

Influência da temperatura e do fluxo de ar sobre o consumo de ração e ganho de peso em ratos Wistar (*Rattus norvegicus*) mantidos em sistema microambiental

Alexandre MARTINEWSKI¹
Nívea Lopes de SOUZA¹
José Luiz Bernardino
MERUSSE¹

1 - Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP

Correspondência para:

Alexandre Martinewski, Av. Prof. Orlando Marques de Paiva, nº 87, 05508-000, Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brasil, tel (11) 3091-1408, Fax (11) 3091-7829, wski@usp.br

Recebido para publicação: 15/02/2007
Aprovado para publicação: 30/10/2008

Resumo

Ratos wistar foram mantidos individualmente, em gaiolas metabólicas de arame, sem abrigo, em sistema microambiental, sob fluxo direto de ar a 0,6 m/s, nas temperaturas de 22°, 24°, 26°, 28° e 30° C. O consumo de ração e o ganho de peso foram comparados do final de 5 dias (ANOVA; Tukey-Kramer). No total, sete grupos de 10 animais cada foram comparados. Para a faixa de 22°C foram utilizados três grupos, sendo um grupo experimental e dois grupos controles. Um deles foi mantido em condições ambientais semelhantes a biotérios convencionais sob ventilação geral diluidora (VGD) – C1. O outro grupo controle (C2) foi mantido no interior do equipamento de ventilação microambiental, porém, sem o direcionamento de ar, simulando a VGD. Os resultados obtidos demonstram claramente que animais mantidos sob ventilação microambiental direta a 26°, 28° e 30°C apresentam o mesmo ganho de massa corpórea que animais do grupo C1. Os grupos de animais mantidos a 22° e 24°C, apresentaram menor ganho de massa corpórea quando comparados a C1 ($p < 0,001$ e $p < 0,01$ respectivamente). O ganho de peso de todos os grupos experimentais, quando comparado ao C2, apresenta diferenças estatísticas, exceto o mantido a 30°C que apresentou índice de ganho de peso equivalente a C2. O consumo de ração de todos os grupos se manteve constante. Somente o grupo E5 apresentou uma redução no consumo de ração quando comparado aos grupos C1 e C2 ($p < 0,05$ para as duas comparações).

Palavras-chave:

Animais de laboratório.
Ratos.
Ganho de peso.
Microambiente.

Introdução

Os avanços obtidos no campo do controle atmosférico de biotérios permitiram que fossem claramente definidos o microambiente (interior das caixas de animais) e o macroambiente (a sala onde são mantidas as caixas de animais).

A partir da década de 70, surgem relatos de sistemas os quais efetuavam a ventilação diretamente no interior das caixas de animais.^{1,2,3} Tais sistemas, embora diferentes em sua concepção de projeto, possuem características que permitem classificá-los sob a definição de Ventilação Microambiental (VMA). Isto permite dois

tipos específicos de controle atmosférico: i) o controle atmosférico microambiental no qual, se efetuam renovações completas de ar por hora somente no ambiente onde se encontram os animais e ii) o controle atmosférico macroambiental, voltado principalmente para o conforto humano. Dessa forma, o volume de ar a ser beneficiado com condicionamento e renovações completas (microambiente) fica drasticamente reduzido. Esta redução permite que equipamentos de menor porte, quando comparados com o sistema convencional, sejam empregados. Obviamente, o ar do macroambiente também deverá ser tratado, porém, o

beneficiamento para conforto humano não prevê renovações completas de ar por hora, apenas um pequeno aporte de ar externo para controlar os níveis de O₂ e CO₂ do ambiente.

Em países tropicais, de elevadas médias de temperaturas, a simples movimentação do ar facilita a retirada do calor sensível e latente dos animais, pela convecção forçada, o que propicia sensação de conforto tanto animal quanto humano.^{4,5}

Segundo Macintyre⁴, a sensação de resfriamento do homem a uma velocidade do ar de 6,5 m/s é de, aproximadamente, 8°C. Há, porém, limites para a indução de conforto pela simples ventilação. Umidades e temperaturas muito elevadas são fatores negativos para a criação animal. Os mecanismos de facilitação das trocas térmicas nos sistemas VMA, à temperatura ambiente, permitiriam, teoricamente, que fossem aumentadas as faixas de temperatura preconizadas para biotérios conforme literatura internacional.⁶ Este aumento de faixa permitiria a adoção de equipamentos de menor porte e, portanto, de menor custo de implantação.

