

EFEITO DAS ESTAÇÕES DO ANO NO MICROCLIMA E NO CONSUMO DE ELETRICIDADE EM CRECHE SUÍNA COM DUAS TECNOLOGIAS DE CONTROLE DE TEMPERATURA

JULIANA DE S. G. BARROS¹, KARINA SARTOR², LUIZ A. ROSSI³

¹Enga Agrícola e Ambiental, Doutoranda, Conselho Integrado de Infraestrutura Rural, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, Fone: (019) 98283, july.granja@hotmail.com.

²Zootecnista, Doutoranda, Conselho Integrado de Infraestrutura Rural, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP.

³Engo Eletricista, Prof. Doutor, Conselho Integrado de Infraestrutura Rural, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP.

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: O uso de tecnologias de controle de temperatura mais inteligentes melhora o conforto térmico e o uso de energia elétrica em instalações zootécnicas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o microclima e o uso de energia elétrica em creche suína com sistema de aquecimento resistivo com duas tecnologias de controle de temperatura (controlador Proporcional, Integral e Derivativo - PID e termostato) em duas estações do ano (verão e inverno). A análise foi realizada sob esquema fatorial 2 x 2, correspondente às duas tecnologias de controle de temperatura e às duas estações do ano. As variáveis avaliadas foram: temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa (UR), consumo de energia elétrica (kWh), consumo específico (kWh g⁻¹animal⁻¹) e custo específico (R\$ kWh⁻¹). Os resultados indicam que o sistema de aquecimento com controlador PID foi mais eficiente em manter as condições de conforto de temperatura, em comparação ao aquecimento controlado por termostato, nas duas estações avaliadas. O controlador PID economizou mais energia elétrica do que o termostato no período do inverno. No verão, os sistemas não diferiram (p > 0,05). Assim, concluiu-se que o controlador PID melhorou o ambiente térmico e o uso de energia elétrica em creche suína.

PALAVRAS-CHAVE: controlador PID, leitões desmamados, conforto térmico.

EFFECT OF SEASON ON MICROCLIMATE AND CONSUMPTION OF ELECTRICITY IN SWINE NURSERY WITH TWO TEMPERATURE CONTROL TECHNOLOGIES

ABSTRACT: The use of smarter temperature control technology improves thermal comfort and the use of electricity in livestock facilities. Thus, the aim of this research was to evaluate the microclimate and the use of electricity in swine nursery with resistive heating system with two temperature control technologies (Proportional controller, Integral and Derivative - PID and thermostat) in two seasons (winter and summer). The analysis was conducted in a factorial 2 x 2, corresponding to the two temperature control technologies and the two seasons. The variables evaluated: dry bulb temperature (Tbs), relative humidity (RH), electricity consumption (kWh), specific consumption (kWh g⁻¹animal⁻¹) and specific cost (R\$ kWh⁻¹). The results indicate that the heating system with the PID controller was more efficient in maintaining the comfort temperature conditions, compared with thermostatically controlled heating, the two stations evaluated. The PID controller saved more electricity than the thermostat in the winter time. During the summer, the systems did not differ (p > 0.05). Thus, it was concluded that the PID controller improved the thermal environment and the use of electricity in swine nursery.

KEYWORDS: PID controller, weaned piglets, thermal comfort.

INTRODUÇÃO: Com a eletricidade cada vez mais cara, é necessário que se promova eficiência no uso da energia elétrica na suinocultura para a sustentabilidade do setor e redução dos custos de produção. Estudos demonstram que o uso de controladores de temperatura nos sistemas de climatização em instalações suínolas melhora o desempenho produtivo e as condições de conforto térmico e bem-estar dos animais ao mesmo tempo em que promove eficiência no uso de energia elétrica (WAGENBERG E VERMEIJ, 2001; LAINE et al., 2008; SARUBBI et al., 2010). A tecnologia de controle de temperatura mais utilizada no sistema de produção animal é o termostato. Este tipo de controle consiste em comparar o sinal de entrada com dois sinais de referência, ou seja, o limite inferior e superior. Quando este sinal de entrada fica abaixo do limite inferior o sistema é acionado e quando o sinal de entrada fica acima do limite superior o sistema é desligado. Desta forma, a variável de interesse varia entre um valor máximo e mínimo e não estabiliza em nenhum valor específico. Esta característica de controle do termostato promove maior variação de temperatura no ambiente de produção podendo prejudicar o desempenho dos leitões. Quanto ao controlador Proporcional, Integral e Derivativo (PID), este calcula um valor de atuação sobre o processo a partir dos dados da variável de interesse que deve ser mantida e da variável atual, ou seja, ele faz a correção do erro que há entre o valor desejado e o atual. Assim, este tipo de controle permite que a variável de interesse permaneça estabilizada em um valor específico, melhorando as condições do ambiente térmico dentro das instalações. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o microclima e o uso de energia elétrica em creche suína com sistema de aquecimento resistivo com duas tecnologias de controle de temperatura (PID e termostato) em duas estações do ano (verão e inverno).

