

Effect of stocking rate and floor types on performance, skin temperature and leukogram in pigs raising

Efecto de la carga animal y el tipo de piso sobre el rendimiento, la temperatura de la piel y leucograma en la cría de cerdos

Diovani Paiano,^{1*} Ph.D, Ivan Moreira,² Ph.D, Arley R.B. Quadros,³ Ph.D, Natalia Cristina Milani,¹ Zoot, Maria Luisa A. Nunes Z,¹ Ph.D, Gustavo Machado,⁴ M.Sc, Aleksandro S. Da Silva,¹ Ph.D.

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, Department of Animal Science, 89815-630, Brazil.

²Universidade Estadual de Maringá, Department of Animal Science, Brazil. ³Universidade Federal de Santa Maria, Department of Animal Science, Brazil. ⁴Federal University of Rio Grande do Sul, Veterinary Epidemiology Laboratory, Department of Preventive Veterinary Medicine, Porto Alegre, RS, Brazil. *Correspondence diovani@hotmail.com

Received: October 2015; Accepted: June 2016.

ABSTRACT

Objective. The aim of this study was to evaluate the performance, thermoregulatory characteristics and the leukogram of growing finishing pigs reared in different stocking rates kept on compact floor pens or with shallow pool pens. **Material and methods.** Thirty-six pigs were used in two steps (total of 72 animals were used). In the first step it was analysed performance pig (daily feed intake, weight gain and feed: gain ratio) and backfat thickness (P2). In the second step, the same analyzes were repeated, in addition, analysis of leukogram and skin temperature was performed in P2 and anal region, at the end of growing and finishing phase. **Results.** It was evaluated for differences between treatments and stocking. It was not found effect of floor type on growing phase, but the use of shallow pool had a negative effect on the gain and feed: gain ratio in the finishing phase, as well as lower surface temperature in the anal region on treatment with shallow pool in the finishing phase. No effect of treatments and type of floor on pig leukogram. Allowing more space/animal decreased backfat thickness. The use of shallow pool affected negatively the performance in the finishing phase. **Conclusions.** The shallow pool uses impair the finishing pig performance, despite improving thermolysis, with no effect observed on cell immune response.

Key words: Bioclimatology, feed, gain ratio, thermoregulation (*Source: CAB, MeSH*).

RESUMEN

Objetivo. El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento, las características de termorregulación, y el leucograma de cerdos de engorde, criados en diferentes densidad mantenidos en corrales de piso compactos o corrales con lámina de agua. **Material y métodos.** Treinta y seis cerdos se utilizaron en dos etapas (un total de 72 animales utilizados). En el primer paso, se analizaron las características zootécnicas (consumo diario de alimento, ganancia de peso y la conversión alimenticia) y el espesor de grasa dorsal (P2). En el segundo paso, los mismos análisis se repitieron, además, el

análisis de leucograma y temperatura de la piel se realizó en P2 y la región anal, al final de la recría y terminación. **Resultados.** Se evaluaron las diferencias entre los tratamientos. No se encontró efecto del tipo de corrales en fase de recría, pero el uso de los corrales con lámina de agua tuvo un efecto negativo sobre la ganancia y conversión alimenticia en la fase de terminación, así como una menor temperatura de la superficie en la región anal en el tratamiento con lámina de agua en la fase de terminación. No hubo efecto de los tratamientos y tipo de corrales sobre el Leucograma de los cerdos. Permitiendo más espacio/animal disminuyó el espesor de grasa dorsal. El uso de la lámina de agua afectó negativamente al rendimiento en la fase de terminación. **Conclusiones.** El uso de lámina de agua afectó el rendimiento de los cerdos de terminación, a pesar de la mejora de termólisis, sin efecto visible en la respuesta inmune celular.

Palabras clave: Alimento, bioclimatology, ganancia, termorregulación (*Fuente: CAB, MeSH*).

INTRODUCTION

Compared to other domestic species, pigs are more sensitive to high temperatures. The pigs have not functional sweat glands, had double layer of fat and smaller contact area with the environment when the animals reach mature age (1). In addition, breeding pigs are selected for high deposition of lean tissue and high performance, what ends up selection animals with intense metabolism and greater sensitivity to heat (2). These characteristics, when combined with the confined production systems, may result in losses to thermoregulation, with consequent damage to performance, animal welfare and greater emission of odors and ammonia (3).

At the same time, the reduction in performance, heat and social stress can depress the pig's health (4). In this sense, the high ambient temperatures associated with the intensification of pig production lead to the need to develop alternative systems to mitigate the production problems related to heat stress.

The use of pens with shallow pool is one way to mitigate the problems related to high temperatures; it can facilitate heat loss by evaporation from the wet skin, conduction and convection (1). However, in this system the animals may be more susceptible to etiologic agents due to greater contact with the feces (5), which can be higher when the shallow pool pens are interconnected.