Os procedimentos acima mencionados podem contribuir para a redução dos custos de um biotério, permitindo inclusive a adoção de equipamentos condicionadores de ar do tipo doméstico de janela para o macroambiente. Quanto ao microambiente, o processo de refrigeração foi realizado concomitantemente com um sistema VMA o que permitiu o aproveitamento do fenômeno de convecção forçada de ar sobre os animais. Este fenômeno convectivo é mais eficiente que a convecção natural, e ocorre somente quando existe a indução de um vetor de velocidade de ar sobre um corpo aquecido.⁷ Este fenômeno permitiu trabalhar, experimentalmente, com temperaturas de conforto para os animais acima daquelas citadas na literatura para biotérios, diminuindo, desta forma, as exigências frigorígenas do equipamento. O condicionador de ar para o microambiente deverá, desta forma, apenas remover a carga térmica gerada pelos animais.

Com a passagem de ar diretamente pelos animais, em virtude do aumento da sensação de frio, causado pela convecção forçada, os animais apresentam variações nos índices referentes ao ganho de peso e consumo de ração, devido a mudanças no nível metabólico animal para garantir a sua homeostasia. Desta forma, torna-se necessária, portanto, uma avaliação termohigrométrica, do ambiente onde estão alojados os animais, para se avaliar qual temperatura do ar de insuflação é ideal para a manutenção destes animais sob ventilação direta. Para tanto é necessária a manutenção de animais sob condições termohigrométricas rigorosas com temperaturas distintas e constantes e a comparação do ganho de peso e consumo de ração destes animais.

Material e Método

Foram utilizados 70 ratos Wistar (*Rattus norvegicus*), padrão sanitário convencional controlado, machos com 45 dias de idade, provenientes do biotério do Departamento de Patologia - FMVZ/USP. Os animais foram distribuídos em sete grupos sendo dois grupos controle e cinco experimentais. Os grupos experimentais E1, E2, E3, E4 e E5 foram mantidos, sob temperaturas de 22°, 24°, 26°, 28° e 30°C, respectivamente, com variação máxima de $\pm 0.1^\circ\text{C}$. Os dois grupos controle, C1 e C2, foram mantidos a 22°C sendo que C1 foi mantido sob condições ambientais semelhantes a biotérios convencionais sob ventilação geral diluidora (VGD 22 $\pm 2^\circ\text{C}$) e C2 foi mantido no interior do equipamento de ventilação microambiental sem o direcionamento de ar, simulando a VGD a $22 \pm 0.1^\circ\text{C}$.

Tendo em vista o fato de que nenhuma inoculação experimental foi realizada e que os animais não foram submetidos a qualquer situação estressante, os mesmos puderam ser fornecidos a outros pesquisadores posteriormente.

Foi utilizada ração comercial, para ratos e camundongos, marca NUVITAL[®].

No sentido de minimizar eventuais influências de diferentes formulações, foi fornecida para os grupos somente ração proveniente do mesmo lote. Os animais de ambos os grupos, experimental e controle, receberam água *ad libitum*.

Os resultados obtidos foram analisados comparando-se as médias obtidas dos grupos controles e experimentais. O Teste ANOVA – Tukey-Kramer foi utilizado para verificar as diferenças entre o consumo de ração e o ganho de peso dos diferentes grupos.

O sistema de condicionamento de ar utilizado foi gerenciado eletronicamente via controlador eletrônico digital microprocessado (COEL[®]), o qual modulava a corrente elétrica de alimentação através de contadores (Telemecanique[®]), o que permitiu variação máxima de ± 0.1 °C da temperatura experimental. As gaiolas metabólicas foram mantidas no interior de uma caixa de isolamento térmico (CIT) em madeira (W/m °C @ 0,17), com capacidade para 5 gaiolas metabólicas (Marca Beiramar – Modelo MA 121[®]) com direcionamento direto do ar sobre as gaiolas dos animais. Esta passagem de ar forçada sobre os animais, provoca uma troca de calor mais intensa entre o animal e o ambiente.

