qualidade do ar interior que pode interferir tanto na qualidade das atividades realizadas como na saúde dos usuários.

Entretanto, no Brasil, são poucos os registros de pesquisas relacionadas a qualidade do ar interior e existe, portanto, uma carência no desenvolvimento dessa área. Particularmente quanto à influência dos fatores arquitetônicos e construtivos na qualidade do ar interior, mostram-se necessárias mais pesquisas nessa área, a fim de detectar os tipos de problemas relacionados à qualidade do ar interno e o que fazer para, se não extingui-los, pelo menos minimizá-los.

Visto que ambientes laboratoriais, como biotérios, são considerados como áreas críticas em relação à qualidade do ar interior por possuírem inúmeras variáveis que podem indicar a relação causa e efeito entre condições ambientais e os vários tipos de agressão a saúde dos usuários, além desse tipo de agressão poder influenciar em resultados de pesquisas, esses são espaços que exigem uma grande atenção por parte de pesquisadores, técnicos de laboratórios, arquitetos e engenheiros.

## **5.2. Indicações para trabalhos futuros**

Investigar a disposição das gaiolas nos ambientes em relação ao sistema de condicionamento ambiental e as diferentes concentrações de gases em relação ao posicionamento dos alojamentos dos animais que podem interferir nos resultados de um mesmo experimento de acordo com a posição das gaiolas dos animais utilizados. A estratificação de mais alturas de medições pode ser investigada em trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. Bioterismo: evolução e importância. In: ANDRADE, A.; PINTO, S.C.; OLIVEIRA, S.O. **Animais de laboratório: criação e experimentação**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2006. p. 19 – 22.

BAILARDI, C.E.G. **Avaliação de padrões morfológicos e funcionais do epitélio respiratório superior de ratos ( *Rattus norvegicus* ) mantidos em diferentes sistemas de ventilação**. 2003. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BINATTI, V.; FELICIANO, L.F.P.; CORDEIRO, F. **Biossegurança em biotérios**, Rio de Janeiro: UERJ, 2006, 30 p. Grupo de trabalho em biossegurança biotério e zoonoses. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/biosseguranca-em-bioteriospdf-pdf-a6175.html>>. Acesso em: 10/02/2011.

BRASIL. **Resolução RE nº 9, de 16 jan. 2003**. Brasília: Diário Oficial da União, 20 jan.2003.

BRASIL. **Portaria 3.523, de 28 ago. 1998**. Brasília: Diário Oficial da União, 31.ago. 1998.

CAMPOS, J.A. **Qualidade do ar, ambiente térmico e desempenho animal em dois tipos de suinoculturas**. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <[http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde\\_arquivos/13/TDE-2006-1227T145403Z-214/Publico/texto%20completo.pdf](http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/13/TDE-2006-1227T145403Z-214/Publico/texto%20completo.pdf)>. Acesso em: 15/02/2011.

CARDOSO, T.A.O. Considerações sobre a biossegurança em arquitetura de biotérios. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, **Bol. Centr. Panam. Febre Aftosa**, p. 64-67, 1998-2001. Disponível em: <<http://www.paho.org/spanish/ad/dpc/vp/boletin-aft-67-67a.pdf>>. Acesso em: 13/02/2011.

CARMO, A.T.; PRADO, R.T.A. **Qualidade do Ar Interno**. Série Texto Técnico, TT/PCC/23. São Paulo: EPUSP, 35 p., 1999.

CCAC. **Guidelines on: laboratory animal facilities – characteristics, design and development**. Ottawa: CCAC, 2003.

COSTA, J.M.S. **Qualidade do ar interior e conforto térmico: um estudo em espaços de estacionamentos em Natal/RN com tipologias arquitetônicas diferenciadas.** 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <[http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=659](http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=659)>. Acesso em: 15/04/2011.

COUTO, S.E.R. Instalações e barreiras sanitárias. In: ANDRADE, A.; PINTO, S.C.; OLIVEIRA, S.O. **Animais de laboratório: criação e experimentação.** Rio de Janeiro: Fiocruz, 2006. p. 33 – 42.