A thermally favorable environment makes the animal capable of maintaining its healthiness, consume and absorb nutrients properly (6). However, immunological activation causes changes in the requirements and relationships between amino acids and reduction in the growth rate and muscle tissue synthesis (7), with a reduction up to 70% of the productive potential (8).

INTRODUCCIÓN

En comparación con otras especies domésticas, los cerdos son más sensibles a las temperaturas elevadas. Los cerdos no cuentan con glándulas sudoríparas funcionales, tienen doble capa adiposa y una menor área de contacto con el ambiente al llegar a la madurez (1). Además, los cerdos de cría son seleccionados por su alta deposición del tejido magro y alto rendimiento, por lo cual se terminan seleccionando animales con metabolismos intensos y una mayor sensibilidad a las altas temperaturas (2). Estas características, al combinarse con sistemas de producción confinados, dan como resultado pérdidas en la termorregulación, con el posterior deterioro en el rendimiento, bienestar de los animales, y mayor emisión de olores y amoníaco (3).

Concomitantemente, la reducción en el rendimiento, el calor y estrés social pueden deprimir la salud del cerdo (4). En este sentido, las altas temperaturas ambiente asociadas con la intensificación de la producción porcina conllevan a la necesidad de desarrollar sistemas alternativos para mitigar los problemas de producción relacionados con el estrés por calor.

El uso de corrales con lámina de agua es una manera de mitigar los problemas relacionados con las altas temperaturas; puede facilitar la pérdida de calor por evaporación de la piel húmeda, conducción y convección (1). Sin embargo, en este sistema los animales pueden ser más susceptibles a los agentes etiológicos debido al mayor contacto que con las heces (5), que puede ser mayor cuando las piscinas en distintos corrales se hallan interconectadas.

Un ambiente térmicamente favorable favorece la capacidad del animal para mantener su salud, y consumir y absorber los nutrientes adecuadamente (6). Sin embargo, la activación inmunológica puede generar cambios en los requerimientos y relaciones entre los aminoácidos y la reducción de la tasa de

A recent study found lower deposition of dust and less accumulation of organic matter in pens with shallow pool, features that can be beneficial in terms of air quality of the facilities (9). The presence of excess powder, and gas in installations create problems in cellular defense mechanism because overwhelm the phagocytic activity of macrophages. Besides the fact, many particles when suspended for possessing biological activity (such as endotoxin) can induce ciliostasis or direct toxic effect on the hair cells with damage to the mucociliary defense mechanism (10). However, the same research group stresses that the presence of shallow pool can be a detrimental factor for air quality, as the highest concentration of gases inside facilities (10).

Despite the described health challenges, the use of this system meets the natural habits of the species with the habit of wallowing, important behavioral pattern in thermoregulatory processes of swine (11). However, the daily water exchange of the shallow pool can increase the dilution of waste (12); which leads to the actual desrecommendation. Although the use of shallow pool pens without water renewal is common in swine production in south of Brazil.

We point out that the number of researches on the subject is small and sometimes do not studied all the variables or diversification that may exist in shallow pool system. One of these aspects is the smallest water renewal of the pool, aiming at reducing the dilution of waste and a consequent improvement in the environmental aspect of the system. Another important variant is adopted stocking rate, aspect that can greatly impact the performance of production systems and scientific exploration does not exist when it comes to the shallow pool systems. Therefore, this study aimed to evaluate the growth performance, carcass traits, thermoregulatory and immunological aspects of pigs kept pens with shallow pool or compact floor pens at different stocking rates.

MATERIAL AND METHODS

Site of study. The study was conducted in an experimental pig farm (23°25'S, 51°57'W at an altitude 542 m). In this study, it was used 72 pigs (36 barrows and 36 gilts), with initial weight of 35.1±4.9 kg, from high-lean commercial line.

Pens (4x2 m) had semi-automatic feeders (feeders with two accesses 0.35 m) in front of the pen (area of 0.4 m²) a drinking (nipple type) at the back. The shallow pool located at the back of pens (0.8 m wide and 0.1 m deep), as described by Moreira et al (1). To compact floor treatment, shallows pool were covered with wooden pallets,

crecimiento y síntesis de tejido muscular (7), con la reducción de hasta el 70% del potencial productivo (8).

Un estudio reciente encontró que una menor deposición de polvo y menor acumulación de materia orgánica en los corrales con piscinas de poca profundidad son características que pueden ser beneficiosas en términos de calidad de aire de las instalaciones (9). La presencia de excesos de polvo y gas en las instalaciones generan problemas en los mecanismos de defensa celular porque saturan la actividad fagocítica de los macrófagos. Además del hecho de que muchas partículas suspendidas al poseer actividad biológica (tales como las endotoxinas) pueden inducir ciliostasis o tener un efecto tóxico directo sobre las células pilosas con daño al mecanismo de defensa mucociliar (10). Sin embargo, el mismo grupo de investigación enfatiza en que la presencia de lámina de agua puede ser un factor en detrimento de la calidad del aire, así como la alta concentración de gases dentro de las instalaciones (10).

