

# MONITORIZAÇÃO E CONTROLO DO AMBIENTE NUMA SALA DE CABRITOS COM VENTILAÇÃO FORÇADA

## MONITORING AND ENVIRONMENTAL CONTROL IN A GOAT KIDS' ROOM WITH FORCED VENTILATION

Ana Maria Pederneira<sup>1</sup>, Rita Aurea Pascoal<sup>2</sup> e Jorge Ferro Meneses<sup>3</sup>

### RESUMO

Embora os caprinos não estejam, na maioria das vezes, associados à produção intensiva, esta prática tem sido cada vez mais comum. Com a intensificação da produção tornou-se importante o desenvolvimento de ambientes controlados, de modo a otimizar os recursos e diminuir os custos. Os objectivos deste trabalho foram monitorizar e controlar a qualidade do ar interior de uma sala de aleitamento artificial para cabritos. Foram estudadas a temperatura, humidade relativa e as concentrações de dióxido de carbono e de amoníaco. Foram determinados os caudais de ventilação e a circulação do ar na sala. Os valores de temperatura, humidade relativa, dióxido de carbono e amoníaco encontravam-se dentro dos níveis recomendados. Os caudais de ventilação revelaram-se suficientes para o controlo do ambiente.

**Palavras-chave:** Cabritos, concentração de gases, controlo do ambiente, ventilação.

### ABSTRACT

Although goats are not, in most cases, associated with intensive production, this practice has been increasingly common. With the intensification of production it has become important to develop a controlled environment to optimize resources and reduce costs. The objective of this study was to monitor and control air quality inside a room for artificial feeding of goat kids. We studied the temperature, humidity and concentrations of carbon dioxide and ammonia. Rates of ventilation and air circulation in the room were determined. The values of temperature, relative humidity, carbon dioxide and ammonia were within the recommended levels. The ventilation flow was sufficient to control the air quality.

**Keywords:** Environmental monitoring, gas concentration, goat kids, ventilation.

### INTRODUÇÃO

Cada vez mais a produção animal é feita em explorações intensivas, caracterizadas pela existência de edifícios fechados e grandes densidades populacionais. Assim, torna-se importante para o bem-estar animal que o ambiente em que se encontram seja o mais adequado possível e que as instalações funcionem no máximo da sua eficiência, nomeadamente no que diz respeito à temperatura ambiente dos edifícios e à concentração de gases dentro dos mesmos, para que não haja perdas no rendimento da exploração. Para o produtor o principal objectivo é a maximização

<sup>1</sup> Instituto Superior de Agronomia, Dep. Ciências e Engenharia de Biosistemas, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal; E-mail: ana.pedemeira@sapo.pt

<sup>2</sup> Barão & Barão Empresa Agro-pecuária, Lda., Coutada Velha, 2130-000 Benavente, Portugal.

<sup>3</sup> Centro de Estudos de Engenharia Rural, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal; E-mail: jmeneses@isa.utl.pt

zação dos resultados económicos e, dado o actual panorama nacional relativamente ao sector pecuário, é fundamental aumentar a produtividade e diminuir os custos de exploração. Se as condições ambientais não forem as adequadas, a produtividade diminui e as despesas em tratamento de doenças derivadas das mesmas serão mais elevadas, com um consequente desperdício de recursos.

Os caprinos são animais poliéstricos estacionais de dias curtos (Chemineau *et al.*, 1996; Loureiro, 2003; Fonseca, 2006; Traldi *et al.*, 2007) e, como tal, existem épocas em que os partos são mais abundantes, sobretudo em raças exóticas, que são mais sazonais que as autóctones (Fonseca, 2006; Mascarenhas, 2006). Isto leva a que a ocupação do edifício não seja uniforme, o que, em conjunto com as variações climáticas anuais, dificulta a tomada de decisões relativamente a uma melhoria do condicionamento ambiental numa unidade de produção.

Os cabritos, durante as primeiras semanas de vida, são animais que, por serem muito novos, são mais sensíveis à temperatura (Curtis, 1983), humidade e concentração de poluentes (Andrada, 1996). Assim, é fundamental que o produtor conheça estes factores na sua exploração, para que não surjam doenças ou problemas de bem estar com os animais.