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em granja suinícola localizada em Boituva-SP, situada a 547 m acima do nível do mar, na latitude 23°16'27,24''S e longitude 47°43'45,81''O. O clima da região, de acordo com a classificação de Köeppen, é Cfa - subtropical úmido. O estudo foi realizado em duas estações do ano: verão (04/11/2012 a 08/11/2012) e inverno (14/08/2013 a 20/08/2013). Ao todo foram utilizados 280 leitões desmamados aos 21 dias de idade e de linhagem híbrida de Agroceres Pic com Topigs, dos quais 140 foram inseridos em cada tratamento. Todos os animais receberam alimentação *ad libitum*. Duas baias construtivamente idênticas foram utilizadas para alocação dos tratamentos. As baias apresentavam dimensões de 10 m de comprimento e 2,3 m de largura. Os comedouros utilizados foram do tipo calha e os bebedouros do tipo chupeta. A potência das resistências utilizada nos dois tratamentos foi de 4500 W, dimensionada com base na lei da conservação de energia. Desta forma, foram utilizadas 18 resistências elétricas de 250 W, em cada tratamento, uniformemente distribuídas na área de ocupação dos leitões na baia. Os leitões foram submetidos a dois tratamentos: S1 – sistema de aquecimento por resistências elétricas suspensas com controlador de temperatura PID – Proporcional, integral e derivativo e S2 – sistema de aquecimento por resistências elétricas suspensas controladas por termostato (controle). Devido ao princípio de funcionamento do PID, que realiza o controle da variável de interesse com base em um valor específico (OGATA, 2000), o controlador foi programado para realizar o controle da temperatura utilizando o valor de 30 °C como referência. O sistema de aquecimento com termostato realizou o controle utilizando a faixa de temperatura de conforto de 28 a 30°C (SARUBBI et al., 2010). As variáveis de temperatura e umidade relativa do ar foram medidas por meio de transmissores instalados em cada tratamento. Dados foram registrados a cada 15 minutos durante todo o experimento. Em cada tratamento, leitões foram pesados aos 21 dias de idade e aos 56 dias de idade (33 dias após o desmame), em cada período avaliado no estudo. O ganho de peso diário foi calculado para a obtenção do consumo específico e custo específico de energia elétrica. Para a avaliação do uso de energia elétrica pelos tratamentos, foram utilizados medidores eletrônicos individuais (SAGA 4500) instalados nas caixas de distribuição dos circuitos de cada tratamento. Os dados foram registrados a cada 15 min durante 24 horas por dia. A eficiência no uso de energia elétrica dos sistemas foi avaliada por meio dos índices: consumo específico de energia elétrica (kWh kg⁻¹) e custo específico (R\$ kg⁻¹). O consumo específico de energia elétrica foi determinado utilizando os dados de consumo diário de energia elétrica pelos tratamentos (kWh) em relação ao produto gerado (ganho de peso diário), de acordo com a eq. 1.

$$C_{es} = \frac{CD}{ADG \cdot N} \quad (1)$$

em que,

C_{es} – consumo específico da energia elétrica, kWh kg⁻¹ de peso vivo;

CD – consumo diário de energia elétrica, kWh d⁻¹;

ADG – ganho de peso médio diário, kg animal⁻¹ d⁻¹;

N – número de animais.

Para a análise do custo específico, foram utilizados os dados de consumo específico (kWh kg⁻¹) e a tarifa de consumo de energia elétrica vigente para o setor rural, conforme eq. 2.

$$C_e = C_{es} \cdot T \quad (2)$$

em que,

C_e – custo específico da energia elétrica, R\$ kg⁻¹;

T – tarifa de consumo de energia elétrica para o setor rural, R\$ kWh⁻¹.

As análises foram realizadas sob esquema 2 x 2, correspondente às duas tecnologias de controle de temperatura (PID e termostato) e às duas estações do ano (verão e inverno). As médias foram submetidas a análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) com auxílio do programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A baía da creche com sistema de aquecimento com controlador PID (S1) apresentou temperatura superior à baía com aquecimento controlado por termostato (S2) diferindo entre si ($p \leq 0,05$) nas duas estações do ano avaliadas (Tabela 1). Em S1, as estações do ano, verão e inverno, não diferiram quanto a temperatura ambiente mantendo-a dentro dos limites de conforto térmico de 28 a 30 °C (SARUBBI et al., 2010). Em S2, a temperatura foi maior no verão e apresentou média abaixo dos limites de conforto térmico na estação de inverno. A umidade relativa do ar em S1 e S2 diferiu ($p \leq 0,05$) tanto no verão quanto no inverno e S2 apresentou as maiores médias em ambas as estações. No verão, a umidade do ar foi superior à registrada no inverno nos dois sistemas avaliados permanecendo dentro dos limites de conforto de 50 a 70% (MOURA, 1999).