A pesar de los desafíos térmicos descritos, el uso de este sistema coincide con los hábitos naturales de la especie acostumbrados a revolcarse, patrón comportamental importante en el proceso termo regulador de los cerdos (11). Sin embargo, el cambio diario del agua de la piscina por incrementar la dilución de los desechos (12); lo cual llega a la actual des-recomendación del sistema, aun cuando el uso de lámina de agua sin renovación del agua es práctica común en la cría porcina en el sur de Brasil.

Destacamos que el número de investigaciones sobre el asunto es pequeño y en ocasiones no estudiaron la totalidad de las variables o diversificación que pudiera existir en el sistema lámina de agua. Uno de estos aspectos es la poca renovación del agua de la piscina, buscando reducir la dilución de los desechos y posterior mejoramiento del aspecto ambiental del sistema. Otra variable importante es la carga ganadera adoptada, aspecto que puede tener un gran impacto en el rendimiento de los sistemas productivos y no existe exploración científica cuando se trata de los sistemas lámina de agua. Por consiguiente, este estudio buscó evaluar los aspectos de crecimiento, rendimiento, características del canal, termorreguladores e inmunológicos de los cerdos mantenidos en corrales con lámina de agua o corrales de piso compactos con diferentes cargas ganaderas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El estudio fue llevado a cabo en una granja experimental de cerdos (23°25'S, 51°57'W a una altura de 542 m). Se usaron 72 cerdos (36 machos castrados y 36 hembras

called compact floor treatment. Treatment with shallow pool, the water channels at back pens were kept under running water. Shallow pool area were drained, washed and filled with clean water twice a week (Mondays and Thursdays). In compact floor treatment, area at the back pens was cleaned and dried daily.

Experimental design and analysis. Experiment was carried out in two phases, consisting of three group sizes (2, 4 and 5 pigs/pen representing stocking rates 3.0; 2.0 and 1.5 m² of total area of compact floor available per pig, respectively). Were used, two types of surface (with or without access to shallow pool), and two blocks (according to gender barrow and gilt) by treatment, and initial weight, with 36 animals per step and two steps.

In the first step, growth performance (feed intake, daily gain and feed: gain ratio) was analyzed, in addition to fat thickness at position 2 (P2). In second phase, the same analyzes were repeated and added further analysis as leukogram (held at end of the experiment) and skin temperatures at the end of the growing and finishing phase.

Air temperatures and relative humidity were collected daily in a Weather Station located 50 meters from the experimental facilities (Table 1). To measure the surface skin temperatures, the air temperature in the days of collection, were 24.8 and 21.8°C, for growing and finishing phase, respectively.

Table 1. Air temperature and relative humidity (maximum and minimum) and average precipitation recorded in experimental period

Phases	Temperature, °C		Relative humidity, %		Precipitation mm
	max	min	max	min	
First step					
Growing	27.7	17.5	76.5	57.1	4.1
	±3.6	±3.0	±15.3	±17.2	±11.4
Finishing	28.7	18.9	82.6	60.3	5.0
	±2.8	±2.0	±10.4	±16.1	±8.2
Second step					
Growing	24.5	15.0	71.3	50.8	2.6
	±3.6	±3.8	±11.1	±14.6	±12.1
Finishing	23.5	12.1	73.0	50.4	1.8
	±4.7	±4.1	±16.4	±16.5	±4.2

Diets were fed *ad libitum*, and formulated based on corn and soybean meal with the use of specific basemix for each phase, having the following percent composition: 72, 24 and 4% for corn, soybean and basemix for growing phase, respectively. In the finishing phase, the percent composition was 79, 18 and 3% for corn, soybean meal and basemix, respectively.

jóvenes), con un peso inicial de 35.1±4.9 kg, de una línea comercial de alta ganancia magra.

Los corrales (4x2m) contaban con comederos semiautomáticos (comederos con dos accesos 0.35 m) en la parte frontal del corral (0.8 m de ancho y 0.1 m de profundidad), según los describe Moreira et al (1). Para compactar el tratamiento del piso, las piscinas fueron cubiertas con estibas de madera, lo que se llama tratamiento de piso compacto. Para el tratamiento de las piscinas, como también las canales posteriores a los corrales se mantuvieron con agua corriente. Se drenaron las piscinas, se lavaron y llenaron con agua limpia dos veces por semana (lunes y jueves). En el tratamiento de piso compacto, el área de los corrales posteriores se limpió y drenó a diario.