O objectivo deste trabalho foi a monitorização e controlo da qualidade do ar interior de uma instalação que denotava odor a amoníaco no ano de 2008 e apresentar propostas de melhoria, de modo a otimizar a utilização dos recursos. Os parâmetros estudados foram a temperatura, a humidade e as concentrações de dióxido de carbono e de amoníaco. Foi também medida a velocidade do ar e verificada a sua circulação dentro do edifício.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Animais e alimentação

Os cabritos, desmamados à nascença, eram colocados numa sala de aleitamento artificial à medida que iam atingindo os dois dias de idade, pelo que o número e idade dos animais variaram ao longo do ensaio. Foram alimentados com leite de substituição *ad libitum*, tendo também acesso a água e a alimento concentrado de primeira idade.

### Instalações

Os animais encontravam-se alojados em parques colectivos. A sala era composta por 8 parques, com corredor de serviço e de alimentação central, e fossas de dejectos por baixo do pavimento de ripado (Figura 1).

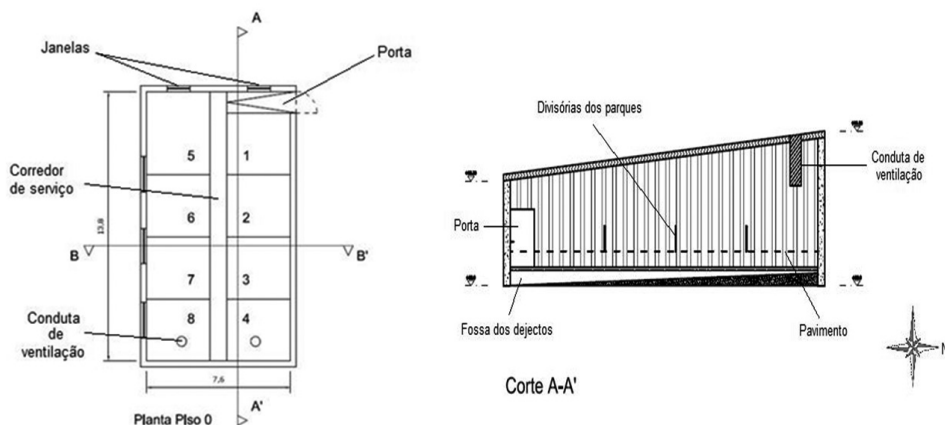


Figura 1 – Planta e corte A-A' da sala de aleitamento artificial.

O pavimento era de grelha de policloreto de vinilo (PVC) disposto a uma altura de 55 a 65 cm do fundo da fossa, constituída por betão. A cobertura era constituída por painéis do tipo sandwich com isolamento térmico de 4 cm e as paredes exteriores eram de blocos de fibrocimento denso, forradas interiormente por painéis do tipo sandwich com 3 cm de isolamento e exteriormente por 2 cm de reboco. O sistema de evacuação de dejectos, de escorrimento contínuo, possuía um sistema de lavagem da fossa por aspersão que funcionava várias vezes ao dia. O sistema de ventilação era constituído por janelas basculantes, uma entrada de ar abaixo do nível do pavimento e dois ventiladores axiais extractores de tecto da marca Multifan, modelo 4E50.

### Delineamento experimental

Este projecto desenvolveu-se nas épocas de parto de Janeiro/Fevereiro (de 26 de Janeiro de 2009 a 6 de Abril de 2009) e de Abril/Maio (4 de Maio de 2009 a 8 de Julho de 2009). Durante cada um destes períodos, foram feitas medições contínuas de temperatura e humidade relativa (com um termohigrógrafo da marca Fuess, modelo 79 t, de rotação semanal), e medições semanais da concentração de amoníaco (com um detector de gás da marca Ogawa Seiki, Co., modelo

9016 e tubos da marca Kitagawa, modelos 105 SC e 105 SD na primeira e segunda épocas, respectivamente), dióxido de carbono (com o mesmo detector de gás para o amoníaco e tubos da marca Gastec, modelo 2LL) e também do peso médio dos cabritos de cada parque. Foram também realizadas medições da velocidade do ar (com um anemómetro de fio quente da marca Lambrecht, modelo 641 bN) de saída da sala à entrada das condutas dos ventiladores (dia 2 de Setembro de 2009) e efectuados testes de circulação do ar no interior do edifício com pastilhas de fumo de marca PH (dia 20 de Abril de 2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Temperatura do ar e humidade relativa

Época Janeiro-Abril: as temperaturas máximas dentro da sala variaram entre 17,1 e 26,9 °C, e as temperaturas mínimas entre 9,4 e 17,1 °C (Figura 2).