Em cada gaiola metabólica foi alojado um animal. Estas gaiolas permitem controlar a quantidade de ração e água consumidas e coletar, separadamente, as fezes e a urina provenientes do metabolismo animal.

Para cada temperatura foram separados 2 lotes, de 5 animais cada, mantidos na CIT por 5 dias. Ao final do 10º dia, a temperatura era modificada para a próxima temperatura experimental.

O grupo C1 foi mantido em sala com condicionamento de ar semelhante ao empregado em biotério. A temperatura deste grupo foi mantida a 22 ± 2 °C, como prevista em literatura⁸.

O grupo C2 foi mantido no interior da CIT a 22 ± 0.1 °C mas sem o direcionamento de ar sob as gaiolas, mantendo as trocas de calor semelhantes as encontradas em biotérios convencionais.

A gaiola empregada foi do tipo metabólica, sob ventilação microambiental, no sentido de permitir um controle exato da quantidade de alimento ingerido pelo animal bem como registrar os seus excretas.

Resultados

A tabela 1 mostra os dados relativos

Tabela 1 – Consumo de ração (em gramas) por animal durante cinco dias, mantidos sob sete diferentes condições termo-higrométricas, São Paulo – 2006

Animal	Grupos						
	C1	C2	E1	E2	E3	E4	E5
1	87,8	91,1	96,4	89,7	92,2	93,8	87,4
2	94,8	83,1	85,4	98,4	84,4	84,6	84,1
3	92,5	84,1	85,4	87,3	78,7	93,5	84,1
4	83,6	90,7	84	95,3	82	95,4	85,1
5	91,5	84,3	97	89	92,6	85,5	78,5
6	90,4	90,6	96,2	90,3	81,1	93,5	73,3
7	83,3	94,4	89,9	89,3	88,2	83,6	88,4
8	92,7	95,7	94,8	90	74,8	77,3	73,4
9	83,6	80,1	84,4	99,8	81,4	78,4	79,9
10	95,2	96,5	101,2	88,8	74,7	85,2	77,9
Média	89,54 ⁽¹⁾	89,06 ⁽²⁾	91,47 ⁽³⁾	91,79 ⁽⁴⁾	83,01	87,08	81,21
Desvio-padrão	4,66	5,78	6,37	4,38	6,39	6,60	5,43

(1) – Diferença estatisticamente significativa com o E5 ($p < 0,05$)

(2) – Diferença estatisticamente significativa com o E5 ($p < 0,05$)

(3) – Diferença estatisticamente significativa com o E3 ($p < 0,05$) e com o E5 ($p < 0,01$)

(4) – Diferença estatisticamente significativa com o E3 ($p < 0,05$) e com o E5 ($p < 0,01$)

ao consumo de ração, em gramas, pelos ratos no decorrer de cinco dias em sete diferentes condições de ventilação e temperatura. Foram notadas diferenças estatisticamente significantes no consumo de ração entre os grupos, o grupo C1 ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) e C2 ($22 \pm 0,1^\circ\text{C}$) consumiram mais ração que o grupo E5 ($30 \pm 0,1^\circ\text{C}$). O Grupo E1 ($22 \pm 0,1^\circ\text{C}$) consumiu mais ração que E3 ($26 \pm 0,1^\circ\text{C}$) e E5 ($30 \pm 0,1^\circ\text{C}$) e o grupo E2 mais ração que o E3 e E5.

A tabela 2 mostra o ganho de peso, em gramas, dos ratos mantidos em sete diferentes condições de ventilação e temperatura, no decorrer de cinco dias. Quando os grupos foram comparados estatisticamente o ganho de peso do grupo C1 ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) foi maior dos grupos E1 ($22 \pm 0,1^\circ\text{C}$) e E2 ($24 \pm 0,1^\circ\text{C}$). O grupo C2 ganhou mais peso que os grupos E1, E2, E3 ($26 \pm 0,1^\circ\text{C}$) e E4 ($28 \pm 0,1^\circ\text{C}$). O grupo E1 teve um aumento de peso menor que E3, E4 e E5 ($30 \pm 0,1^\circ\text{C}$). O grupo E2 ganhou menos peso que E4 e E5 e o grupo E3 menos que E5.

Discussão

Pode-se deduzir que com o aumento da temperatura, os animais tendem a consumir menos ração devido ao menor consumo calórico para a manutenção do seu metabolismo.