Diseño del experimento y análisis. El experimento fue llevado a cabo en dos etapas, con tres tamaños de grupos (2, 4 y 5 cerdos/corral representando cargas ganaderas de 3.0; 2.0; y 1.5 m² de área total del piso compacto por cerdo, respectivamente). Se usaron dos tipos de superficie (con o sin acceso a la lámina de agua), y dos bloques (de acuerdo con el género, macho o hembra) por tratamiento, y el peso inicial, con 36 animales por etapa, y dos etapas.

En la primera etapa, analizamos el crecimiento (consumo de alimentos, ganancia diaria y conversión alimenticia), además del espesor de la grasa en la posición 2 (P2). En la segunda etapa, se repitieron los mismos análisis y se añadieron más análisis como el leucograma (realizado al final del experimento) y temperatura cutánea al final del recría y terminación.

Diariamente se tomó nota de la temperatura del aire y humedad relativa en una estación meteorológica ubicada a 50 m de las instalaciones experimentales (Tabla 1). Para medir las temperaturas cutáneas, la temperatura ambiente en los días de toma de muestra fueron 24.8 y 21.8°C para las fases de recría y terminación, respectivamente.

Se proporcionó dieta *ad libitum*, y fue formulada a base de harina de maíz y soya con el uso de una mezcla base específica para cada etapa, con la siguiente composición en valores porcentuales: 72, 24 y 4% de maíz, soya y mezcla base para la etapa de crecimiento, respectivamente. En la etapa de terminación, la composición fue de 79, 18 y 3% de maíz, soya y mezcla base, respectivamente.

El consumo diario (DI), ganancia diaria de peso (GDP), la conversión alimenticia (CA) y grosor de la capa grasa dorsal se evaluaron al final de las etapas de recría y terminación. Se midió el grosor de la grasa dorsal (P2) con un Sono-Grader (Renco®). Se llevó a cabo el análisis estadístico sobre los valores de DI, GDP, CA y P2 con los corrales como unidad

Daily intake (DI), daily weight gain (DWG), feed: gain ratio (FGR) and backfat thickness were evaluated at the end of the growing and finishing phase. Backfat thickness (P2) by Sono-Grader (Renco®) apparatus was performed. Statistical analysis were performed to the DFI, DWG, FGR and P2 with the pens as experimental unit. For the other variables, each pig was considered an experimental unit.

In second step of the study, at the end of the finishing phase was harvest 2 mL of blood by cranial vena cava puncture of two animals per pen, to perform white blood cell count, which was used in Vacutainer® tubes (EDTA). Leukocyte count was done manually in Neubauer chambers (13). Blood smears were prepared and stained by the Romanowski method for evaluation of differential leukocyte.

Statistical analysis. Data were evaluated according to the statistical model:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + D_j + e_{ijk},$$

in which: μ = mean, T_i = effect of floor type, D_j = effect of stocking density, and e_{ijk} = random error.

Polynomials were tested until the first order, and it was used the statistical package SAEG, 2007. For the skin temperature analysis and leukocytes were implemented in the model the effect of sex. Data for white cell count was tested by Shapiro Wilk for normality, and did not present the requirements of parametric analysis, so we used nonparametric approach by Kruscal Wallis, which was considered as a random effect sex, and as fixed effect of floor and stocking density.

RESULTS

Performance and carcass: In this study, there were no differences between the first and second steps ($p > 0.05$). There was no interaction between stocking rate and floor type, and there was no effect on growth performance in the growing phase ($p > 0.05$). In addition, there are no effects of floor type in P2 ($p > 0.05$). We found lower gain and worst feed efficiency of pigs ($p < 0.05$) with the use of shallow pool in the finishing phase (Table 2). Stocking rates did not influence ($p > 0.05$) on the performance of pigs (Table 3).

This experiment showed lower ($p < 0.05$) backfat thickness in pens with more space per pig.

Skin temperature and leukogram: There were no differences ($p > 0.05$) for the skin temperature in P2 and anal region in growing phases. Temperature in the anal region at the end of the finishing phase

experimental. Para las demás variables, el cerdo fue la unidad experimental.

En la segunda parte del estudio, al final de la fase de finalización se extrajeron 2 mL de sangre por punción de la vena cava craneal de dos animales por corral, para hacer un conteo de células blancas, usando tubos Vacutainer® (EDTA). El conteo de leucocitos se hizo manualmente en cámaras Neubauer (13). Se prepararon y tiñeron frotis de sangre con el método de Romanowski para la evaluación diferencial de leucocitos.

Análisis estadístico. Los datos fueron evaluados según el modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + D_j + e_{ijk},$$

donde: μ = media, T_i = efecto del tipo de piso, D_j = efecto de la carga ganadera, y e_{ijk} = error aleatorio.