Embora as temperaturas mínimas tenham atingido valores bastante baixos para animais tão novos, a temperatura média da sala foi de cerca de 17 °C, que é já bastante razoável (dentro da zona de neutralidade térmica). Em relação à humidade relativa, na mesma

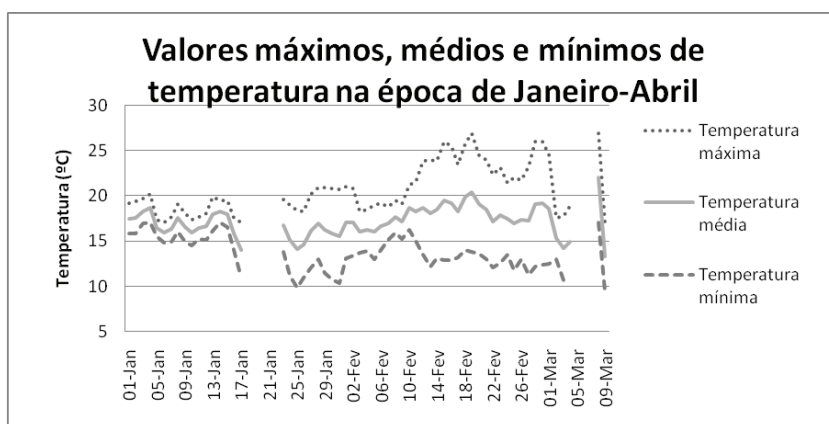


Figura 2 – Temperaturas máximas, médias e mínimas do ar na época de Janeiro-Abril.

época, registaram-se valores máximos entre 85 e 98% e valores mínimos entre 31 e 83% (Figura 3).

Os valores médios da humidade relativa variaram entre 58 e 91%, valores estes que se encontram dentro dos recomendados (50-90%; Hartung, 1994).

**Época Maio-Julho:** as temperaturas máximas verificadas variaram entre 20,0 e 33,6 °C, e as temperaturas mínimas foram de 14,9 a 21,5 °C (Figura 4).

Deste modo, a temperatura média da sala foi de cerca de 22,0 °C, que é um valor dentro da gama de temperaturas de adaptação fácil, embora acima da zona de neutralidade tér-

mica (Pederneira, 2010). Embora os valores máximos registados sejam muito elevados (dentro da gama de temperaturas de adaptação difícil), estes apenas se faziam sentir numa altura breve do dia, sendo a temperatura média aquela que se deve considerar.

A humidade relativa elevada, superior a 80%, é mal suportada pelo gado caprino aparecendo especialmente o seu efeito negativo quando coincidem com temperaturas muito baixas ou muito altas. No primeiro caso, com temperaturas muito baixas e humidades muito elevadas, potencia-se a acção do frio, e no segundo caso, com temperaturas e humidades muito elevadas, altera-se o mecanismo

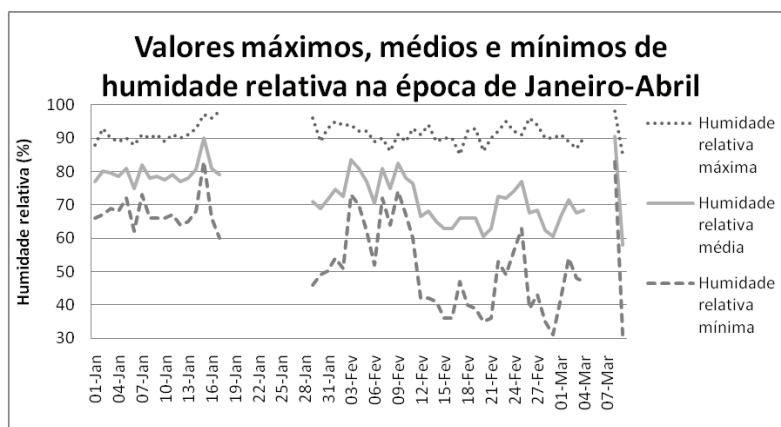


Figura 3 – Valores máximos, médios e mínimos de humidade relativa do ar na época de Janeiro-Abril.