Tendo em vista que o grupo controle foi mantido sob condições convencionais de condicionamento térmico, compreendido como o ambiente do laboratório, no qual o experimento foi conduzido, $22 \pm 2^\circ\text{C}$, foi necessária a repetição das condições do grupo controle, agora, porém, no interior da CIT, sem direcionamento de ar sobre os animais, simulado-se uma condição de ventilação geral diluidora, na qual poderíamos obter um ambiente com temperatura de $22 \pm 0,1^\circ\text{C}$.

Estes dados mostram que quanto maior a temperatura do fluxo de ar, direcionado para os animais, maior o ganho de peso dos grupos. Este aumento do ganho de peso tende a se igualar aos grupos controle na faixa de 28 a 30°C .

Ficou evidente uma relação linear direta entre o ganho de peso e o aumento

Tabela 2 – Ganho de peso (em gramas) por animal durante cinco dias, mantidos sob sete diferentes condições termo-higrométricas, São Paulo – 2006

Animal	Grupos						
	C1	C2	E1	E2	E3	E4	E5
1	22,6	20,4	19,6	17,4	22,4	21,7	21,2
2	22	21	14	17,2	22	20,8	23,5
3	18,6	21,6	16	15,6	21,6	21,4	19,8
4	18,9	20,2	15,1	17,6	20,8	21,5	19,7
5	20,6	22,6	16,8	14,5	19,6	22	22,2
6	20,1	24,6	13,6	15,4	19,3	17,5	24,4
7	20,6	24	13,8	17,2	16,6	19,2	24,4
8	22,2	23,3	16,8	19,6	16,2	18,8	22,2
9	22,2	24,8	14,7	19,4	17	17,2	20,6
10	20,4	23,6	13	17,9	16,3	17,8	21,1
Média	20,82 ⁽¹⁾	22,61 ⁽²⁾	15,34 ⁽³⁾	17,18 ⁽⁴⁾	19,18 ⁽⁵⁾	19,79	21,91
Desvio-padrão	1,41	1,71	2,00	1,65	2,48	1,89	1,74

(1) – Diferença estatisticamente significativa com o E1 ($p < 0,001$) e com E2 ($p < 0,001$)

(2) – Diferença estatisticamente significativa com o E1 ($p < 0,001$), com o E2 ($p < 0,001$), com o E3 ($p < 0,01$) e com o E4 ($p < 0,05$)

(3) – Diferença estatisticamente significativa com o E3 ($p < 0,001$), com o E4 ($p < 0,001$) e com o E5 ($p < 0,001$)

(4) – Diferença estatisticamente significativa com o E4 ($p < 0,05$) e com o E5 ($p < 0,001$)

(5) – Diferença estatisticamente significativa com o E5 ($p < 0,05$)

da temperatura a que os diferentes grupos foram submetidos. Isto indica maior conversão, da ração consumida, para a massa corpórea em temperaturas mais elevadas e maior conversão para energia em temperaturas mais baixas, o que poderia ser explicado pela necessidade da manutenção de homeostasia do animal. Lembramos que em temperaturas mais baixas de ar e aplicando-se a ele uma certa velocidade, a sensação térmica de maior frio se intensifica.

Os fatos comentados até então levam-nos a questionar fortemente a literatura sobre condicionamento de ar para biotérios produzida até o momento. Sob condições de ventilação microambiental, existe uma forte influência do fator “convecção forçada” sobre os animais. Tal fenômeno permite que se obtenha, nestes, sensação térmica de conforto com temperaturas de ar maiores do que as citadas pela literatura mundial para sistemas convencionais. Lembramos que mesmo sem qualquer rebaixamento da temperatura de bulbo seco de determinada massa de ar, somente o deslocamento dessa massa, sobre um organismo (convecção forçada), já é capaz de remover energia térmica, provocando uma sensação de resfriamento que poderá chegar até o desconforto na dependência da velocidade dessa massa de ar, da umidade presente e, obviamente, da temperatura dessa

massa de ar.