Se probaron los polinomios hasta el primer orden, y se usó el paquete estadístico SAEG 2007. El efecto del género se incluyó en el modelo para el análisis de la temperatura cutánea y leucocitos. Los datos para el conteo de células blancas fueron probados para normalidad con Shapiro Wilk, y no presentaron los requisitos para el análisis paramétrico, por lo cual usamos un enfoque no paramétrico de Kruscal Wallis, que consideraba el sexo como un efecto aleatorio, y el piso y la carga como efectos fijos.

RESULTADOS

Desempeño y canal: En este estudio no hubo diferencias entre el primero y segundo paso ($p > 0.05$), no hubo interacción entre la carga y el tipo de piso, y no hubo efecto sobre el desempeño de los cerdos durante la etapa de recría ($p > 0.05$). Además, no hay efectos del tipo de piso en P2 ($p > 0.05$). Hallamos que hubo una menor ganancia y la peor conversión alimenticia de cerdos ($p < 0.05$) con el uso de lámina de agua en la etapa de finalización (Tabla 2). Las cargas ganaderas no influyeron ($p > 0.05$) en el desempeño de los cerdos (Tabla 3).

Este experimento mostró menor ($p < 0.05$) grosor de grasa dorsal en los corrales con más espacio por cerdo.

Temperatura cutánea y leukograma: no se hallaron diferencias ($p > 0.05$) de temperatura cutánea en P2 y en la región anal durante las etapas de recría. La región anal al final de la etapa de terminación (Tabla 3) se mostró inferior en el tratamiento de lámina de agua.

En los análisis de los leukogramas no fue posible rechazar ninguna hipótesis nula así que no hubo

Table 2. Growth performance of pigs in different stocking rates and floor types: initial weight (Kg), growing weight (Kg), finishing weight (Kg), daily feed intake (Kg), daily weight gain (kg), feed:gain ratio and backfat thickness (mm).

Phases	Floor types		Stocking rates, animals/pen			Effect*		
	Compact	Shallow pool	2	3	4	D	P	D*P
Initial weight, kg	34.86	35.04	34.84	34.50	35.52	-	-	-
Growing weight, kg	59.46	60.34	59.21	59.24	61.25	-	-	-
Finishing weight, kg	88.98	86.90	86.53	88.74	88.55	-	-	-
Growing								
Daily feed intake, kg	0.781	0.801	0.773	0.785	0.815	ns	ns	ns
Daily weight gain, kg	2.037	2.142	2.157	2.061	2.051	0.22	ns	ns
Feed:gain ratio	2.62	2.68	2.79	2.63	2.53	0.15	ns	ns
P2, mm	9.3	9.2	8.6	9.4	9.8	L<0.05	ns	0.21
Finishing								
Daily feed intake, kg	2.632	2.629	2.608	2.714	2.570	ns	ns	0.33
Daily weight gain, kg	0.896	0.804	0.828	0.892	0.830	ns	<0.05	ns
Feed:gain ratio	2.95	3.27	3.18	3.05	3.10	ns	<0.05	ns
P2, mm	13.2	12.7	11.9	13.0	13.8	L<0.05	0.30	ns
Growing and finishing								
Daily feed intake, kg	2.341	2.392	2.391	2.397	2.313	ns	ns	ns
Daily weight gain, kg	0.839	0.804	0.801	0.842	0.822	0.14	0.19	ns
Feed:gain ratio	2.79	2.98	2.99	2.85	2.81	ns	0.07	0.29

*D= Stoking rate (linear effect); P= Effect of floor type; D*P= Interaction stoking rate and floor type.

Table 3. Skyn temperatures in the back (P2) and the anal area in pigs housed in shallow pool or compact floor in different stocking rates.

Region	Floor Types ¹		Sex		Stocking rates, animal/pen			Effects ²		
	CF	SP	♂	♀	2	3	4	P	S	D*P
Skyn temperature in growing, °C.										
P2	32.2	31.0	31.6	31.6	32.2	32.3	30.9	0.10	ns	0.09
Anal	32.9	32.2	32.3	32.8	32.6	32.5	32.6	0.30	0.3	ns
Skyn temperature in finishing, °C.										
P2	39.8	39.1	39.9	39.0	38.3	39.8	39.7	ns	ns	0.31
Anal	39.2	36.9	38.2	37.8	39.0	38.0	37.6	<0.05	ns	0.18

¹ CF= compact floor, SP=shallow pool pen; ²P= Effect of floor type; S= Effect of sex; D*P= Interaction density and floor type.

(Table 3) was lower in shallow pool treatment (p<0.05).

In leukogram analysis was not possible to reject any null hypothesis, so there was no difference (p>0.05) obtained leukocyte count in the blood, so the numbers of neutrophils, lymphocytes, eosinophils, and monocytes were not affected by treatments and stocking rates (Table 4).