GAUER, M.A.; SZYMANSKI, M.S.E.; PIAN, L.B.; SCHIRMER, W.N. Poluição do ar em ambientes internos. In: SEMANA DE ESTUDOS DA ENGENHARIA AMBIENTAL, 6., 2008, São Paulo. **Tópico temático...** Irati-SP: UNICENTRO, 2008. 12 p. Disponível em: <[http://www.unicentro.br/graduacao/DEAMB/semana\\_estudos/pdf\\_08/A%20POLUI%C7%C3O%20O%20AR%20EM%20AMBIENTES%20INTERNOS.pdf](http://www.unicentro.br/graduacao/DEAMB/semana_estudos/pdf_08/A%20POLUI%C7%C3O%20O%20AR%20EM%20AMBIENTES%20INTERNOS.pdf)>. Acesso em: 17/03/2011.

GIODA, A.; NETO, F. R. A. Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil. **Química Nova**, vol.26, n. 3, p. 356-365, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422003000300013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000300013)>. Acesso em: 19/01/2011.

KRÜGER, M. J. T. Programação arquitetônica de biotérios / Mário Júlio T. Krüger, Érico P. S. Weidle; colaborador: Frederico Flósculo P. Barreto. Brasília: KRUGER, 1986. p.225: il.

LAPA, R.C.C.; PESSOA, P.C.T.R.; MULLER, C.T.A. Avaliação de risco no processo de projeto de biotérios: estratégia de qualidade e de contenção em biossegurança. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO ,2, 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. p. 618-627.

LAINETTI, E.B.F. **Análise crítica para adequação física e implantação de novos procedimentos na divisão de animais de laboratório do IPEN.**

2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de tecnologia nuclear). Instituto de Pesquisa Tecnológicas e Nucleares.

LIMAS, M.M. *et al.* Análise da qualidade do ar no biotério Central da UFSC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Rio de Janeiro, **Anais...** Santa Catarina: ABES, 2007, p. 1-8. Disponível em: <[www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/VII-006.pdf](http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/VII-006.pdf)>. Acesso em: 06/03/2011.

LU, T. *et al.* A novel methodology for estimating space air change rates and occupant CO<sub>2</sub> generation rates from measurements in mechanically-ventilated buildings. In: **Building and Environment**. Oxford: Elsevier, 2010. v. 45 pp.1161– 1172.

MAJEROWICS J. **Procedimentos de biossegurança para as novas instalações do laboratório de experimentação animal (Laean) de Bio-Manguinhos**. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, 2005. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Imunobiológicos.

MAJEROWICS J. Considerações básicas em bioterismo. In: MOLINARO.E.M.; A.; MAJEROWICS J.; VALLE, S. **Biossegurança em biotérios**. Rio de Janeiro: Interteciência, 2008. p. 1-18.

POLITI, F.A.S; PIETRO, R.C.L.R.; SALGADO, H.R.N. Caracterização de biotérios, legislação e padrões de segurança. **Revista de ciências farmacêuticas básica e aplicadas**. Vol. 29, p.17-28, São Paulo: 2008. Disponível em: <[www.fcfar.unesp.br/revista\\_pdfs/vol29n1/trab2.pdf](http://www.fcfar.unesp.br/revista_pdfs/vol29n1/trab2.pdf)>. Acesso em: 02/03/2011.

RIVERA, E. A.B., Ética na experimentação animal. In: ANDRADE, A.; PINTO, S.C.; OLIVEIRA, S.O. **Animais de laboratório: criação e experimentação**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2006. p. 25-28.

SILVA, M.L.P.C; ESPÍRITO-SANTO, N.B. Bioterismo – Ciência e Biotecnologia. **Revista Interdisciplinar de Estudos Experimentais**, Juiz de Fora, v. 1, n. 3, p. 131-139, 2009.

SOUZA, M.A.; RANIERE, L. Qualidade do ar interior do edifício e o projeto de arquitetura. In: ENCAC, 3., 1995, Gramado, **Anais...** Gramado: p. 389-394.

STERLING, T.D; COLLETT, C.; RUMEL, D. A epidemiologia dos edifícios doentes. **Saúde Pública**, nº 25, p. 56-63, São Paulo, 1991. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v25n1/12.pdf>>. Acesso em: 11/02/2011.