Com relação ao conforto humano, esse assunto já foi suficientemente abordado, existindo, inclusive, diversos tipos de cartas de conforto térmico, as quais podem facilmente ser consultadas pelos técnicos para projetos de sistemas de condicionamento de ar para conforto humano. Com relação a animais, em especial os roedores de laboratório, estudos deste tipo merecem ainda muita demanda em trabalhos experimentais que levem em consideração as diferentes espécies, bem como as distintas condições fisiológicas.

Os grupos experimentais mantidos sob diferentes temperaturas mostraram umidade mais baixa nas sobras de ração, quando comparada ao grupo controle. Fato semelhante foi descrito por Carissimi et al.⁹, com relação à maravilha em sistemas microambientais, onde a constante passagem de ar sobre os animais e conseqüentemente sobre maravilha diminui drasticamente o teor de umidade desta, o que poderia contribuir para a menor geração de vapores de amônia.

Agradecimento

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, processo nº 02/09908-0, pelo suporte financeiro.

Influence of temperature and air flow in the food intake and weight gain in Wistar rats (*Rattus norvegicus*) kept on microenvironmental system for laboratory animals.

Abstract

Wistar rats had been kept individually, in metabolic wire cages, without shelter, in microenvironmental system, under direct air flow at 0,6 m/s, under temperatures of 22°, 24°, 26°, 28° and 30° C. The food consumption and the weight gain had been compared in the end of 5 days (ANOVA; Tukey-Kramer). In the total, 7 groups, 10 animals each, had been compared. For the 22°C temperature, had been used 3 groups, one experimental and two controls. One of them was kept in similar ambient of conventional laboratory animal rooms conditions (general diluitory ventilation, GDV) - C1. The other control group (C2) was kept in the interior of the equipment of microenvironmental ventilation, however, without the direct air flow, simulating the GDV. The gotten results demonstrate clearly that animal

Key words:

Laboratory Animals.
Rats.
Weight gain.
Microenvironment.

kept under direct microenvironmental ventilation at 26°, 28° and 30°C have the same gain of corporal mass that C1 group. The groups kept at 22° and 24°C, had less corporal mass gain when compared to C1 ($p < 0,001$ and $p < 0,01$ respectively). The weight gain for all the experimental groups, when compared to C2, presents statistical differences, except 30°C group, that was equal to C2. The food consumption of all the groups was constant. Only the 30°C group presented a reduction in the food consumption when compared with the groups C1 and C2 ($p < 0,05$ for the two comparisons).

Referências

- 1 GAMBLE, M. R.; CLOUGH, G. Ammonia build-up in animal boxes and its effect on rat tracheal epithelium. **Laboratory Animals**, v. 10, n. 2, p. 93-104, 1976.
- 2 GORTON, R. L. System design and energy conservation considerations. **ASHRAE Transactions: symposia**, v. 81, 2nd part, p. 572-578, 1975.
- 3 GORTON, R. L.; WOODS, J. E.; BESCH, E. L. System load characteristics and estimation of annual heat loads for laboratory animal facilities. **ASHRAE Transactions: symposia**, v. 82, 1st part, p. 107-112, 1976.
- 4 MACINTYRE, A. J. **Ventilação industrial e controle da poluição**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1990. p. 1-3, 26-36, 92-104.
- 5 MESQUITA, A. L. S.; GUIMARÃES, F. A.; NEFUSSI, N. **Engenharia de ventilação industrial**. São Paulo: CETESB, 1988. p. 121-188.
- 6 SOCIETY FOR LABORATORY ANIMAL SCIENCE. Committe on training and correct housing of laboratory animals. **On the planning and structure of animal facilities for institutes performing animal experiments**. 2 ed. Basel: Solas, 1989. p. 39-48.
- 7 HOLMAN J. P. **Heat transfer**. New York: MacGraw-Hill Inc., 1981.
- 8 CANADIAN COUNCIL ON ANIMAL CARE. **Guide to the care and use of experimental animals**. Ontario, CCAC, 1984. v.2.
- 9 CARISSIMI, A. S.; CHAGURI, L. C.; TEIXEIRA, M. A.; MORI, C. M. C.; MACCHIONE, M.; SANT'ANNA, E. T. G.; SALDIVA, P. H. N.; SOUZA, N. L.; MERUSSE, J. L. B. Effects of two ventilation systems and bedding change frequency on cage environmental factors in rats (*Rattus norvegicus*). **Animal Technology**, v. 51, n. 3, p. 161-170, 2000.