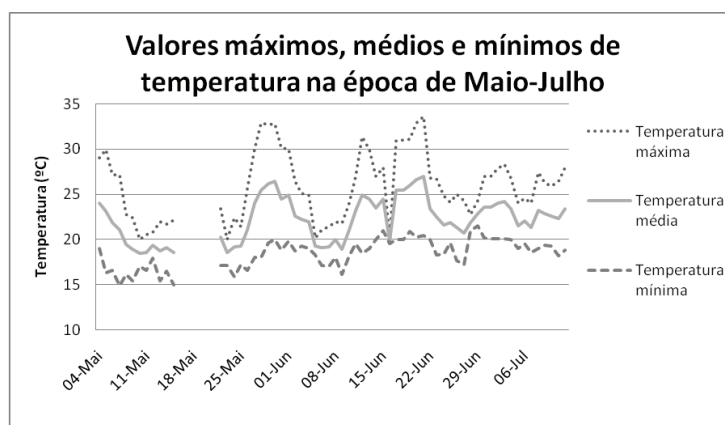


Figura 4 – Temperaturas máximas, médias e mínimas do ar na época de Maio-Julho.

de eliminação de calor (não há libertação de calor sensível devido à pequena diferença de temperaturas entre o animal e o ambiente, e a libertação de calor latente é também dificultada pelos valores elevados de humidade no ar), dificultando-se a respiração e reduzindo-se a transpiração dos animais, ao mesmo tempo que se favorece o desenvolvimento microbiano no alojamento. Nestes casos convém diminuir a humidade até uns 50 ou 60% forçando a ventilação e, se isto não for possível, ter-se-á de actuar sobre a temperatura (Andrada, 1996). Os valores de humidade relativa verificados nesta época variaram entre os 76 e os 94% para os valores máximos e entre 22 e 81% para os valores mínimos, sendo a humidade relativa máxima média da ordem dos 85% e a humidade relativa mínima média cerca de 52% (Figura 5).

Estes valores, embora pontualmente elevados, são perfeitamente adequados, uma vez que nos momentos em que se verificam esses aumentos de humidade relativa, a temperatura encontra-se mais baixa. Assim, não se põe o problema de dificuldade de perda de calor por parte do animal.

### Concentração de gases

Dióxido de carbono: na época de Janeiro-Abril a concentração média deste gás foi

cerca de 700 ppm, excepto no dia 30 de Março, em que tinham sido desligados os ventiladores e os aspersores. Nesse dia, a concentração atingiu 1800 ppm (Figura 6).

Estes valores nunca se aproximaram do valor máximo recomendado (Curtis, 1983; CIGR, 1984; Meneses, 1987) de 3000 ppm.

Na época de Maio-Julho as concentrações foram ainda mais baixas, variando entre 500 e 800 ppm, uma vez que as temperaturas verificadas eram mais elevadas, o que fazia com que os ventiladores funcionassem a uma maior velocidade, extraíndo maior quantidade de gases (Figura 7).

Amoníaco: as medições da concentração de amoníaco na época de Janeiro-Abril foram efectuadas com tubos de escala de leitura 10-260 ppm. Praticamente todas as medições revelaram concentrações deste gás inferiores ao limite de detecção do mesmo (Figura 8).

No entanto, e sabendo que a maioria dos autores aponta um limite máximo de amoníaco no interior de alojamentos para animais de 20 ppm, estes dados são suficientes para determinar que as concentrações de amoníaco existentes naquele edifício estavam dentro do desejado. A única excepção foi na medição do dia 30 de Março, em que se desligaram os ventiladores e os aspersores de lavagem da fossa durante 24 horas. Nesse dia, a concentração medida foi de 19,2 ppm. Este