DISCUSSION

Performance and carcass: Performance result in this study (Table 2) differ from those obtained by Moreira et al (1), found best results for pigs housed in pens with shallow pool during the growing. However, in this study the authors report the water of "shallow pool" was renewal

diferencia (p>0.05) en el conteo de leucocitos en sangre, así que el número de neutrófilos, linfocitos, eosinófilos, y monocitos no fue afectado por los tratamientos y las cargas (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Desempeño y canal: El resultado de este estudio (Tabla 2) difiere del obtenido por Moreira et al (1), quienes encontraron mejores resultados para cerdos alojados en corrales lámina de agua durante la recría. Sin embargo, los autores reportan que el agua de la "lámina de agua" se renovaba diariamente, a diferencia del presente estudio, en el que el cambio de agua se hizo dos veces por semana.

La diferencia en los resultados de DWG y FGR entre las etapas de recría y terminación pueden asociarse a una combinación de factores. Durante la etapa de finalización hay mayor demanda de lámina de agua, como resultado de la mayor sensibilidad al calor en esta etapa de la vida (1, 2). Además durante la etapa final el consumo de alimento es mayor, con el consiguiente incremento en la producción de desechos, lo que exacerba el desafío para la termorregulación y la salud en esta etapa.

El menor rendimiento en el tratamiento con lámina de agua (Tabla 3), también puede estar asociado a otros factores tales como un menor tamaño de plataforma/espacio para el animal (porque los cerdos no utilizan el área de la piscina para dormir, especialmente en situaciones de confort térmico o de estrés por frío), y hay mayor contacto con los

Table 4. Leukogram of pigs housed in pens with shallow pool or compact floor in different Stocking rates.

Variables, μL	Type of floor		Sex		Stocking rates, animal/pen				Effects ²		
	CF	SP	♂	♀	2	3	4	P	S	D*P	
Leukocyte	9000	10100	9300	9800	9200	9800	9700	ns	ns	ns	
Rod	114.3	115.3	78.0	134.9	88.4	72.2	179.5	ns	ns	ns	
Neutrophil	2637.9	3570.4	3440.5	2963.1	2839.2	2826.3	3680.5	ns	ns	ns	
Eosinophil	278.6	277.3	187.7	327.2	418.2	229.0	210.0	ns	ns	ns	
Basophil	68.6	31.1	73.5	35.3	48.2	66.8	31.2	ns	ns	ns	
lymphocyte	4874.8	5844.6	4385.0	5935.4	5613.4	6284.8	4303.8	ns	ns	ns	
monocyte	215.6	161.1	125.2	220.4	120.2	163.3	265.7	ns	ns	ns	

¹ CF= compact floor, SP=shallow pool pen; ²D=The density linear effect; P= Effect of floor type; D*P= Interaction density and type of floor.

daily, different from the present study, in which the renewal was performed twice a week.

Difference in the results of DWG and FGR between the phases of growing and finishing may be associated with the combination of two factors. In the finishing phase is greater demand for shallow pool, a result of increased sensitivity to heat this stage of life (1,2). Moreover, in the final phase is higher feed intake, and consequent increased production of waste, which increases the challenge of thermoregulation and health for this phase.

Lower performance in the treatment with shallow pool (Table 3), may also be associated with other factors such as shorter shelf/animal space (because pigs do not use the area with shallow pool to sleep, especially in situations of thermal comfort or cold stress), and the most contact with waste and consequently worse health status (5). Likewise, Kich et al (14) reported that increased contact with the waste into pens with shallow pool, is a factor associated with increased serological prevalence of Salmonella in pig farms. Moreover, Oliveira et al (15) found no relationship between the uses of shallow pool with increased prevalence of Salmonella.

Stocking rates did not influence on the performance of pigs. However, according to NRC (16) the area for pigs must be at least 1.1 m² for animals over 50 kg body weight, and low space/pigs may cause decrease in productive performance. It should be noted in the experimental pens, the treatment with shortest space/pig (1.5 m²/pig) there are values greater than normally recommended and contributed to the similar results in performance between the different densities.

Backfat thickness for pigs in pens with more space

desechos en consecuencia peor estado de salud (5). De igual manera, Kich et al (14) reportaron que el contacto aumentado con los desechos en los corrales con lámina de agua es un factor asociado con el incremento en la prevalencia serológica de salmonella en las granjas porcinas. Y además, Oliveira et al (15) no encontraron relación entre los usos de lámina de agua con el aumento de la prevalencia de la salmonella.

La carga ganadera no tuvo influencia en el desempeño de los cerdos. Sin embargo, de acuerdo con NRC (16) el área para los cerdos debe ser de al menos 1.1 m² para animales de más de 50 kg de peso corporal, y la alta densidad animal podrían causar un descenso en el rendimiento productivo. Debe tenerse en cuenta que los corrales experimentales el tratamiento con el menor espacio por cerdo (1.5 m²/cerdo) muestra valores superiores normalmente recomendado y contribuyeron a los resultados similares de rendimiento entre las diferentes densidades.