TABELA 1. Valores médios de temperatura, umidade do ar e ganho de peso diário (GPD) de creche suína com aquecimento resistivo com controlador PID e com termostato em duas estações do ano (verão e inverno).

	Temperatura (°C)		Umidade (%)		GPD (g dia ⁻¹)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
S1	29,38 aA	29,87 aA	55,24 bA	40,45 bB	226	231
S2	28,34 bA	27,35 bB	62,30 aA	44,99 aB	176	171
C.V. (%)	7,62		10,28		-	

Médias na mesma coluna, com letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias na mesma linha, com letras maiúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V.: coeficiente de variação.

Desta forma, verifica-se que o sistema de aquecimento com controlador PID foi mais eficiente em manter as condições térmicas do ambiente de creche, o qual manteve a temperatura praticamente constante e dentro dos limites de conforto em ambas as estações do ano. Quanto ao ganho de peso diário (GPD), os animais mantidos em S1 apresentaram GPD numericamente maior nas duas estações do ano estudadas (Tabela 1). Segundo CAMPOS et al. (2008), os suínos jovens possuem seu sistema termorregulador pouco desenvolvido. Portanto, se seu balanço térmico for afetado, refletirá diretamente no seu desempenho produtivo (PANDORFI et al., 2007). O consumo de energia elétrica não diferiu ($p > 0,05$) entre S1 e S2 no inverno (Tabela 2). No verão, o consumo em S1 foi maior, consumindo 18,86 kWh a mais que S2 ($p \leq 0,05$). Quanto ao consumo e custo específico, S1

apresentou menor consumo e custo de energia elétrica para produzir 1 g de peso vivo em comparação a S2 na estação de inverno ($p \leq 0,05$). No verão, S1 e S2 não diferiram ($p > 0,05$). Desta forma, o sistema de aquecimento com controlador PID reduziu em aproximadamente 23% o consumo de energia elétrica em relação ao peso vivo produzido por animal na creche na estação de inverno.

TABELA 2. Valores médios de consumo diário, consumo específico e custo específico de energia elétrica de creche suína com aquecimento resistivo com controlador PID e com termostato em duas estações do ano (verão e inverno).

	Consumo diário (kWh)		Consumo específico (kwh g ⁻¹ animal ⁻¹)		Custo específico (R\$ kWh ⁻¹)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
S1	78,47 aB	96,51 aA	0,344 aA	0,416 bA	0,088 aB	0,110 bA
S2	59,61 bB	92,22 aA	0,340 aB	0,538 aA	0,088 aB	0,136 aA
C.V. (%)	14,16		13,94		13,98	

Médias na mesma coluna, com letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias na mesma linha, com letras maiúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V.: coeficiente de variação.

Em estudo realizado por SARUBBI et al. (2010), ao comparar diferentes sistemas de aquecimento com diferentes tecnologias de controles de temperatura, também verificaram que o sistema de aquecimento com controlador eletrônico de temperatura apresentou menor consumo de energia elétrica em relação ao peso vivo de suíno produzido em comparação aos sistemas de aquecimento controlados por termostato; sendo o mais eficiente sob o aspecto de uso de energia elétrica.

CONCLUSÕES: O controlador PID em sistema de aquecimento em creche suína foi mais eficiente em manter as condições térmicas do ambiente dentro dos limites de conforto dos leitões tanto no verão quanto no inverno. Além disso, promoveu consumo racional de energia elétrica no inverno, que é a estação do ano mais crítica em relação ao conforto térmico de leitões em fase de creche, onde há maior necessidade da manutenção do aquecimento no interior das instalações.

AGRADECIMENTOS: À CAPES pela concessão da bolsa e à FEAGRI/UNICAMP pelo auxílio.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, J. A. et al. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. **Revista Ceres**, v.55, p.187-193, 2008.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011.
- LAINE, T. M. et al. Risk factors for post-weaning diarrhea on piglet producing farms in Finland. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v.50, n.21, p.1-11, 2008.
- MOURA, D. J. de. Ventilação na suinocultura. In: SILVA, I. J.O. da. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1ª ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 149-179.
- OGATA, K. *Modern Control Engineering*. 5º ed. 2009. p.915.
- PANDORFI, H. et al. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.83-92, 2007.
- SARUBBI, J. et al. Utilização de energia elétrica em diferentes sistemas de aquecimento para leitões desmamados. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p.1003-1011, 2010.