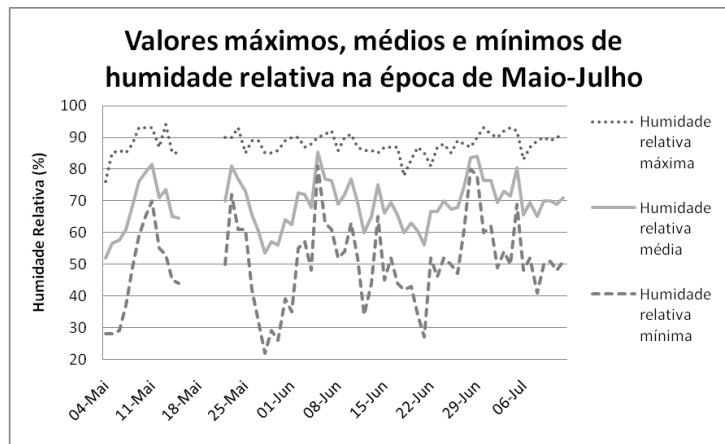


Figura 5 – Valores máximos, médios e mínimos de humidade relativa do ar na época de Maio-Julho.

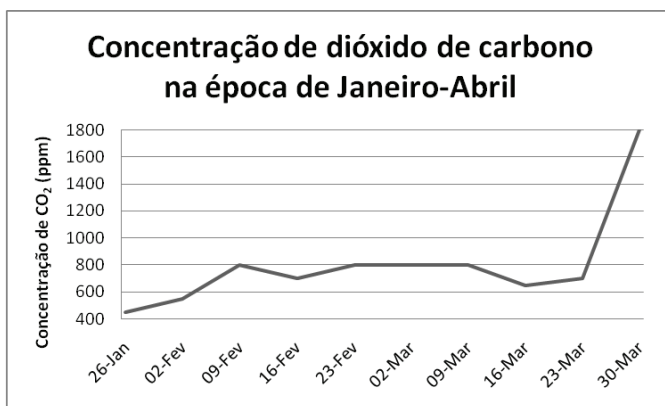


Figura 6 – Concentração de dióxido de carbono na época de Janeiro-Abril.

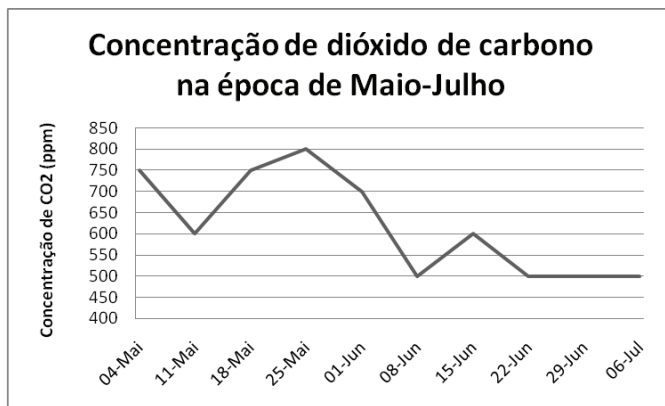


Figura 7 – Concentração de dióxido de carbono na época de Maio-Julho.

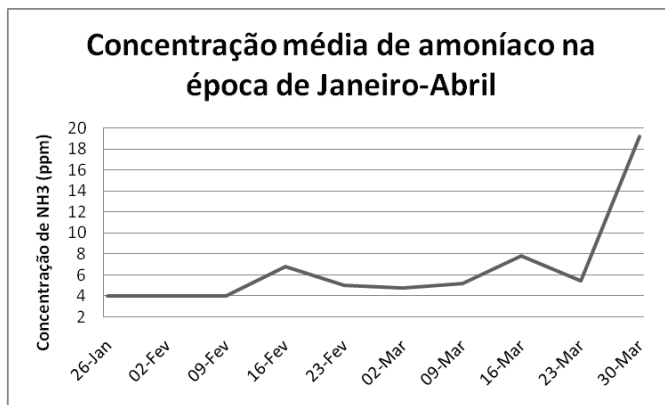


Figura 8 – Concentração média de amoníaco na época de Janeiro-Abril.

aumento em relação às concentrações verificadas na restante época deve-se ao facto de se terem desligado os aspersores e à ausência de ventilação forçada. Na época de Maio-Julho, as medições foram realizadas com tubos de escala de leitura entre 1 e 20 ppm, o que permitiu leituras para concentrações mais baixas do que na época anterior. Assim, os valores médios verificaram-se entre 1,0 e 3,8 ppm (Figura 9).