El menor espesor de grasa dorsal ($p < 0.05$) para los cerdos en corrales con más espacio (m²/cerdo), puede explicarse debido a que el mayor espacio pudo haber favorecido el comportamiento exploratorio incrementando la actividad física o menos estímulos para el consumo debido al menor tamaño del grupo y como resultado una menor deposición de grasa. Resultados similares fueron obtenidos por Lunen (17) en un experimento con piso compacto y piso en listones a diferentes densidades con cerdos del destete a los 25 kg de peso, observándose un menor grosor de la grasa en los cerdos con más área disponible. Por otro lado difiere de otros estudios con lámina de agua, en los que no se hallaron diferencias en P2 (1,18).

(m²/pig) was lower and can be explained the larger space may have favored exploratory behavior and increased physical activity or less stimulus for consumption because the smaller size of the group and as a result less fat deposition. Similar results were obtained by Lunen (17) in an experiment with compact floor and slatted floor in different densities for weaning piglets to 25 kg, being observed lower depth of fat in piglets with the largest area available. However, differ of other studies with a pool, in which no differences were found in P2 (1,18).

Skin temperature and leukogram: Temperature in the anal region at the end of the finishing phase (Table 3) showed lower in shallow pool treatment. Differences of these results between the phases may be related to the factors previously discussed, with more thermosensitivity of animals in the finishing phase, which leads to increased demand for water in order to skin wetting for favoring thermoregulation. According to literature, the temperature of the skin can be a physiological indicator of heat stress in pigs (19), suggesting improved thermal comfort for the pens with water.

Absence of floor effects in the temperature in the P2 region was similar to the results observed by Biazzi et al (9) and may be linked to problems with wetting the dorsal region, given the low depth of water in shallow pool, and the lowest blood supply in the region P2 when compared to the anal area.

In Leukogram analysis was not possible to reject any null hypothesis, so there was no difference ($p > 0.05$) obtained leukocyte count in the blood, so the numbers of neutrophils, lymphocytes, eosinophils, and monocytes were not affected by treatments and stocking rates (Table 4). The air quality related to the concentration of gases such as ammonia, H₂S and CO₂, can be worsened in shallow pool pens systems and result in damage to the protective mechanisms of the lower airways and alveoli, mucus cleaning-ciliar and the activity of alveolar macrophages (10). Moreover, Biazzi et al (9) observed less dirt and dust accumulation in the compact part of the pens, with the use of shallow pool, which could have benefited the air quality. Thus, the combination of a lower concentration of gases in compact floor and lower dust in the pens with shallow pool may have contributed to the lack of difference regarding the number of leukocytes.

Finally, it can be concluded pig production in low stocking rates, regardless of the floor type decreased fat thickness. Keeping pigs in pens with shallow pool, washed and filled with clean water just twice a week, reduced growth performance in the finishing phase, although it improve the thermal comfort, evidenced by lower skin temperature values in the anal area.

Temperatura cutánea y leucograma: La temperatura cutánea en la región anal al final de la etapa de terminación (Tabla 3) mostró más baja en el tratamiento con lámina de agua. Las diferencias de los resultados entre etapas pueden relacionarse con los factores anteriormente discutidos, con más termosensibilidad en los animales de la etapa final, lo que conlleva a una demanda incrementada de agua para humedecer la piel y favorecer la termorregulación. De acuerdo con la literatura, la temperatura de la piel puede ser un indicador fisiológico de estrés por calor en cerdos (19), sugiriendo un mejor confort térmico en los corrales con agua.

La ausencia de efectos de los corrales con lámina de agua sobre la temperatura de la piel en la region P2 fue similar al de los resultados observados por Biazzi et al (9) y pueden relacionarse con problemas para humedecer la región dorsal, debido a la poca profundidad del agua en la piscina y el menor flujo sanguíneo en la región P2 al compararse con el área anal.

En los análisis de los leucogramas no fue posible rechazar ninguna hipótesis nula así que no hubo diferencia ($p > 0.05$) en el conteo de leucocitos en sangre, así que el número de neutrófilos, linfocitos, eosinófilos, y monocitos no fueron afectados por los tratamientos y las diferentes densidades (Tabla 4). La calidad del aire relacionada con la concentración de gases tales como amoníaco, H₂S y CO₂, puede empeorar en sistemas de corral de lámina de agua y dar como resultado un daño en los mecanismos protectores de las vías respiratorias bajas y alveolos, cilios limpiadores de moco y la actividad de los macrófagos alveolares (10). Además, Biazzi et al (9) observaron menos acumulación de suciedad y polvo en la parte compacta de los corrales, con el uso de la lámina de agua, lo que pudo haber beneficiado la calidad del aire. Así, la combinación de una baja concentración de gases en el piso compacto y de polvo en los corrales lámina de agua puede haber contribuido a la ausencia de diferencias en relación con el número de leucocitos.