Estes valores estão bastante abaixo do limite máximo recomendado pela maioria dos autores (20 ppm), e até abaixo de 5 ppm, valor máximo para cabritos referido por Andrada (1996).

### Velocidade do ar

A velocidade do ar à entrada das condutas extractoras foi medida para cada um dos ventiladores, para velocidades mínimas e máximas de rotação, de forma a poderem ser calculados os caudais mínimos e máximos dos mesmos. A velocidade média do ar do ventilador número 1 foi, para o caudal mínimo, de 2,53 m/s, e a velocidade média do ar do ventilador número 2 foi de 2,31 m/s. Estes valores correspondem a caudais de 1785,2 e 1629,9 m<sup>3</sup>/h, respectivamente, o que equivale a um valor médio dos dois ventiladores de 1707,55 m<sup>3</sup>/h. Relativamente ao caudal máximo dos ventiladores, as velocidades médias

do ar foram de 9,33 m/s para o número 1 e de 9,27 m/s para o número 2, correspondendo a caudais de 6.579,7 e 6.540,9 m<sup>3</sup>/h, respectivamente. O valor médio do caudal máximo de ambos os ventiladores é de 6.560,3 m<sup>3</sup>/h.

### Circulação do ar

A circulação do ar foi visualizada com pastilhas e tubos de fumo. O fumo produzido por uma pastilha em combustão colocada na entrada de ar inferior da parede de topo foi sugado através da mesma e conduzido, ao longo de toda a sala, até aos ventiladores instalados no lado contrário da mesma. À medida que o fumo era conduzido para o fundo da sala e até às condutas, este ia subindo através das aberturas do pavimento em grelha, misturando-se com o ar de todo o espaço interior. Analisou-se também a circulação do ar com entrada pela janela de topo, com pastilhas de fumo colocadas na entrada da janela. O seu efeito foi praticamente o mesmo, sendo a principal diferença a de que o ar se misturou a um nível mais elevado que anteriormente, mais perto da cobertura. No entanto, o resultado final da mistura do fumo com o ar existente na sala foi semelhante ao da combustão das pastilhas colocadas perto da entrada de ar inferior, mas sem a renovação de ar ao nível da fossa de dejectos que se verifica com a entrada pela abertura inferior. A circulação local verifica-

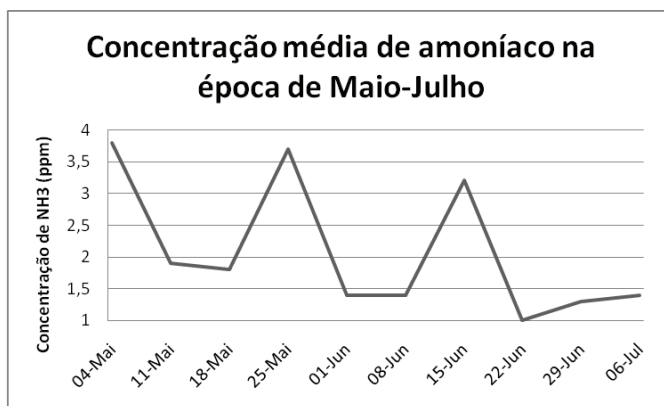
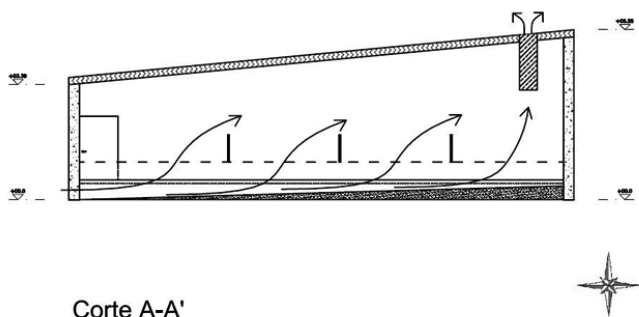


Figura 9 – Concentração média de amoníaco na época de Maio-Julho.



**Figura 10** – Representação esquemática da circulação do ar no interior da sala de aleitamento artificial, desde que entra pela entrada de ar inferior, até que sai pelas condutas de ventilação.

da com tubos de fumo no centro de um dos parques determinou que, tal como já tínhamos visto anteriormente, o ar circula de baixo para cima, atravessando o pavimento.

Assim, o ar puro exterior que entra pela abertura inferior passa da fossa de dejectos para a zona acima do pavimento, renovando os gases aí produzidos. Depois de passar pelos parques onde estão os cabritos é que sai para o exterior através das duas condutas de extracção, localizadas na extremidade oposta da sala (Figura 10).

#### Cálculo dos caudais teóricos de ventilação

**Caudal mínimo:** pode ser calculado de duas formas - através do balanço de vapor de água ou do balanço de  $\text{CO}_2$ . Depois de calculados, escolhe-se o balanço que tiver o maior valor, de forma a que o caudal mínimo escolhido remova tanto o  $\text{CO}_2$  como o vapor de água em excesso. Para os cálculos do caudal mínimo, foram utilizados dados correspondentes a uma situação extrema (valores mínimos do Inverno) e dados correspondentes a uma situação comum (valores médios do Inverno),

cujos resultados se encontram na Quadro 1.

Tal como seria de esperar, os valores referentes aos caudais mínimos calculados com base no balanço de vapor de água são mais elevados que aqueles calculados com base no balanço de dióxido de carbono, tanto na situação média como na mínima. Deste modo, os valores dos caudais escolhidos para satisfazer as necessidades de remoção de dióxido de carbono e vapor de água são os primeiros, de  $82,25 \text{ m}^3/\text{h}$  na situação mínima e de  $655,97 \text{ m}^3/\text{h}$  na situação média de Inverno. Tendo em conta que o caudal mínimo de ventilação de cada um dos ventiladores utilizados é de cerca de  $1707,55 \text{ m}^3/\text{h}$ , podemos admitir que as necessidades de remoção de gases são satisfeitas em ambas as situações de Inverno.

**Caudal máximo:** Foi calculado a partir do balanço térmico do ar. Para calcular o caudal máximo de ventilação, utilizámos dados referentes a uma situação extrema de Verão (valores máximos de Verão) e dados referentes a uma situação comum no mesmo período (valores médios de Verão; Pederneira, 2010). Uma vez que o caudal máximo de cada um

**Quadro 1** – Valores teóricos de caudal mínimo de ventilação.

COM BASE NO BALANÇO DE VAPOR DE ÁGUA	COM BASE NO BALANÇO DE DIÓXIDO DE CARBONO
Mínimo: $82,25 \text{ m}^3/\text{h}$	Mínimo: $55,28 \text{ m}^3/\text{h}$
Médio: $655,97 \text{ m}^3/\text{h}$	Médio: $438,95 \text{ m}^3/\text{h}$



dos ventiladores é de cerca de 6560,30 m<sup>3</sup>/h, podemos verificar que o caudal máximo de ventilação real é de 13120,60 m<sup>3</sup>/h, o que satisfaz as necessidades de remoção de calor tanto na situação média do Verão (caudal de ventilação necessário de 5860,83 m<sup>3</sup>/h) como na situação máxima do mesmo período (caudal de ventilação necessário de 7236,11 m<sup>3</sup>/h). Deste modo, o caudal máximo real permitiria aumentar bastante o número de animais na sala, se necessário, no caso de ainda haver espaço para os alojar sem pôr em perigo o seu bem-estar.

## CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos durante as medições realizadas em ambas as épocas, bem como das análises efectuadas aos dejectos, podemos emitir as seguintes conclusões:

a) Tanto os valores de temperatura média como de humidade relativa média registados estiveram dentro dos aconselhados, em ambas as épocas;

b) As concentrações de dióxido de carbono estiveram abaixo do valor máximo recomendado, também nas duas épocas;

c) As concentrações de amoníaco medidas na época de Maio-Julho estiveram abaixo do valor máximo recomendado, enquanto que as medições realizadas na época de Janeiro-Abril, embora abaixo do valor recomendado, não tiveram a mesma precisão de leitura;

d) O caudal de ventilação mínimo é suficiente para garantir a remoção de gases (na situação de Inverno) e o caudal de ventilação máximo é mais do que suficiente para garantir a remoção de calor (na situação de Verão);

e) A circulação de gases dentro da sala de cria de cabritos faz-se de baixo para cima, de modo a que o ar puro exterior que entra pela abertura inferior passe da fossa de dejectos

para a zona acima do pavimento, renovando os gases aí produzidos, ao mesmo tempo que atravessa a sala em todo o seu comprimento até chegar às condutas de ventilação, antes de ser expelido para o exterior;