Por último, puede concluirse que la producción de cerdos en condiciones de baja carga ganadera, sin tener en cuenta el tipo de piso disminuyó el espesor de la capa grasa. Criar cerdos en corrales con lámina de agua lavadas y llenadas con agua limpia dos veces por semana redujo el rendimiento del crecimiento en la etapa de terminación, aun cuando mejoró el confort térmico, lo que se demostró con menores valores de temperatura cutánea en el área anal.

REFERENCES

1. Moreira I, Paiano D, Oliveira GC, Gonçalves GS, Neves CA, Barbosa OR. Desempenho e características de carcaça de suínos (33-84 kg) criados em baias de piso compacto ou com lâmina d'água. *Rev Bras Zoot* 2003; 32(1):132-139.
2. Renaudeau D, Gourdine JL, St-Pierre NR. A meta-analysis of the effects of high ambient temperature on growth performance of growing-finishing pigs. *J Anim Sci* 2011; 89(7): 2220-2230.
3. Huynh TT, Aarnink A, Verstegen MW, Gerrits WJ, Heetkamp MJ, Kemp B, Canh TT. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *J Anim Sci* 2005; 83(6):1385-1396.
4. Campos PHRF, Noblet J, Jaguelin-Peyraud Y, Gilbert H, Mormède P, Donzele RFMO, Donzele JL, Renaudeau D. Thermoregulatory responses during thermal acclimation in pigs divergently selected for residual feed intake. *Int J Biometeorol* 2014; 58(7):1545-1557.
5. Paiano D, Barbosa OR, Moreira I, Quadros ARB, Silva MAA, Oliveira CAL. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. *Acta Sci Anim Sci* 2007;29(3) 345-351.
6. Silva RG. *Biofísica Ambiental: Os animais e seu ambiente*. Jaboticabal, Brasil: FUNEP; 2008.
7. Le Floc'h N, Melchiora D, Obled C. Modifications of protein and amino acid metabolism during inflammation and immune system activation. *Livest Prod Sci* 2004; 87(1):37-45.
8. Jianwen LI, Daiwen C, Keying Z, Dingbiao L. The effects of immune stress on ideal amino acid pattern for piglets. *Front Agric China* 2007; 1(2):210-213.
9. Biazzini JM, Paiano D, Nunes MLA, Fachinello M, Teles PFS. Behaviors, thermoregulatory, and operational aspects of shallow pool pens used in gilt production. *Semin-Cienc Agrar* 2014; 35(6):3439-3448.
10. Barcellos DESN, Borowski SM, Gheller NB, Santi M, Mores TJ. Relação entre ambiente, manejo e doenças respiratórias em suínos. *Acta Sci Vet* 2008; 36(1):87-93.
11. Bracke MBM. Review of wallowing in pigs: Description of the behaviour and its motivational basis. *Appl Anim Behav Sci* 2011; 132(1-2):1-13.
12. Palhares JCP, Calijuri MC. Caracterização dos afluentes e efluentes suinícolas em sistemas de crescimento/terminação e qualificação de seu impacto ambiental. *Cienc Rural* 2007; 37(2):502-509.
13. Feldman BV, Zinkl JG, Jain NC. *Schalm's Veterinary Hematology* 5th ed. Philadelphia, U.S.A: Blackwell Publishing Limited, Oxford; 2000.
14. Kich JD, Mores N, Vidal CES, Piffer IA, Barioni Junior W, Amaral AL, Ramminger L, Cardoso MI. Fatores de Risco Associados com a Prevalência Sorológica de Salmonela em Granjas Comerciais de Suínos do Sul do Brasil, CT. 309. Concórdia, Brasil: CNPSA EMBRAPA; 2002.
15. CJB, Carvalho LFOS, Domingues JRFJ, Menezes CCP, Fernandes SA, Tavechio AT. Dunging gutters filled with fresh water in finishing barns had no effect on the prevalence of Salmonella enterica on Brazilian swine farms. *Prev Vet Med* 2002; 55(3):173-173.
16. National Research Council -NRC. *Nutrient Requirements of Swine*. 11th ed. Washington DC, USA: National Academy Press. NRC;2012.
17. Lunen V. Effect of rearing weaner pigs at three stocking densities on raised decks or solid flooring. *Can J Anim Sci* 1983; 63(3):731-734.
18. Berton MR, Dourado RC, Lima FBF, Rodrigues ABB, Ferrari FB, Vieira LDC, Souza PA, Borba H. Growing-finishing performance and carcass yield of pigs reared in a climate-controlled and uncontrolled environment. *Int J Biometeorol* 2015; 59(8): 955-960.
19. Andersen HML, Jørgensen E, Dybkjær L, Jørgensen B. The ear skin temperature as an indicator of the thermal comfort of pigs. *Appl Anim Behav Sci* 2008; 113(1-3):43-56.