Apesar de, em teoria, a entrada de ar inferior poder ser prejudicial aos animais, já que faz com que os gases originados pela decomposição dos dejectos (dióxido de carbono e amoníaco) sejam arrastados para o nível acima do pavimento, o que se verifica na prática é que esse facto não deve alterar o bem-estar dos cabritos, uma vez que as concentrações desses poluentes ao nível dos animais se encontram abaixo dos limites máximos recomendados.

Isto deve-se, talvez, ao facto de a sala ser lavada várias vezes por dia, arrastando os dejectos para a nitreira, e, portanto, não dando oportunidade a que estes entrem em decomposição dentro da fossa dos dejectos. Assim, a produção e concentração de amoníaco é bastante reduzida naquele edifício, bem como a produção de dióxido de carbono resultante da decomposição dos dejectos. Sendo que o número de lavagens é suficientemente elevado para essa redução, seria interessante estudar a evolução da produção dos mesmos poluentes se a sala fosse lavada menos vezes por dia, ao mesmo tempo que se optimizava o consumo da água de lavagem.

Tendo em conta que os resultados foram bastante mais positivos do que se esperava, não restam muitas melhorias a propor de modo a optimizar a utilização de recursos.

## AGRADECIMENTOS

- Ao Centro de Estudos de Engenharia Rural do Instituto Superior de Agronomia, pelo equipamento cedido e apoio financeiro na compra dos tubos de detecção de gases;

- À Barão & Barão Empresa Agro-pecuária, Lda., pela oportunidade de utilizar as suas instalações neste ensaio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrada, A.D. (1996) - Alojamentos e instalações para ganado caprino. *In: Buxadé Carbó, C. (coordinador y director) - Produccion Caprina Zootecnia IX*. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, p. 280-301.
- Chemineau, P.; Malpaux, B.; Pelletier, J.; Leboeuf, B.; Delgadillo, J.A.; Deletang, F.; Pobel, T. e Brice, G. (1996) - Emploi des implants de mélatonine et des traitements photopériodiques pour maîtriser la reproduction saisonnière chez les ovins et les caprins. *INRA, Prod. Anim.*, 9, 1: 45-60.
- CIGR (1984) - *Report of the working group on Climatization of animal houses*. Aberdeen, Scotland, CIGR, SFBIU, 80 p.
- Curtis, S.E. (1983) *Environmental Management in Animal Agriculture*. Iowa State University Press, Ames, 409 p.
- Fonseca, J.F. (2006) - *Bioteχνologias da Reprodução em Ovinos e Caprinos*. Sobral, CE, Emprapa Caprinos, 32 p.
- Hartung, J. (1994) - Environment and Animal Health. *In: Whathes, C.M.; Charles, D.R. (Eds.) - Livestock Housing*. Wallingford, CAB International, p. 25-48.
- Loureiro, M.F.P. (2003) - *Indução do estro por implante de melatonina em ovinos da raça Suffolk*. Tese de mestrado. São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 68 p.
- Mascarenhas, R. (2006) - Melhoramento da eficiência reprodutiva em caprinos de raças nacionais. *In: I Jornadas Nacionais de Caprinicultura. Bragança, Escola Superior Agrária de Bragança*, p. 51-61.
- Meneses, J.F. (1987) - Gases in pig and poultry houses – Prevention and control techniques. *In: Bruce, J.M. e Sommer, M. (Eds.) - Environmental Aspects of Respiratory Disease in Intensive Pig and Poultry Houses, Including the Implications for Human Health*. Luxembourg, CEC, EUR 10820, p. 95-100.
- Pederneira, A.M.H. (2010) - *Monitorização e controlo do ambiente numa sala de cabritos com ventilação forçada*. Tese de Mestrado. Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 89 p.
- Traldi, A.S.; Loureiro, M.F.P.; Capezzuto, A. e Mazorra, A.L. (2007) - Métodos de controlo da atividade reprodutiva em caprinos. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, 31, 2: 254-260.